



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



Trabalho de Conclusão de Curso

ESTUDO DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS

Discente: Roberto de Carvalho Sulmoneti

Orientador: Professor Carlos Eugênio Pereira



Roberto de Carvalho Sulmoneti

ESTUDO DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil da
Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal
de Uberlândia para a obtenção do título de Graduação
em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Carlos Eugênio Pereira

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Professor Carlos Eugênio Pereira

Professor Giovana Bizão Georgetti

Professor Leandro Cesar dos Reis

Uberlândia, 04 de dezembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus, que criou oportunidades e desafios que me incentivaram a concluir este trabalho.

Agradeço aos meus pais que me incentivaram todos os anos que estive na faculdade.

Aos meus colegas de trabalho que sempre me incentivaram a aceitar novos desafios profissionais.

Aos meus professores que me demonstraram o quão importante o conhecimento técnico é no cotidiano de minha futura profissão.

Enfim, agradeço a todos as pessoas que fizeram parte de alguma maneira nesta etapa da minha vida.

RESUMO

Devido ao crescente desenvolvimento do mercado imobiliário, bem como da construção civil, há a necessidade de melhoria e modernização do processo de construção de edificações visando a maior qualidade do produto final e o menor desperdício de materiais e mão de obra, juntamente com a rapidez na execução e com baixo investimento. A forma como se constrói atualmente é considerada ultrapassada, pouco industrializada e com baixa produtividade, por isso se torna imprescindível que haja o estudo e a aplicação de novos métodos ligados à pré-fabricação das estruturas. A industrialização, e, consequentemente, os processos construtivos industrializados, na construção civil surgiram devido à necessidade de atender a essa demanda de racionalização da etapa de execução da edificação. O presente trabalho visa o esclarecimento sobre alguns dos principais sistemas construtivos industrializados utilizados atualmente na construção civil, bem como o detalhamento de seus processos. Foi possível relacionar os conceitos ligados à industrialização, explicar os sistemas de pré-fabricação, mostrar os principais processos construtivos industrializados, e demonstrar as vantagens da aplicação dos métodos na execução das edificações. As informações foram levantadas por meio de pesquisas bibliográficas de artigos, monografias e teses relacionadas com o tema proposto.

Palavras-chave: métodos construtivos industrializados, sistema construtivo, industrialização, construção civil.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Casa estruturada em <i>Light Steel Frame</i>	23
FIGURA 2 – Etapas de execução do <i>Drywall</i>	25
FIGURA 3 – Painéis <i>Wood Frame</i>	27
FIGURA 4 – Detalhamento da parede Concreto/PVC.....	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. CONCEITOS RELACIONADOS.....	10
2.1 A Industrialização do Processo Construtivo.....	10
2.2 Racionalização.....	Erro! Indicador não definido.
2.3 Padronização.....	Erro! Indicador não definido.
2.4 Pré-fabricado x Pré-moldado.....	13
3. SISTEMAS DE PRÉ-FABRICAÇÃO	15
3.1 Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Fechado.....	15
3.2 Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Aberto	17
3.3 Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Flexibilizado	18
4. PRINCIPAIS PROCESSOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS	19
4.1 Light Steel Frame	19
4.2 Drywall	22
4.3 Wood Frame	24
4.4 Concreto/PVC.....	26
5. VANTAGENS DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS	29
6. CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

O método construtivo é um importante componente para a elaboração do projeto e concepção de uma obra de engenharia. Na construção civil, um avanço dos métodos construtivos tem acontecido no sentido da padronização de etapas visando a qualidade da obra, um aspecto pouco explorado no passado. Com isso, cria-se uma demanda de novos processos que garantam a melhoria da obra no que tange a qualidade, o tempo de execução e o custo fixo. Além disso, ainda existem as exigências de sustentabilidade e durabilidade para as construções, nos aspectos de controle e acompanhamento dos métodos construtivos.

Devido ao crescimento populacional e desenvolvimento, o setor de construção civil tem estudado sistemas com maior eficiência para aumentar a produtividade, reduzir o desperdício e conseguir atender à alta demanda de moradias e edificações em geral. De acordo com Almeida (2015) a construção civil tem desenvolvido novas tecnologias e sistemas para serem empregados no setor devido à procura por edificações melhor planejadas e com redução de erros ou modificações, o que estimula a utilização de sistemas pré-fabricados e modulados.

À medida que tais avanços acontecem, o canteiro de obras tem gradativamente deixado de ser um local de execução para ser um local de montagem. Dentre as mudanças, alguns exemplos são: estruturas de concreto moldado *in loco* estão sendo substituídas por estruturas de concreto pré-moldado ou pré-fabricado, e os sistemas de vedação, que usualmente são de alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto, têm sido substituídas por peças de concreto pré-fabricadas ou paredes de concreto moldadas *in loco* (com o auxílio de formas de diversos materiais, como plástico, metal e alumínio).

Estas alterações nos modelos construtivos utilizados requer uma nova análise a respeito das exigências normativas, além da especialização da mão de obra e de métodos de controle atualizados e avançados. Para este acompanhamento, faz-se necessária uma nova visão cultural: o planejamento antecipado do projeto para utilização efetiva das atividades “industrializadas” e de logística devem ser primordiais para a execução da obra.

A construção civil tem passado por uma intensa atualização dos métodos construtivos ao longo da última década (MORAES e LIMA, 2009) com a utilização de técnicas que padronizam a construção e aceleram a produtividade. Assim, o controle tecnológico dos processos envolvidos na construção vem crescendo para que os projetos tenham simultaneamente agilidade, sustentabilidade e a redução dos custos pós-obras.

A difusão de processos industrializados na construção civil pode provocar alguns

impactos na cadeia construtiva, o que tem sido motivo de estudo na área. Um exemplo é a qualificação da mão de obra, que neste novo momento passa a ser fundamental para a melhoria dos processos.

Nota-se então que esta evolução dos métodos construtivos está associada à uma mudança cultural quanto a execução de bons projetos, com análise detalhada de riscos e planos de ação fundamentados; envolvimento de toda a parte técnica para alternativas em todos os âmbitos, como: Projetos, planejamento, suprimentos e produção; qualificação da mão de obra (substituição de profissionais com conhecimentos superficiais de todas as etapas da construção por profissionais especialistas em áreas específicas), o que garante as condições necessárias para que o processo ganhe velocidade e qualidade.

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem como objetivos: Apontar alguns dos principais métodos construtivos industrializados atualmente empregados na construção civil, relacionar os conceitos ligados à industrialização, explicar os sistemas de pré-fabricação e demonstrar as vantagens e desvantagens da aplicação dos métodos na execução das edificações.

2. CONCEITOS RELACIONADOS

2.1 A Industrialização do Processo Construtivo

O processo de construção civil vem passando por inúmeras mudanças (desde a gestão até a execução) com relação à forma de se pensar e de se executar as tarefas. A execução manual, de forma artesanal, está sendo substituída pela construção industrializada. Para Ordonez et al (1974, apud Sabbatini, 1989, p.58), “a industrialização da construção é o emprego de forma racional e mecanizada de materiais, meios de transportes e técnicas construtivas para conseguir uma maior produtividade”.

“Não existe embutido no conceito de industrialização, a exigência de que para evoluir, obrigatoriamente, uma empresa tenha de alterar os seus processos construtivos. Tem, sim que organizá-los. Em outras palavras: a industrialização não é um processo associado a saltos tecnológicos ou a mudanças operacionais radicais. Ela é essencialmente um processo contínuo de organização da atividade produtiva” (SABBATINI, 1998).

Esse conceito descrito por Sabbatini é complementar à colocação de Foster (1973, apud Sabattini, 1989, p.59) de que a industrialização, como um processo organizacional, pode ser aplicada a qualquer processo construtivo. É possível observar, por meio dessas duas colocações, que não é necessário a adoção de técnicas novas e aprimoradas, basta que a empresa utilize os conceitos de organização da atividade produtiva para aplicar em todos os processos.

De acordo com Ordonez et al (1974, apud Sabbatini, 1989, p.59) “industrialização é uma ação organizacional, uma mentalidade. Significa transformar a empresa de construção de mentalidade artesanal em uma verdadeira indústria”. Bichinski (2017, p.17) acredita que “este sistema construtivo propõe grande produtividade onde uma edificação é totalmente pré-dimensionada e pode ser construída dentro de uma indústria, onde podem ser controlados e otimizados”.

O principal foco da Construção Industrializada é a redução no tempo de execução da obra em conjunto com a qualidade da edificação final. De acordo com Calçada (2014, p.49) esse termo “vem da pré-fabricação, em indústrias especializadas de alta tecnologia ou no próprio canteiro, de componentes da obra dividida em módulos”. A aplicação conjunta dos conceitos de racionalização, mecanização, automação e pré-fabricação forma o conceito de industrialização.

"Industrialização da construção é um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho

e técnicas de planejamento e controle, objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva.” (SABBATINI, 1989, p.63).

Greven e Baldauf (2007, apud Ferreira, 2014) acreditam que “os sistemas construtivos industrializados têm se tornado cada vez mais necessários para a construção civil moderna, devido a necessidade de termos uma maior produtividade dentro de menores espaços de tempo”.

Como as etapas que são executadas fora do canteiro de obras são realizadas com maior precisão por profissionais especializados e treinados, o produto final, consequentemente, terá maior qualidade do que se tivesse sido submetido ao método tradicional da construção civil. Além disso, segundo Baptista e Ferreira (2005, apud Calçada, 2014) a construção industrializada está ligada à construção modular, todos os itens da obra devem “conversar entre si”, ou seja, o projeto, os fornecedores, montadores e construtores devem interagir entre si (pois são dependentes uns dos outros) para que a “montagem” da obra tenha menores perdas ou necessidade de quebras de materiais ou componentes.

Bruna (1976) aponta que os conceitos de organização e de produção em série estão relacionados diretamente com a industrialização, e que se deve analisar amplamente as relações de produção envolvidas e a mecanização dos meios de produção.

Atualmente os processos construtivos industrializados estão ganhando mercado e sendo cada vez mais difundidos e aplicados na construção civil como forma de sanar as necessidades relacionadas ao aumento da eficiência e à redução dos custos de produção, afinal são processos baseados no uso de componentes e elementos produzidos em instalações como fábricas e usinas posteriormente acoplados no canteiro.

Para Sabbatini (1989) o objetivo da construção civil em se esforçar para industrializar os processos deve ser: “construir mais e melhores edificações pelo mesmo custo ou construir a mesma quantidade, com a mesma qualidade, mas a um menor custo”.

. Esta nova forma de construção aumenta a eficiência do processo de produção de edifícios por meio da melhoria de sua eficácia. De acordo com Baptista e Ferreira (2005, apud Calçada, 2014, p.49), “o grau de industrialização de um processo pode ser medido pelo seu nível organizacional e isso é avaliado por meio de um indicador que faz a relação entre consumo de mão-de-obra por unidade de área construída”.

2.2 Racionalização

Racionalizar é utilizar os recursos disponíveis da melhor forma possível, evitando desperdícios. Para Trigo (1978, apud Sabbatini, 1989, p.58):

“Racionalizar é aplicar, em matéria de organização, de planificação e de verificação, as técnicas adequadas à melhoria da qualidade e ao acréscimo da produtividade, fazendo o melhor uso dos meios humanos, dos materiais de construção e dos equipamentos e instalações”.

Segundo Rosso (1980, apud Brumatti, 2008, p.14) “racionalizar a construção civil é agir contra os desperdícios de materiais e mão de obra e a eficiente utilização do capital através da aplicação de princípios de planejamento e gerenciamento, com objetivo de eliminar a casualidade das decisões”.

De acordo com Bruna (1976) a industrialização é formada pela racionalização em conjunto com a mecanização. A importância da racionalização se dá devido ao aperfeiçoamento do processo produtivo com o objetivo de redução dos custos de produção e de aumento da produtividade por meio da otimização de materiais, de mão de obra, do tempo de execução das tarefas, da padronização de projetos, entre outros. A utilização do processo de racionalização é definitiva para que a obra cumpra com o cronograma e orçamento acordados com os *stakeholders*, pois é uma forma de minimizar os custos e os prazos, graças a esse aumento da produtividade. Apesar de ser possível racionalizar apenas um elemento construtivo ou algumas etapas de uma construção, deve-se realizar a racionalização em todas as etapas do processo, desde a concepção até a entrega do produto final, para que a edificação seja totalmente industrializada.

A racionalização construtiva para Sabbatini (1989, p.67) é o “processo composto pelo conjunto de todas as ações com o objetivo de otimizar o uso dos recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases”.

2.3 Padronização

Foster (1973, apud Sabbatini, 1989, p.58) adota o conceito elaborado pela Organização das Nações Unidas (ONU) de que:

“A industrialização é um processo organizacional caracterizado por: continuidade no fluxo de produção; padronização; integração dos diferentes estágios do processo global de produção; alto nível de organização do trabalho; mecanização em substituição ao trabalho manual sempre que possível; pesquisa e experimentação organizada integradas à produção.”

De acordo com Rosso (1966, apud Almeida, 2015, p.26) a padronização é definida “como a aplicação de normas a um ciclo de produção ou a um setor industrial completo com objetivo de estabilizar o produto ou o processo de produção”. A utilização da padronização resulta no aumento da produtividade devido ao aperfeiçoamento da produção, consequente da repetição das tarefas, o que reduz possíveis erros e riscos.

Liker e Meier (2007, apud Bichinski, 2017, p.19) declaram que a padronização é o que dá início à melhoria contínua, e de acordo com Nishida (2006, apud Bichinski, 2017), esta é utilizada na manufatura para manter a estabilidade nos processos, de forma a garantir que as atividades sejam executadas sempre numa determinada sequência, da mesma forma, com o mesmo tempo, e com o menor nível de desperdício possível, aliados com elevado nível de qualidade e produtividade.

Ainda segundo Liker e Meier (2007, apud Bichinski, 2017) a padronização segue alguns requisitos, como: possibilidade de repetição da tarefa; equipamentos e linha de montagem sem quebras e/ou tempo de paralização alto, com utilização de ferramentas (TPM, troca rápida de ferramentas e 5S) para auxiliar na confiabilidade dos mesmos; e problemas de qualidade mínimos.

2.4 Pré-fabricado x Pré-moldado

O significado de pré-fabricado não é equivalente ao significado de pré-moldado, por isso é necessária que haja a diferenciação de seus conceitos para o melhor entendimento do contexto. As diferenças básicas entre eles se dão no controle de qualidade e grau de industrialização.

A Associação Italiana de Pré-Fabricação (apud Bruna, 1976) define a pré-fabricação como “fabricação industrial, fora do canteiro, de partes das construções capazes de serem utilizados mediante posteriores ações de montagem”.

Almeida (2015, p.18) destaca que:

“Os pré-fabricados, possuem condições mais rigorosas de controle de qualidade em relação aos pré-moldados, a produção é em escala industrial, com manuais e especificações técnicas, além de mão de obra treinada e qualificada. As instalações são definitivas, geralmente industriais, com laboratórios de análise, almoxarifados para estoques com identificações por lote ou individuais, etc. Tudo isso gerando maior garantia ao produto final produzido. Pode-se citar como exemplo, pilares e vigas, além de sistemas construtivos inteiros, como será abordado posteriormente neste trabalho”.

Segundo Ferreira (2004, apud Santos, 2011, p.25) os pré-moldados são todos os “componentes previamente vazado em uma forma para utilização posterior. Tal componente

geralmente é moldado no próprio local e tem emprego específico, portanto não se caracteriza como elemento de origem industrial.”

Sirtoli (2015, p.18) destaca que o elemento pré-moldado é aquele que:

“É executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade menos rigorosos, devem ser inspecionados individualmente ou por lotes, através de inspetores do próprio construtor, da fiscalização do proprietário ou de organizações especializadas, dispensando-se a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias”.

Sendo assim, a principal diferença entre um elemento pré-fabricado e um elemento pré-moldado é o local no qual o mesmo é produzido e o grau de controle em sua produção. Usualmente, o material de fabricação em indústrias é chamado no canteiro de obras de pré-moldado, o que descaracteriza a real definição do termo.

3. SISTEMAS DE PRÉ-FABRICAÇÃO

Salas (1988, apud Sirtoli, 2015) divide a utilização dos pré-fabricados em três épocas distintas:

- De 1950 a 1970: Período pós Segunda Guerra Mundial com grande necessidade de construção dos diversos tipos de edifícios, que ficaram caracterizados pela utilização de elementos pré-fabricados procedentes do mesmo fornecedor. Por isso ficou conhecido como ciclo fechado de produção.

- De 1970 a 1980: Devido aos acidentes com os edifícios construídos com grandes painéis pré-fabricados, houve uma rejeição social e uma revisão na forma de utilização desses painéis no processo construtivo, o que ocasionou o declínio do ciclo fechado de produção.

- Após 1980: Primeiro houve demolição de vários edifícios construídos de acordo com o ciclo fechado, depois houve uma reestruturação do processo construtivo que passou a pré-fabricar componentes compatíveis de origens diferentes. Ficou conhecido como ciclo aberto de produção.

Elliot (2002, apud Sirtoli, 2015) aponta para um terceiro ciclo de sistemas pré-fabricados, o flexibilizado. Há a percepção da necessidade da concepção de projetos multifuncionais com a maximização da otimização de todos os componentes que formam o edifício, ou seja, todo o sistema deve ser “aberto”, não só os componentes, para que o projeto seja flexível para se adequar a qualquer tipologia arquitetônica.

3.1 Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Fechado

Bruna (1976) explica que o ciclo fechado, que surgiu na França no período pós-guerra devido à escassez de materiais e de mão de obra qualificada, é chamado assim devido à execução do produto final (edifício completo) ser realizada por apenas uma empresa ou um grupo coligado de empresas utilizando suas próprias usinas.

Ainda segundo Bruna (1976), após a racionalização dos sistemas tradicionais, houve a utilização de elementos pré-fabricados em concreto armado de dimensões médias montados em estrutura portante convencional. Almeida (2015) afirma que essas pré-fabricações tinham padrões rigorosos com o intuito de reduzir os custos com variações e a flexibilidade arquitetônica.

Bruna (1976) aponta que este sistema durou pouco, pois não tinha vantagens devido à elevada quantidade de juntas verticais (de execução mais trabalhosa), para solucionar este

problema houve o crescimento do tamanho dos painéis que passaram a ser da extensão de um vão completo e com as juntas localizadas entre os elementos transversais e horizontais, desta forma a estrutura inicial foi rapidamente substituída pelos painéis com função estrutural de concreto armado.

Ainda segundo Bruna (1976), como os construtores priorizavam o aumento da produtividade, fizeram pesquisas a fim de produzir mais habitações em menos tempo, mantendo os mesmos custos. Para isso, eles tinham que considerar alguns fatores que influenciam diretamente no custo final da obra: Custo da mão de obra de produção, custo do projeto, amortização das instalações, custos da energia empregada e despesas de manutenção, e despesas de transporte entre a usina e o canteiro.

Para aumentar a produtividade, deve-se manter o mesmo custo e aumentar a quantidade de habitações produzidas, para isso os construtores encontraram três dificuldades. Bruna (1976) explica que houve aumento nos custos em equipamentos e na parcela de amortização devido à mecanização e concentração da produção em usinas fixas ou móveis para redução dos custos com a mão de obra de produção. Para resolver este problema foi preciso que os mesmos equipamentos produzissem séries maiores para distribuir os custos acrescidos uniformemente, o que causou aumento no custo de produção e projeto, então aumentou-se novamente o tamanho das séries para amortizar esses custos acrescidos. A terceira dificuldade era relativa ao custo de transporte entre a usina e o canteiro.

De acordo com Pigozzo (2005), os construtores perceberam que manipulando os fatores que influenciavam os custos de transporte, o problema seria limitado ao tamanho da série a ser produzida, que era diretamente proporcional à viabilidade de aplicação do sistema, ou seja, quanto maior fosse a série, mais viável seria a industrialização, amortizando os custos do projeto e dos equipamentos.

Mandolesi (1981, apud Almeida, 2015) afirma que para o sistema fechado ser economicamente viável deve-se considerar apenas os custos de construção para um número elevado de unidades, e ainda assim, deve-se desconsiderar a manutenção e a alteração para adequar e ampliar. Já Bruna (1976) acredita que a viabilidade da industrialização por meio do ciclo fechado está relacionada com a produção em grande série, distribuída de forma uniforme por um longo tempo. Porém, segundo Ferreira (2014), como este ciclo possuía modulação e padronização fechados não permitia que houvesse muita flexibilidade arquitetônica. Não era viável a modificação de uma linha de produção, “quanto maior a mecanização menos elástica é a possibilidade de introduzir modificações no ciclo produtivo, mais rígidos são a programação, o controle e a organização” (BRUNA, 1976, p.55).

3.2 Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Aberto

Bruna (1976) explica que o ciclo aberto é chamado assim devido à industrialização dos componentes serem destinados ao mercado, não mais serem exclusivos para uma só empresa, em oposição ao ciclo fechado que pré-fabricava elementos para o próprio consumo.

De acordo com Pigozzo (2005, p.5), a industrialização de ciclo aberto tem o objetivo de criar "técnicas, tecnologias e procedimentos de pré-fabricação mais flexíveis e menos rígidos, ou seja, realizar uma produção de peças padronizadas e que sejam compatíveis com diferentes elementos de diversos fabricantes". Ferreira (2003, apud Pigozzo, 2005) afirma que este ciclo surgiu para atender à associação de elementos pré-fabricados por fabricantes distintos. O que resulta em um aumento da divisão do trabalho, melhorando a especialização, a padronização e a produção em massa.

Segundo Bruna (1976) este sistema ficou conhecido como industrialização de catálogo, pois era preciso que os fabricantes tivessem os elementos em estoque e elaborassem um catálogo com características como qualidades físicas de resistência, isolamento e peso por exemplo, de cada peça fabricada.

Para Koncz (1977, apud Pigozzo, 2005) o componente é o produto industrializado do sistema aberto, e o edifício terminado é o produto industrializado do sistema fechado. O que justifica a flexibilidade de se empregar componentes de diversos fabricantes e ter como resultado uma edificação dinâmica, pois Bruna (1976) explica que os elementos produzidos no ciclo aberto podem combinar entre si, gerando uma ampla variedade de opções, sendo possível a obtenção de múltiplas edificações que satisfazem tanto as exigências funcionais quanto as estéticas.

Bruna (1976) explica que como há a possibilidade de fazer diversas combinações, é necessário que os componentes tenham características básicas de um sistema aberto, ou seja, é preciso que as peças sejam:

- Substituíveis por outras de fabricantes distintos;
- Intercambiáveis dentro de uma mesma obra;
- Combináveis para formarem conjuntos maiores entre si (aditividade dos termos);
- Permutáveis por peças maiores ou um grupo de peças menores.

Dessa forma, ainda segundo Bruna (1976), o problema passa a estar relacionado com as relações entre os elementos, ou seja, no estabelecimento de critérios válidos e aceitos por todos os participantes da produção do sistema, o que exige maior grau de coordenação desses

elementos, para isso foi criado um acordo dimensional e qualitativo dos principais componentes da produção do mercado aberto, conhecido como coordenação modular.

3.3 Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Flexibilizado

Elliot (2002, apud Almeida, 2015) diz que este ciclo engloba tanto as características dos sistemas do ciclo fechado quanto do ciclo aberto, onde todo o sistema (projeto) é aberto e flexibilizado de forma a se adequar a qualquer tipologia arquitetônica. Os sistemas de ciclo flexibilizado vão além da fábrica, podem produzir os componentes no canteiro, com elevado controle de qualidade e de organização da produção. Porém, de acordo com Ferreira (2014) neste sistema é mais recorrente a utilização de combinações entre sistemas construtivos como os de concreto, aço e madeira.

De acordo com Ferreira (2003, apud Pigozzo, 2005) a modulação, assim como nos sistemas de pré-fabricação de ciclo aberto, continua de suma importância como forma de parametrização do controle dos elementos do interior do edifício, apesar de que se tratando da fachada apenas tem importância quando é relacionado com a racionalização da produção e montagem, para que tenha maior liberdade de composição e projeto.

Ferreira (2014, p.21) diz que “os sistemas de ligações e de juntas nas interfaces entre os elementos passa a assumir uma importância fundamental para viabilizar todo o potencial industrial no sistema construtivo pré-fabricado”. Uma vez que se apresenta como um dos principais impedimentos para o avanço tecnológico do setor.

4. PRINCIPAIS PROCESSOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS

Segundo Teixeira (2012) as construções podem ser diferenciadas umas das outras por meio de algumas características: localização, uso a que se destinam, material aplicado, tempo, processo produtivo, etc. Quanto à localização, podem ser rurais ou urbanas; quanto ao uso a que se destinam, podem ser residencial, comercial, industrial, institucional ou mista; quanto ao material aplicado podem ser de madeira, de concreto, de metal ou de alvenaria; quanto ao tempo podem ser permanente, semipermanente ou temporária; quanto ao processo produtivo, podem ser não industrializados, parcialmente industrializados e industrializados.

As construções não industrializadas são aquelas moldadas “*in loco*”, ou seja, a mão de obra do próprio canteiro transforma os materiais em sistemas construtivos de forma artesanal. As construções parcialmente industrializadas são aquelas que apresentam características e aparências de não industrializadas, porém buscam explorar ao máximo as vantagens da industrialização. As construções industrializadas são aquelas que os sistemas produtivos são pré-fabricados na indústria, podendo ser ou não localizada no canteiro. Os principais processos construtivos industrializados são: *steel frame*, *drywall*, *wood frame*, concreto-PVC, estruturas de concreto pré-fabricadas e estruturas de aço pré-fabricadas.

Segundo Vendrameto, Botelho e Botelho (2009), a utilização de novos materiais está mais relacionada com a reestruturação da produção da indústria da construção civil do que o ingresso de novas máquinas e equipamentos, por exemplo: substituição das estruturas de concreto armado pelas estruturas metálicas e das paredes de alvenaria pelo *drywall* (painéis de gesso acartonado). Os autores apontam que o setor de construção civil vem tendendo para a racionalização da produção para aumentar a produtividade e reduzir os gastos e prazos por meio da utilização de novos materiais e novas tecnologias construtivas. A inovação tecnológica pode ser dividida em: substituição de equipamentos e aquisição de novos conhecimentos métodos, de acordo com Porter (2004, apud Vendrameto, Botelho e Botelho, 2009).

Devido à grande quantidade de processos construtivos industrializados, é preciso estudar a fundo cada processo construtivo para conhecer suas características e definir qual se aplica melhor na edificação em questão.

4.1 Light Steel Frame

De acordo com Gomes *et al.* (2013, p.2) o *Light Steel Frame* (LSF) é um “sistema

construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis conformados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não estruturais”. Este sistema utiliza exclusivamente materiais “secos”, como placas de vedação e lãs de vidro.

Para Bichinski (2017, p.16) a definição teórica de LSF é:

“O esqueleto estrutural projetado para dar forma e suportar a edificação, sendo composto por elementos leves – os perfis formados a frio (PFF) e o processo pelo qual se unem e vinculam esses elementos é por meio de parafusamento pré-determinado, ainda na fase de elaboração do projeto estrutural.”

Para Calçada (2014, p.50) a definição desse sistema construtivo é: “sistema estruturado em perfis de aço galvanizado formados a frio, projetados para suportar as cargas da edificação e trabalhar em conjunto com outros subsistemas industrializados, de forma a garantir os requisitos de funcionamento da edificação”.

Jardim e Campos (2004, apud Calçada, 2014) dizem que o LSF é um sistema construtivo aberto (possibilidade de aplicar diferentes materiais), flexível (apresenta poucas ou nenhuma restrição ao projeto), racionalizado (otimização dos recursos e gerenciamento das perdas), customizável (possibilidade de controle total de gastos desde a concepção), durável e reciclável.

Gomes et al. (2013) destaca que no canteiro de obras do sistema LSF as atividades de conversão de insumos são apenas para a produção da fundação, geralmente radier, e casualmente para recorte de componentes como placas de vedação, sistemas de junta e impermeabilização, ou seja, a maior parte das atividades no canteiro deste sistema é de montagem por meio de dispositivos de conexão e fixação como os parafusos.

Gomes et al. (2013) explica que a construção de edificações por meio do LSF consiste em vários elementos individuais que ligados entre si resistem às cargas da edificação e dão forma à mesma, compondo um esqueleto estrutural em aço; e que o sistema pode atender todos os requisitos funcionais exigidos em edificações residenciais, o que o torna adequado para a produção industrializada.

De acordo com Bichinski (2017) o sistema é formado por quadros estruturais com perfis leves de aço galvanizado revestidos por placas de cimento em suas faces externas que são fixadas sobre painéis de tiras de madeira orientadas e internamente por placas de gesso acartonado fixadas sobre os painéis, a Figura 1 mostra uma edificação executada em LSF.

Figura 1 - Casa estruturada em Light Steel Frame



Fonte: Portal Metálica (2009).

O mesmo autor explica que o sistema propõe a racionalização da produção por meio da utilização de um programa para projetar e de uma máquina para fabricar todos os perfis dessa estrutura.

Gomes et al. (2013) levanta algumas vantagens do sistema, principalmente quando comparado com o método convencional, como: prazos reduzidos em 1/3; menor peso transmitido às fundações, e às paredes leves e portantes distribuírem uniformemente os esforços; melhor desempenho acústico e térmico devido à lã de rocha ou de vidro instaladas entre paredes e forro; facilidade na manutenção de instalações hidráulica, elétrica, ar condicionado, gás; redução nos custos diretos e indiretos devido à redução dos prazos e racionalização dos recursos; alto índice de reaproveitamento do aço sem perder a qualidade e resistência; grande precisão dimensional, resistência ao ataque de insetos, qualidade homogênea, alto desempenho estrutural, produção em massa, facilidade de pré-fabricação; redução do custo devido à otimização do tempo de fabricação e montagem da estrutura (possibilidade de execução simultânea de etapas) e à redução do carregamento nas fundações.

Bichinski (2017) aponta as vantagens deste sistema como: alto nível de sustentabilidade por ser 100% reciclável e proporcionar 80% de economia de água na execução da obra, possuir preços competitivos, alto nível de segurança por conseguir suportar as intempéries mais severas da natureza. Ele explica que este sistema permite o treinamento sistemático da montagem e fabricação das edificações certificados pelo SENAI, o que facilita

sua implementação no mercado da construção civil. Ainda para o autor, o LSF está entre as melhores soluções para se adotar na construção civil por atender às necessidades de redução de tempo de execução, eficiência produtiva, redução dos impactos ambientais, mão de obra qualificada e redução dos custos diretos e indiretos.

Gomes et al. (2013, p.2) destaca que apesar de ser tecnicamente viável, é necessário a verificação de sua viabilidade econômica e de sua compatibilidade com a realidade brasileira relacionados ao nível técnico da mão de obra disponível e ao desenvolvimento do processo de projeto.

4.2 Drywall

Gomes et al. (2013) dizem que apesar do *Light Steel Frame* e do *Drywall* serem semelhantes visualmente, têm características diferentes. Os painéis em perfis leves zincados em aço galvanizado do LSF são projetados para suportar todas as cargas da edificação. Já o *Drywall* é um sistema apenas de vedação, não estrutural, que utiliza aço galvanizado em sua sustentação, que necessita de uma estrutura externa ao sistema para suportar as cargas da edificação.

O significado de *Drywall* em português é parede seca. De acordo com Morato Júnior (2008) este sistema pré-fabricado dispensa a utilização de água na sua execução no canteiro de obras, empregado no interior do edifício, em ambientes secos ou úmidos, em forros, revestimentos e paredes não estruturais. Stein (1980) descreve *Drywall* como sendo componentes de fechamento empregados na construção a seco, tendo como principal função a divisão dos ambientes internos da edificação, podendo ser compostos por chapas de gesso acartonado ou chapas de madeira compensada, por exemplo.

Taniguti (1999) explica que o termo *Drywall* não deve ser utilizado para fazer referência às vedações verticais de gesso acartonado, pois, na verdade, o termo está relacionado com os componentes de fechamento utilizados na construção a seco, a chapa de gesso acartonado é apenas um tipo entre vários de *Drywall*.

Para a Associação Brasileira de Fabricantes de Chapa de *Drywall* (ABFCD, 2013) a definição de chapa de *Drywall* é um sistema que consiste em uma estrutura leve em perfis de aço galvanizado com guias e montantes, onde as chapas são parafusadas, em uma ou mais camadas, que já estão prontas para receber o acabamento final. Substitui as vedações internas convencionais da edificação, conforme Figura 2.

Figura 2 - Etapas de execução do Drywall



Fonte: DecorHabil

Para Vieira (2006, apud Nunes 2015, p.17) "a zincagem dos perfis fornece a proteção necessária contra a corrosão. As chapas de gesso acartonado podem ser encontradas em três opções com diferentes finalidades: chapa branca, em áreas secas; chapa verde, em áreas úmidas e chapa rosa, em áreas que necessitem de uma maior resistência ao fogo".

De acordo com Morato Júnior (2008) a montagem deverá obrigatoriamente seguir a ordem de execução dos sub processos (condições de início, locação e fixação das guias, colocação dos montantes, fechamento da primeira face da divisória, execução de instalações e reforços, preenchimento com isolante termo acústico, fechamento da segunda face da divisória, tratamento das juntas); ou seja, uma etapa só será iniciada após a finalização e verificação da etapa anterior, o que reduz a possibilidade de irregularidade e facilita sua correção.

Ceotto (2005, apud Vendrameto, Botelho e Botelho, 2009) aponta para a vantagem da parede de *Drywall* conseguir acomodar facilmente qualquer tipo de instalação predial de água e eletricidade devido ao seu interior ser oco, o que permite efetuar modificações sem a necessidade de rasgos adicionais. As instalações ficam escondidas entre as placas e o desempenho termo acústico é garantido pela aplicação de lã de vidro. Este processo construtivo também permite que a parte interna do edifício seja montada com mais agilidade, já que o mercado de instalações elétricas já oferece produtos desenvolvidos especialmente para o gesso acartonado.

Stenio de Almeida (2014, apud Nunes, 2015, p.27) afirma que:

“O sistema Drywall tem um conjunto de características que impacta positivamente

em: aumento da produtividade, desempenho acústico, flexibilidade de layouts, redução de peso, redução de espaços consumidos por paredes e infinitas possibilidades estéticas - demandas obrigatórias em construções e reformas de edifícios sem desperdício de tempo e materiais”.

Para Calçada (2014) *Drywall* é um sistema construtivo para vedação de edificações que para assegurar o aumento da produtividade e da qualidade na execução, é preciso a utilização de mão de obra especializada e melhor adequação da logística de transporte de materiais.

Braga et al. (2008, apud Calçada, 2014) apontam que, em relação ao processo construtivo convencional, este sistema apresenta restrições quanto à resistência mecânica que é reduzida e à maior sensibilidade à umidade. Vendrameto, Botelho e Botelho (2009) apontam que os construtores e empreiteiras não têm o devido cuidado com o descarte correto dos resíduos do gesso acartonado, o que é prejudicial para o meio ambiente. Como a utilização deste material vai da montagem do stand de vendas até o término da obra, o índice de geração de resíduo é elevado, portanto é necessário que se encontre soluções para o tratamento adequado do mesmo. Para John (2004, apud Vendrameto, Botelho e Botelho, 2009, p.12), "a reciclagem é uma oportunidade de transformação de uma fonte importante de despesa em uma fonte de faturamento".

4.3 Wood Frame

De acordo com Garcia et al (2014) a estrutura do *Wood Frame (WF)* é similar ao sistema de alvenaria estrutural, todo elemento recebe esforços ligados a outros elementos. A estrutura do *WF* é composta por perfis de madeira (geralmente de reflorestamento como o pinus) que juntamente com os painéis de tiras de madeira orientadas (OSB) formam painéis estruturais capazes de suportar as cargas verticais (telhados e pavimentos), perpendiculares (ventos) e de corte que transmite as cargas até a fundação. É possível utilizar qualquer tipo de fundação, porém os mais utilizados são radier e sapata corrida devido à estrutura ser leve e distribuída uniformemente para as cargas.

Neste sistema, há a distribuição de esforços pelos diversos elementos que exercem a mesma função para caso ocorra de um elemento falhar. Estas estruturas demandam nas paredes e pisos suas cargas, os painéis do piso recebem a carga do peso próprio enquanto as vigas se apoiam nas paredes que possuem os montantes de forma a descarregar as cargas no pavimento inferior ou na fundação (SACCO E STAMATO, 2014 apud GARCIA ET AL, 2014).

Molina e Calil Júnior (2010, p.144) compreendem o WF para casas como sendo:

"Um sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar os confortos térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo".

Segundo Souza (2012) o sistema de *WF* reduz o prazo da obra, chegando a ser 25% menor que na alvenaria comum devido à pré-fabricação dos elementos na indústria e apenas a montagem na obra, vide Figura 3 onde (a) Industrialização e (b) Detalhes dos montantes verticais para fixação dos painéis.

Figura 3 – Painéis Wood Frame



Fonte: Molina e Calil Júnior (2010)

Ainda segundo os autores, devido à industrialização do sistema, já na fase de projeto é garantido o total controle sobre os gastos de construções de casas com até cinco pavimentos, para isso utiliza-se a madeira principalmente como estrutura interna de paredes e pisos, por ser leve e de fácil execução.

De acordo com Molina e Calil Júnior (2010) os alemães desenvolveram uma tecnologia baseada na industrialização dos painéis de parede, de piso e cobertura com alto controle de qualidade que possibilita, em 60 dias, a construção de casas com mais de 200m².

Molina e Calil Júnior (2010) apontam algumas vantagens da madeira como: Único material de construção renovável, baixa demanda de consumo energético para produção, consome carbono enquanto cresce, fácil trabalhabilidade, excelente desempenho térmico (absorve 40 vezes menos calor que a alvenaria de tijolos) e acústico, alto nível de resistência em relação ao seu peso (o que facilita o transporte das peças e posterior montagem na obra).

Souza (2012) diz que as casas construídas por este sistema são econômicas, utilizam

matéria-prima renovável (madeira de reflorestamento), sustentáveis, rápidas, resistentes, duradouras, eficientes na construção, geram menos resíduos por se tratar de uma obra seca e limpa, possuem ótimo isolamento térmico proporcionando máximo conforto, possuem maior flexibilidade de projeto (permite variados estilos arquitetônicos, desde o tradicional até o futurístico) e maior estabilidade do preço da matéria-prima.

Caio Bonatto, da fornecedora Tecverde, (apud Souza 2012) explicou que “se pretendemos melhorar o clima e cuidar da natureza, é imprescindível passarmos a usar matéria-prima renovável e industrializar os processos”. Ele cita vantagens como: a redução de 80% das emissões de CO₂ durante a construção e de 85% dos resíduos do canteiro.

Molina e Calil Júnior (2010) apontam que o custo em *wood frame* para produzir uma casa é superior ao da alvenaria devido ao tipo de mão de obra e de materiais utilizados. Souza (2012) também aponta algumas desvantagens do sistema como: especialização da mão de obra, baixa oferta de mão de obra especializada, baixa oferta de ferramentas específicas e restrições de no máximo cinco pavimentos.

4.4 Concreto/PVC

Segundo Calçada (2014), é possível utilizar o concreto pré-fabricado para diversos tipos de construções, sendo que o sistema é constituído por peças que formarão as lajes, vigas e pilares do edifício. As peças são pré-fabricadas em indústrias de acordo com o projeto e montadas seguindo o cronograma da obra.

Domaraski e Fagiani (2009, p.47) afirmam que:

“O sistema é formado por perfis leves e modulares de PVC e é preenchido com concreto e aço, resultando em um produto de elevada resistência e com inúmeras qualidades construtivas. O concreto PVC oferece alta produtividade, uma vez que facilita a administração de materiais, mão de obra e transporte. Proporciona uma construção rápida e limpa, evita desperdícios e reduz o impacto, além do PVC ser um produto reciclável”.

Neto (2013, apud Calçada, 2014) aponta para a alta precisão de medidas e o alto rigor de execução devido à execução industrial, graças à essas características, a aplicação do sistema tem algumas vantagens como: maior rapidez e precisão na execução da obra, montagem mais seca, redução de mão de obra relacionada à execução de atividades artesanais, maior garantia sobre as propriedades do concreto, menos desperdício com formas, redução na geração de resíduos portanto maior sustentabilidade na execução.

De acordo com Gomes e Lacerda (2014) este sistema foi desenvolvido no Canadá com o objetivo de construir e projetar edificações de até cinco pavimentos, de forma

industrializada, e consiste em painéis estruturais de Policloreto de Vinil (PVC) preenchidos com concreto. É uma opção para moradias horizontais (casas isoladas ou geminadas, térreas ou assobradadas) com paredes estruturais de até 80mm. Recomenda-se o uso da fundação radier ou base de concreto, sendo que para as áreas de apoio é necessário que estejam lisas.

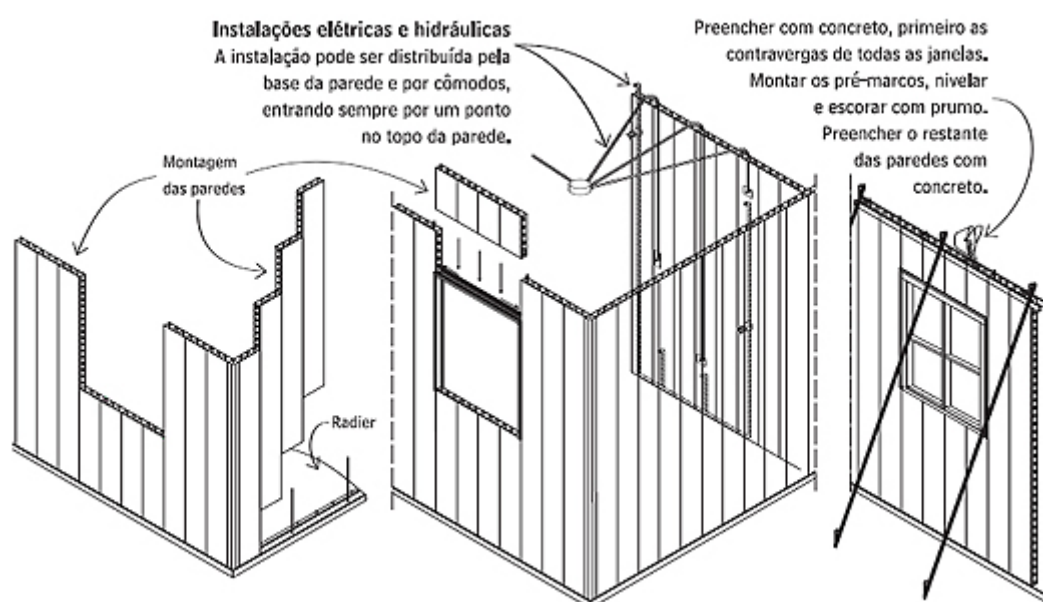
Faria (2008), revista *Téchne*, explica que:

“Os elementos que formam o conjunto são os painéis vazados para paredes em PVC - modelados com um duplo encaixe macho-e-fêmea, marcos de portas e contra marcos de janelas. Após a montagem dos perfis de parede vazados, são inseridos os reforços de aço e as instalações elétricas e hidráulicas. Por fim, executa-se a concretagem dos perfis-fôrmas”.

Pode-se utilizar estes painéis para paredes externas e/ou internas, pois exercem função estrutural no edifício. A concretagem da estrutura é feita depois da execução das instalações elétricas e hidráulicas, sendo que elas passam por dentro do perfil. O preenchimento é feito também com concreto fluído ou auto adensável para garantir a resistência e o conforto.

A Figura 4 detalha a execução da parede em concreto/PVC de acordo com o explicado por Faria (2008). É possível observar que as estruturas formadas pelo concreto/PVC são fixadas por meio de barras de ancoragem, formando uma estrutura de reforço.

Figura 4 - Detalhamento da parede em Concreto/PVC



Fonte: Faria (2008)

De acordo com Gomes e Lacerda (2014), este sistema é uma composição de diferentes

perfis modulares vazados de PVC, que se acoplam por meio de encaixes “fêmea e fêmea” e se unem por meio de perfis “chaveta” e, posteriormente, são preenchidos com concreto, resultando na produção de paredes e divisórias resistentes para construção de edificações.

Segundo Carlos Eduardo Torres, gerente geral da Royal do Brasil Technologies, fornecedora do sistema concreto/PVC (apud Faria, 2008), é possível construir uma casa de 40m² em dez dias com uma equipe com quatro pessoas, porém, com produção em larga escala, é possível aumentar a produtividade e construir uma casa a cada três dias.

Para Braskem (2014, apud Gomes e Lacerda, 2014), 57% da composição do PVC tem origem do sal marinho ou da terra e 43% de fontes não renováveis (petróleo e gás natural). Estima-se que a produção do PVC consome 0,25% do suprimento de gás e petróleo no mundo. 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. Ainda para o autor, é possível obter economia de energia de até 75% em relação à construção convencional.

Para Schmidt (2013, apud Gomes e Lacerda, 2014, p.180), o concreto/PVC “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”. Gomes e Lacerda (2014) afirmam que o desempenho térmico do sistema atende aos critérios mínimos de todas as zonas climáticas e o desempenho acústico é satisfatório, além de não precisar de revestimento cerâmico e pintura, ainda é oito vezes mais produtivo do que a construção convencional.

Domaraski e Fagiani (2009) afirmam que o material do PVC é 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 (sol, chuva, vento e maresia) e não propaga chamas pois é auto extingüível, a vida útil da construção com o PVC é superior à vinte anos.

Uma limitação deste processo construtivo é a dificuldade para alteração da planta após a execução da mesma, tendo em vista que o concreto não oferece a mesma adaptabilidade que a alvenaria convencional para futuras mudanças no layout da construção.

5. VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS

De acordo com o presidente da Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção (ABRAMAT) apud Leonardi (2016), “os sistemas construtivos industrializados contribuem com reduções nos prazos de execução e na quantidade de mão de obra empregada no canteiro, propiciando a diminuição dos custos globais da obra”. Devido à essa redução da necessidade de execução de tarefas que passam a ser feitas em usinas, há a melhoria das condições de trabalho, onde situações muitas vezes precárias nos canteiros de obra são minimizadas e os acidentes de trabalho são melhor prevenidos, uma vez que passa a ter menor grau de improvisação.

De acordo com Warzawski (apud Sabbatini, 1989), os benefícios para a construção civil são: economia do trabalho requerido na produção de uma unidade, incremento na produção, manutenção de um nível de qualidade especificado e redução do custo de produção.

Para Duarte, Elmir e Pitol (2017, p.32) “esse sistema se mostra muito mais sustentável que o convencional, por economizar tanto em material, como também água e energia”.

Almeida (2015) diz que a eliminação das improvisações no canteiro, na construção industrializada, gera uma gama de qualidades finais que podem evitar o desperdício de materiais, possíveis erros de execução, revisões de projetos, etc, o que promove grande otimização de custo. Ela destaca, também, a produção em série como benefício, pois gera a rapidez desejada para a produção aliada à qualidade final do produto, além de seguir o cronograma rigidamente, evita imprevistos e atrasos, além de facilitar também a avaliação da produtividade individual de cada operário.

Moraes e Lima (2009) cita algumas das vantagens da aplicação da construção industrializada, são elas: respeito à qualificação necessária da mão-de obra a ser utilizada, redução do impacto ambiental durante a execução das edificações, a utilização de estruturas pré-fabricadas racionaliza o processo construtivo, o que evita o estoque de peças e a ociosidade. Os autores explicam que isso surge como alternativa para contornar a falta de mão-de-obra no setor da construção civil, que tem ocorrido desde o recente crescimento do mercado imobiliário.

Para Verona, Maser e Corrêa (2007, apud Moraes e Lima 2009, p.3):

“Em especial, na Construção Civil, as maiores críticas referentes à sustentabilidade estão relacionadas à grande quantidade de lixo sólido que é gerado e ao forte consumo de energia elétrica e emissões lançadas na atmosfera. Mas, para esse caso,

a industrialização dos processos construtivos melhora a questão da sustentabilidade, já que a geração de resíduos é menor, devido ao fato de que as peças modulares utilizadas em inúmeros Sistemas Construtivos Industrializados são fabricadas fora do canteiro de obras, centralizando os processos, que por isso se tornam mais racionalizados, gerando um menor volume de resíduos e consumindo, conseqüentemente, menor quantidade de energia.”

Como os elementos pré-fabricados são produzidos em indústrias, a produção se torna independente das condições climáticas, exatamente o oposto do praticado na construção tradicional (concreto e alvenaria) que paralisa o funcionamento em caso de chuvas. Outros benefícios decorrentes da fabricação em indústria são: melhor seleção da matéria-prima, maior controle de qualidade na execução, por isso maior qualidade e precisão geométrica, menor consumo de materiais e percentual de perdas, e maior controle de custo.

Ribeiro (2002) cita algumas vantagens que a industrialização da construção oferece, como: menor duração de obra; redução de volume de materiais a serem empregados, já que diminuem as operações no canteiro de obra; melhoria de qualidade graças à produção em fábrica, sob um constante controle e com o auxílio de máquinas adequadas, o que melhora as condições em que o trabalho é realizado; melhor controle do elemento industrializado, já que é obtido em fábricas; produção dos elementos pré-fabricados feita independentemente das intempéries, já que pode ser feita em locais cobertos.

Outro diferencial bastante notável desse novo método de construção está na grande flexibilidade e dinamismo de elaboração e execução do projeto arquitetônico, devido à praticidade e às possibilidades estéticas, resultando em soluções criativas para todo o setor, além de que esse tipo de material é conhecido pela sua durabilidade. Devido à flexibilidade, conseqüentemente, há também a modernização e o acompanhamento das evoluções que vêm acontecendo no setor construtivo que favorece a sustentabilidade por meio da utilização de métodos e materiais novos.

Apesar da construção industrializada ter mais vantagens do que desvantagens, alguns autores apontam as poucas desvantagens que o sistema possui. Almeida (2015) destaca algumas desvantagens da industrialização da construção, como: investimento inicial alto, dificuldade de adequar às necessidades do cliente, necessidade de grande volume de obras para que haja viabilidade, necessidade de mão de obra especializada, transporte e logística (encarecem o produto final).

De acordo com Porto (2010, apud Duarte, Elmir e Pitol, 2017) o sistema de construção industrializada possui algumas desvantagens como: o custo de fabricação, devido ao elevado controle de qualidade que encarece o preço final da peça; a pouca quantidade de empresas especializadas em pré-fabricação; e a localização dessas empresas, a maioria

localizada em grandes cidades, o que torna difícil o transporte devido à distância entre as cidades brasileiras.

6. CONCLUSÕES

Com este trabalho, foi possível observar que apesar da mudança que vem ocorrendo, no decorrer dos anos, no processo de execução das edificações, a construção civil ainda precisa desenvolver e/ou aplicar novas técnicas a fim de agilizar os processos construtivos e alcançar melhores resultados no produto final.

A industrialização dos processos é uma alternativa bastante interessante para essa necessidade, pois proporciona uma construção com mais produtividade por meio da racionalização dos recursos materiais, humanos e organizacionais, bem como um aumento da eficiência e redução dos custos de produção.

Devido à abundância de opções de sistemas construtivos industrializados é possível executar diversos tipos de empreendimentos, porém é preciso que haja um estudo de cada sistema para saber qual é mais adequado para a situação, afinal há variação de necessidade para cada usuário e empreendimento, por isso deve-se levar em consideração as características do empreendimento, como: localização, tipo, durabilidade, mão de obra especializada, etc.

Para que haja redução dos custos, maior produtividade e qualidade, é necessário alterar a forma como se constrói, ou seja, buscar mais eficiência nas matérias primas, qualificar as equipes envolvidas em todos os processos, mecanizar os processos por meio de equipamentos mais tecnológicos, padronizar as etapas dos processos e racionalizar recursos.

Foi visto a importância da padronização dos processos construtivos para a melhoria da eficiência, da produtividade e da qualidade final do produto, pois devido à repetição dos processos é possível que a equipe esteja mais bem preparada para a execução das etapas, reduzindo a possibilidade de ocorrência de falhas e de desperdícios.

Em vista do objetivo geral do presente trabalho que era apontar os principais métodos construtivos industrializados atualmente empregados na construção civil, analisando o modo como são conduzidos, o resultado foi satisfatório, pois foi possível apresentar e explicar quatro métodos dentre os principais.

Também foi possível alcançar os objetivos específicos de: relacionar os conceitos ligados à industrialização por meio da definição dos termos industrialização, processos construtivos industrializados, racionalização, padronização, pré-fabricado e pré-moldado; de explicar os sistemas de pré-fabricação por meio do detalhamento sobre os três ciclos existentes (fechado, aberto e flexibilizado); e de demonstrar as vantagens da aplicação dos métodos na execução das edificações por meio da referência de diversos autores sobre as vantagens e benefícios da industrialização para a construção civil.

REFERÊNCIAS

- ABFCD – **Associação Brasileira de Fabricantes de Chapa de Drywall**. Programa setorial da qualidade dos componentes para sistemas construtivos em chapas de gesso para Drywall. 2013.
- ALMEIDA, Luiza Rangel de. **Estudo de sistemas construtivos pré-fabricados modulares aplicados em canteiros de obras**. 83f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.
- BICHINSKI, Wyllian Ferreira. **Vantagens e benefícios da industrialização de processos na construção de edificações**. 2017. 29 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.
- BRUMATTI, Dioni D. **Uso de pré-moldados – Estudo e viabilidade**. 54f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.
- BRUNA, Paulo Júlio Valentino. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: EDUSP/Perspectiva, 1976. Coleção Debates, número 136.
- CALÇADA, Paulo de Azevedo Branco. **Estudo dos Processos Produtivos na Construção Civil Objetivando Ganhos de Produtividade e Qualidade**. 90f. Monografia (Graduação Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2014.
- DECORHABIL. **Parede de Drywall**. Disponível em: < <http://decorhabil.com.br/site/?p=33>>. Acesso em: 11 de nov. de 2018.
- 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.
- DUARTE, Elieber Lucas; ELMIR, José C.Junior; PITOL, Aline Paula. As principais vantagens e desvantagens da utilização de elementos pré-fabricados de concreto e seus processos de fabricação. **Revista Construindo**, Belo Horizonte, v. 8, p. 29 – 35, Jan - Jun., 2017.
- FARIA, Renato. **Industrialização econômica**. Revista TÉCNICA, n. 136, jul. 2008. Disponível em: < <http://techn17.pini.com.br/engenharia-civil/136/artigo286523-2.aspx>>. Acesso em: 09 nov. 2018.
- FERREIRA, Augusto Sendtko. **Estudo comparativo de sistemas construtivos industrializados: paredes de concreto, steel frame e wood frame**. 62p. Monografia (Graduação Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2014.
- GARCIA, Sheila *et. al.* **Sistema construtivo Wood Frame**. VIII Mostra de Iniciação Científica IMED. 2014.

GOMES, C. E. M. *et al.* **Light Steel Frame na produção de moradias no Brasil**. IX Congresso de Construção Metálica e Mista & I Congresso Luso-Brasileiro de Construção Metálica Sustentável. Porto, Portugal, 2013.

GOMES, Jefferson de Oliveira; LACERDA, Juliana Ferreira Santos Bastos. **Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil**: Análise do estado da Arte. E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, v. 7, p. 167 – 186, n. 2, 2014.

LEONARDI. **Construção Industrializada para maior produtividade e sustentabilidade**. 2016. Disponível em: <<http://www.leonardi.com.br/noticia/18/2016-08-19/construcao-industrializada-para-maior-produtividade-e-sustentabilidade>>. Acesso em: 19 out. 2018.

METALICA, Portal. **Casa Micura Steel Frame**. 18 de nov. 2014. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1323>. Acesso em: 10 de nov. de 2018.

MOLINA, Júlio César; CALIL JÚNIOR, Carlito. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

MORAES, P.T.A.; LIMA, M.G. **Levantamento e análise de processos construtivos industrializados sob a ótica da sustentabilidade e desempenho**. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA, 15., 2009, São José dos Campos. Anais. São José dos Campos: ITA, 2009.

MORATO JUNIOR, José Antonio. **Divisórias de Gesso Acartonado: Sua utilização na construção civil**. 2008. 74 p.- Monografia (Graduação) - Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2008.

NUNES, Heloá Palma. **Estudo da aplicação do Drywall em edificação vertical**. 66p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, 2015.

PIGOZZO, Bruno Nogueira; SERRA, Sheyla Mara Baptista; FERREIRA, Marcelo de Araújo. **A industrialização na construção e o estudo de uma rede de empresas em obra de pré-fabricados em concreto armado**. XII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 2005.

RIBEIRO, Marcellus Serejo. **A Industrialização como requisito para a Racionalização da Construção**. Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: UFRJ / PROARQ / FAU, 2002.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia**. 321 p. 1989. Tese (Doutorado em Engenharia). Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SABBATINI, Fernando Henrique. **A industrialização e o processo de produção de vedações**: utopia ou elemento de competitividade empresarial. Anais. São Paulo: Epusp/PCC, 1998.

SANTOS, S.D. **A racionalização da construção no Brasil: experiências, conquistas e limites**. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade São Judas Tadeu. São Paulo, 2011.

SIRTOLI, Alex Sandro Couto. **Industrialização da construção civil, sistemas pré-fabricados de concreto e suas aplicações**. 77p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SOUZA, Laurilan Gonçalves. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame**. Especialize Revista Online. Instituto de Pós-Graduação IPOG, Florianópolis, SC, 2012.

STEIN, J. S. **Construction glossary: an encyclopedia reference and manual**. 2.ed. New York, Wiley-Interscience, 1980.

TANIGUTI, Eliana Kimie. **Método construtivo de vedação vertical de chapas de gesso acartonado**. 293p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

TEIXEIRA, Jamilla Lutif. **Aula tecnologia das construções II**. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo. 2012.

VENDRAMETTO, Oduvaldo; BOTELHO, Renata Maciel; BOTELHO, Wagner Costa. **A inovação tecnológica na construção de edifícios: qualificação da mão-de-obra e gestão dos resíduos de gesso acartonado**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, Bahia, 2009.

FOLHA DE ASSINATURA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

.....
Roberto de Carvalho Sulmoneti
Discente em Engenharia Civil

.....
Professor Carlos Eugênio Pereira
Professor Orientador