



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**



LUIZA YAMADA SANTOS

**ANÁLISE DO MODELO DE GESTÃO ENXUTA NA PRODUÇÃO DE  
EDIFICAÇÕES EM *LIGHT STEEL FRAME***

UBERLÂNDIA

2020

LUIZA YAMADA SANTOS

**ANÁLISE DO MODELO DE GESTÃO ENXUTA NA PRODUÇÃO DE  
EDIFICAÇÕES EM *LIGHT STEEL FRAME***

Artigo apresentado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profª. Dra. Eliane Betânia Carvalho Costa

UBERLÂNDIA

2020

# ANÁLISE DO MODELO DE GESTÃO ENXUTA NA PRODUÇÃO DE EDIFICAÇÕES EM *LIGHT STEEL FRAME*

Luiza Yamada Santos<sup>1</sup>, Eliane Betânia Carvalho Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia

<sup>2</sup>Orientadora, Profa. Dra. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar o modelo de gestão aplicado à produção de edificações em *Light Steel Frame* (LSF), considerando os princípios da construção enxuta. Para isso, foi realizado um estudo de caso num empreendimento de loteamento fechado, na cidade de Uberlândia-MG. Foram analisadas as etapas de montagem e instalação da estrutura metálica de cinco edificações no sistema LSF, agrupando-as em três cenários em função da localização e método de execução. Foram coletadas informações sobre o processo de produção visando identificar as atividades de conversão e de fluxo, e os custos de implantação e produtividade nos cenários analisados. Dados qualitativos foram obtidos a partir de visitas durante a realização das obras e imagens obtidas por veículo aéreo não tripulado (VANT) e quantitativos pelo sistema de planejamento e gestão – Previz. Os resultados mostraram que 75% das atividades realizadas no canteiro de obra não agregavam valor, sendo as perdas por transporte mais expressivas. A experiência profissional contribuiu para a definição de prazos e metas mais assertivas, bem como a identificação de premissas e gargalos contribuindo para a melhoria contínua do processo de produção, reduzindo perdas, atividades de fluxo, tempo de ciclo e variabilidade.

**Palavras-chave:** *construção enxuta; light steel frame; gestão; melhoria contínua.*

## ABSTRACT

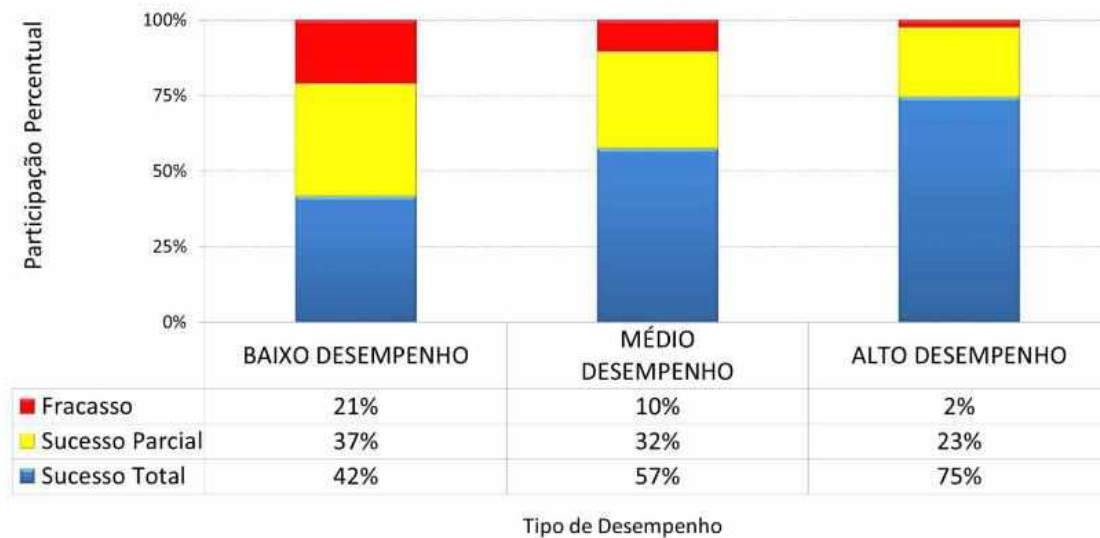
This work aims to analyze the management model applied to the production of buildings in Light Steel Frame (LSF), considering the principles of lean construction. For this, a case study was carried out in a construction enterprise development in the city of Uberlândia – MG. The stages of assembly and installation of the metallic structure of five buildings in the LSF system were analyzed, grouping them in three scenarios according to the location and the method of execution. It was collected information about the production process in order to identify the conversion and flow activities and the costs of implementation and productivity in the analyzed scenarios. Qualitative data were obtained from visits during the performance of the works and images obtained by unmanned aerial vehicle (UAV) and quantitative data through the planning and management system – Previz. Results showed that 75% of the activities carried out at the construction site did not add value, with losses due to transportation being more significant. Professional experience contributed to the definition of more assertive deadlines and goals, as well as the identification of assumptions and bottlenecks (constraints) contributing to the continuous improvement of the production process, by reducing the losses, flow activities, cycle time and the variability of process.

**Key words:** *lean construction; light steel frame; management; continuous improvement.*

## 1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento de projetos (GP) é considerado um entrave para sucesso das empresas. Um projeto é tido como sucesso total quando atinge a meta pré-estabelecida, satisfazendo os envolvidos em termos de prazo, custo, escopo e qualidade. Numa pesquisa realizada por Archibald e Prado (2018) para avaliação do desempenho de empresas brasileiras com diferentes níveis de maturidade em GP, os autores verificaram que dentre 301 empresas, 56% desconhecem ou possuem iniciativas isoladas em GP (baixo desempenho), 30% implementaram padrões de GP, porém sem domínio do trabalho (médio desempenho), e somente em 14% os padrões de GP aplicados funcionam e otimizam o trabalho (alto desempenho). De acordo com os autores, as empresas com alto desempenho apresentam quase o dobro de sucesso total quando comparadas com as de baixo desempenho. Nessa última, a ocorrência de fracassos (projetos não concluídos ou não satisfatórios) é superior a 20%, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1– Nível de desempenho e sucesso de organizações brasileiras (dados de 2017, obtidos com 301 respondentes)



Fonte: Archibald e Prado (2018).

A construção enxuta vem se consolidando como um modelo de organização e gestão da produção na construção civil, sendo considerada uma medida de sucesso em gerenciamento de projetos. Trata-se de uma vertente da produção enxuta, desenvolvida no Japão em meados da década 1950, inicialmente conhecida por Sistema Toyota de Produção (LORENZON, 2008). Esse modelo considera a produção como um fluxo de materiais constituído por atividades de

transporte, espera, processamento e inspeção. As atividades de transporte, espera e inspeção são denominadas atividades de fluxo e não agregam valor ao produto final (KOSKELA, 1992). Vale ressaltar que nem toda atividade de processamento ou conversão irá agregar valor ao produto final. Por exemplo, se essa não atender às especificações pré-estabelecidas será necessário o retrabalho, ou seja, a atividade foi executada sem agregar valor gerando desperdícios. Assim, para obtenção de melhores resultados, as atividades de fluxo devem ser reduzidas e o desempenho das que agregam valor aperfeiçoados (SEBRAE, 2000; POLITO, 2015).

Nesse contexto, o uso de sistemas construtivos industrializados tende a contribuir com os princípios da construção enxuta propostas por Koskela (1992), pela redução do tempo de ciclo de produção devido a simplificação e minimização das etapas e menor variabilidade do processo. Segundo Prates e Conforte (2019), o emprego do sistema *Light Steel Frame* (LSF) tem se expandido no Brasil por permitir a redução de prazos e custos pela otimização do tempo de fabricação e montagem da estrutura. O LSF caracteriza-se como “um sistema construtivo de concepção racional pelo uso de perfis formados a frio de aço galvanizado compondo sua estrutura e por subsistemas que proporcionam uma construção industrializada e a seco” (CRASTO, 2005). Gomes *et al.* (2016) salientam que além das vantagens técnicas, o LSF reduz em 5% o desperdício em obra e 1/3 do prazo de construção quando comparado ao método convencional. De acordo com os autores, isso ocorre porque a atividade de montagem difere-se da conversão de insumos, sendo essa última restrita a produção da fundação e, eventual adequação de componentes do LSF.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo analisar os aspectos de gestão aplicados à produção de edificações em LSF, considerando os princípios da construção enxuta. Para isso, foi feito o acompanhamento dos processos de montagem e instalação de edificações em LSF num canteiro de obras situado na cidade de Uberlândia-MG.

## **2 PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA**

Baseado nas práticas e princípios enxutos oriundos das fábricas para a redução de desperdícios, Koskela (1992) propôs onze princípios básicos para a construção enxuta, os quais têm sido amplamente difundidos na tentativa de aumentar a assertividade das atividades desenvolvidas no ambiente de construção civil e, conseqüentemente, a qualidade do produto final. A seguir, são listados os princípios aplicados na gestão da obra referente ao estudo proposto, são eles:

**1º Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor:** melhorar a eficiência dos processos de conversão (processamento) e de fluxo (inspeção, movimentação e espera) e/ou eliminar as etapas que não agregam valor, por exemplo, extinguindo algumas atividades de transporte;

**2º Aumentar o valor do produto por meio das necessidades dos clientes:** por meio do mapeamento do processo, identifica-se os clientes (internos/externos) e seus requisitos, ou seja, as premissas de cada atividade e suas respectivas tolerâncias para a inspeção ao término de cada estágio;

**3º Reduzir a variabilidade:** atrelada à qualidade do produto, à duração de atividades e aos recursos consumidos. A variabilidade influencia no aumento de atividades de fluxo e de tempo para executar o produto, devido à interrupção de fluxos de trabalhos (interferência de equipes, equipe atual paralisada devido aos atrasos da equipe antecessora) e não aceitação de produto conforme especificação do cliente (retrabalhos). A variabilidade se resume em três tipos: em processos anteriores (fornecedores do processo), em execução de um processo (padrão de execução inexistente) e em demanda (necessidades do cliente ao longo de um processo);

**4º Reduzir o tempo de ciclo:** resultante da soma de todos os tempos, (transporte, espera, processamento e inspeção), da produção de um produto, este princípio envolve a necessidade de reduzir ou até mesmo, eliminar, o tempo das atividades de fluxo. Aplica-se reduzindo a interdependência entre as atividades e a concentração de esforço de produção em lotes menores;

**5º Simplificar através da redução do número de partes:** emprega-se no desenvolvimento de sistemas construtivos racionalizados. Em um processo, quanto maior o número de atividades que o compõe, maior serão as atividades de fluxo, em virtude das tarefas auxiliares (limpeza, segurança, inspeção, movimentação) e também, a interferência entre as equipes, devido à variabilidade;

**6º Aumentar a transparência do processo:** é possível identificar as não conformidades com maior frequência e também contribuir para o envolvimento da mão de obra no desenvolvimento de melhorias, devido ao aumento de disponibilidade de informação de execução de atividades. A aplicação deste princípio prega a utilização de dispositivos visuais, indicadores de desempenho, programa 5S, remoção de obstáculos visuais, dentre outros;

**7º Introduzir melhoria contínua no processo:** a filosofia aplicada na construção enxuta (redução de perdas, de atividades de fluxo, de tempo de ciclo) devem ser incrementados e gerenciados, continuamente, por meio de utilização de indicadores de desempenho para

monitoramento do processo, de definição clara de prioridade e metas, de padronização de procedimentos (consolidação de boas práticas) e de identificação de causas dos problemas, seguidos de ações corretivas.

### 3 METODOLOGIA

Esse trabalho aborda um estudo realizado em um empreendimento de loteamento fechado, localizado na cidade de Uberlândia-MG. Compreendido em uma área de  $\approx 369$  mil  $m^2$ , o empreendimento conta com 518 unidades, 50.214  $m^2$  de áreas verdes e 10.584,98  $m^2$  de área edificada (portaria, edificação de apoio aos moradores, lixeira, clube, área de churrasco, piscinas, quadras de esporte e *playground*). O projeto engloba, em sua maioria, obras de infraestrutura (terraplenagem, pavimentação, sistema de esgotamento sanitário, de drenagem pluvial, de abastecimento de água potável, entre outros), e execução de edificações no sistema construtivo *Light Steel Frame (LSF)* – foco desse estudo.

Foram acompanhados os processos de montagem e instalação da estrutura metálica de cinco edificações, compondo três cenários em função da sequência de execução dessas. A análise da influência da utilização do LSF na gestão de edificações foi realizada a partir de dados coletados durante visitas as obras e por meio de ferramentas de gestão (*softwares*, mapofluxogramas, imagens aéreas, entre outras) utilizados durante o planejamento e a execução das edificações. Os aspectos relacionados aos processos, a logística, a produtividade e os custos foram avaliados.

#### 3.1 MONTAGEM DO SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME*

O uso de LSF requer mão de obra especializada, tendo em vista a carência de profissionais habilitados no mercado a empresa proporcionou aos colaboradores um treinamento especializado para a montagem desse sistema. O curso “Construindo em Light Steel Framing” foi ministrado pelo SENAI – Ponta Grossa, com uma duração de 33 horas. Dentre os profissionais que realizaram o treinamento, somente um colaborador atuou no empreendimento em questão. Os demais trabalhadores receberam treinamento no decorrer da execução do LSF.

A montagem do LSF foi realizada sobre fundação tipo estaca-bloco-viga-laje, com estrutura de aço leve galvanizado composta de painéis com espessuras diferenciadas (#0,95mm e #1,25mm), seções (tipo U e U enrijecido) e pelos perfis descritos a seguir:

- **perfis comerciais (PC):** produzidos a partir de barras de 3 e 6 metros, com tamanhos definidos *in loco* conforme especificações do caderno de montagem fornecido pelo projetista. O processo de montagem de painéis constituídos por esses perfis requer equipamentos de posicionamento (alicate de pressão e martelo de borracha), marcação (caneta), medição (trena), corte (tesoura de corte) e esquadro. No presente estudo de caso, os perfis comerciais vieram da fábrica com as medidas especificadas em projeto. Detalhes da produção dos painéis com o uso desses perfis estão apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Visão geral das etapas de montagem da estrutura de painéis com perfis comerciais (a) estoque organizado quanto ao tamanho e tipo (perfil U e perfil U enrijecido); (b) realização de um corte utilizando tesoura de corte; (c) posicionamento dos perfis com alicate de pressão, evitando o deslizamento no momento da fixação; e (d) montagem de um painel



(a)



(b)



(c)



(d)

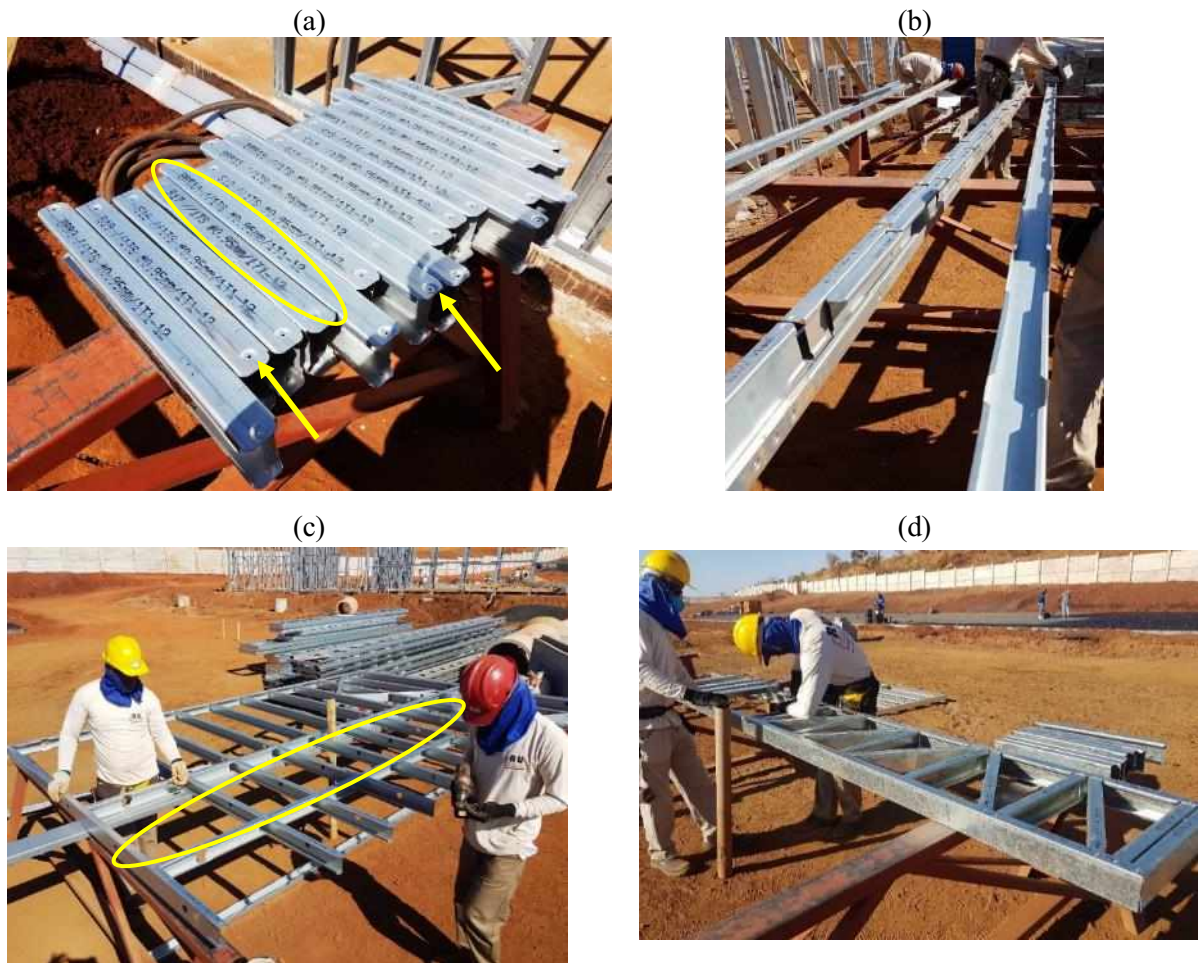
Fonte: A autora.

- **perfis engenheirados (PE):** constitui-se num painel obtido em fábrica com respectivos perfis agrupados, enumerados, com o local de fixação posicionados e com abertura específica para a passagem de instalações elétrica e hidráulica. Desta forma, os sub processos,



precedentes à fixação dos perfis com parafusos são eliminados, mostrando uma vantagem do uso desses perfis em relação aos comerciais. A preparação dos painéis utilizando perfis engenheirados é mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Aspectos gerais da montagem da estrutura de painéis com perfis engenheirados (a) detalhe da identificação, enumeração e local de fixação dos perfis executados na fábrica; (b) painel com perfis engenheirados agrupados em fábrica; (c) Montagem de painéis “engenheirados” com destaque às aberturas de passagem para instalações hidráulica e elétrica; e (d) produção dos painéis “engenheirados”



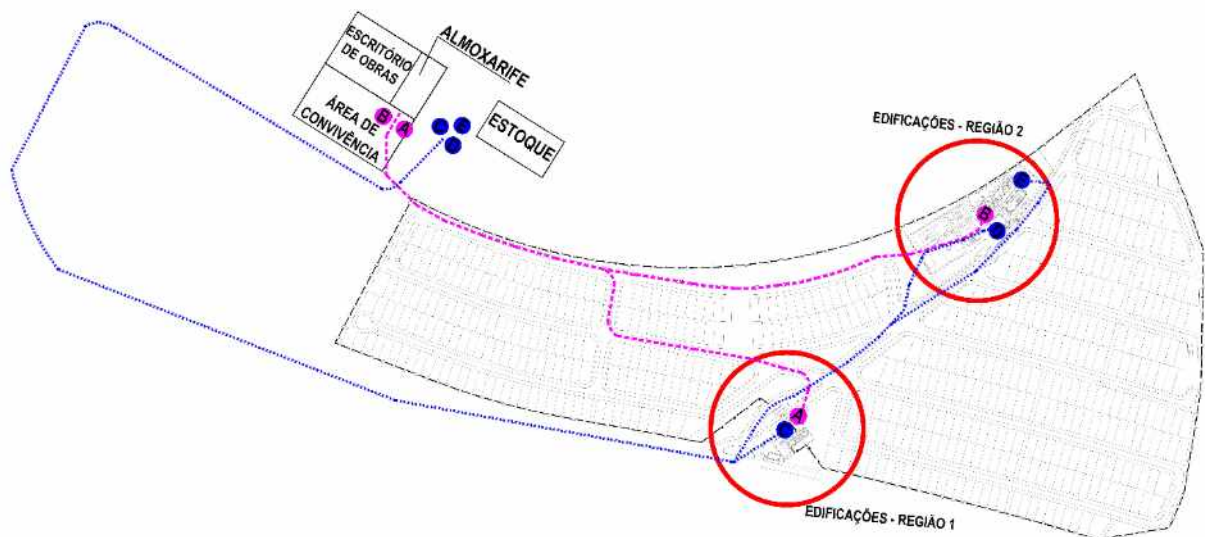
Fonte: A autora.

A vedação vertical da estrutura do LSF diferenciou-se quanto às faces, sendo a interna composta pelas seguintes etapas: preenchimento de lã de vidro, placa do tipo *oriented strand board* (OSB) e placa de gesso acartonado com tratamento das juntas com fita de papel microperfurado e massa para juntas; a face externa, foi executada da seguinte maneira: placa OSB, membrana hidrofóbica, placa cimentícia e tratamento das juntas das placas cimentícias com o sistema *base coat*. A vedação da cobertura foi composta de placa OSB, placa XPS (placas de poliestireno extrudado) e manta TPO (manta termoplástica de poliolefina). O forro foi de gesso acartonado.

### 3.2 CENÁRIOS ANALISADOS

Para analisar a evolução e os ganhos em função da experiência dos colaboradores no processo de montagem do sistema LSF foram analisadas cinco edificações, a saber: portaria, apoio, lixeira (região 1), clube e churrasqueira (região 2). A localização dessas edificações no empreendimento, bem como a logística de materiais, equipamentos e mão de obra utilizados estão apresentadas na Figura 4.

Figura 4 – Croqui do empreendimento indicando a localização das edificações, alguns pontos de interesse e o fluxo de materiais, equipamentos e mão de obra



**Legenda:** Linha rosa: fluxo de pessoas e ferramentas: A-A: almoxarifado à região 1; B-B: almoxarifado à região 2; Linha azul: fluxo de alguns materiais e equipamentos: C-C: estoque para portaria, apoio e lixeira; D-D: estoque para clube (Leste) e churrasqueira; C-C: estoque para clube (oeste)

Fonte: A autora.

Em função da sequência de execução das edificações, foram analisados três cenários: o primeiro referente a execução da portaria (cenário A), o segundo referente à área de apoio e lixeira (cenário B), e por último, o clube e a churrasqueira (cenário C). Na Tabela 1 estão apresentadas algumas características dessas edificações.

Tabela 1 – Características das edificações em função dos cenários analisados

		<b>Cenário A</b>	<b>Cenário B</b>		<b>Cenário C</b>	
Edificação		Portaria	Apoio	Lixeira	Clube	Churrasqueira
Localização		Região 1	Região 1		Região 2	
Área construída (m <sup>2</sup> )		191	244	95	664	125
Peso estrutura (kg)		6951,90	6252,99		19709,69	
Perfis adotados (%)	Comercial (PC)	70	20		60	
	Engenheirado (PE)	30	80		40	
Método de montagem		Assistência técnica (AT)	Adaptado da AT		Próprio	
Nº de colaboradores		6	6	6	8	6
Data de início		08/06/2020	04/07/2020		08/08/2020	
Data de término		16/07/2020	17/08/2020		17/10/2020	
Dias trabalhados		29	29		55	

Fonte: A autora.

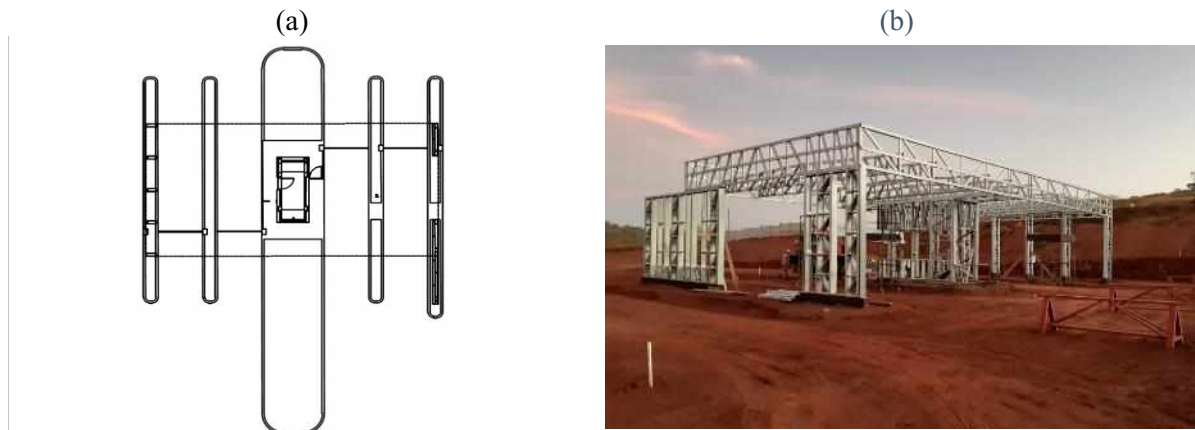
### 3.2.1 Cenário A – Portaria

A portaria foi o ponto de início de execução do LSF por se tratar de uma estrutura de nível de complexidade similar às edificações de apoio e do clube (executadas posteriormente). Para a execução dessa houve uma assessoria técnica especializada com o intuito de revisar as técnicas e estratégias de montagem e posicionamento dos painéis, visando também a capacitação dos trabalhadores quanto ao manuseio das ferramentas e aos requisitos necessários em cada atividade de processamento, estendendo a assistência aos outros subsistemas do LSF, além da estrutura metálica.

O método construtivo do sistema LSF caracterizou-se pela distribuição dos processos de montagem e posicionamento dos painéis por uma única equipe. Desta maneira, quando fabricados todos os painéis de paredes, esses eram posicionados, e assim, sucessivamente. Nesta metodologia, todos os colaboradores transitaram em todas as etapas de processo, constituindo-se num fator importante para verificar a curva de aprendizado da mão de obra durante a execução empreendimento.

Na Figura 5 está apresentado o croqui da portaria e uma visão geral da montagem da estrutura metálica.

Figura 5 – Portaria executada em LSF (a) croqui da edificação; e (b) montagem da estrutura



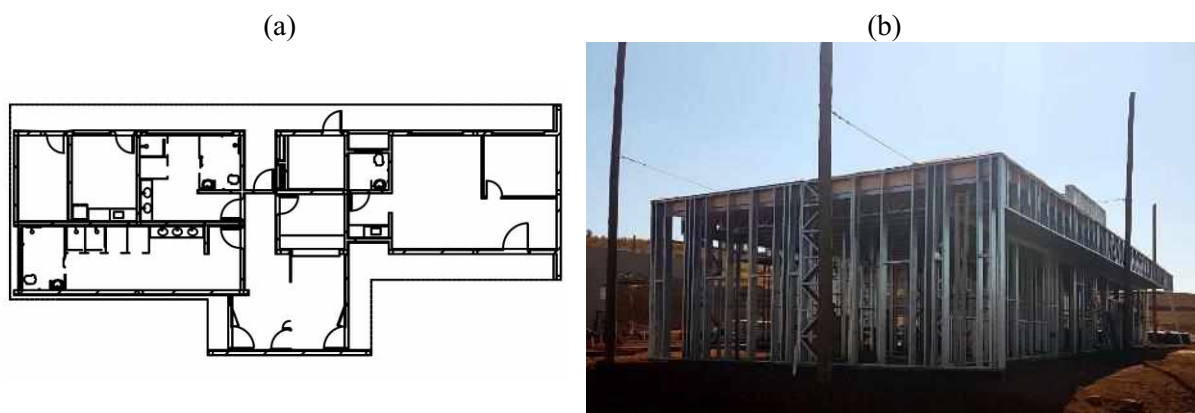
Fonte: A autora.

### 3.2.2 Cenário B – Apoio e lixeira

A área de apoio e a lixeira foram executadas após a portaria devido à proximidade entre elas. A metodologia para a fabricação e instalação dos painéis permaneceu em uma única equipe e deu-se por meio da adaptação dos princípios abordados pela assessoria técnica especializada juntamente com a sistemática adotada pelo encarregado das edificações. Os painéis utilizados eram constituídos principalmente por perfis engenheirados, colaborando com a familiarização dos colaboradores com o sistema LSF.

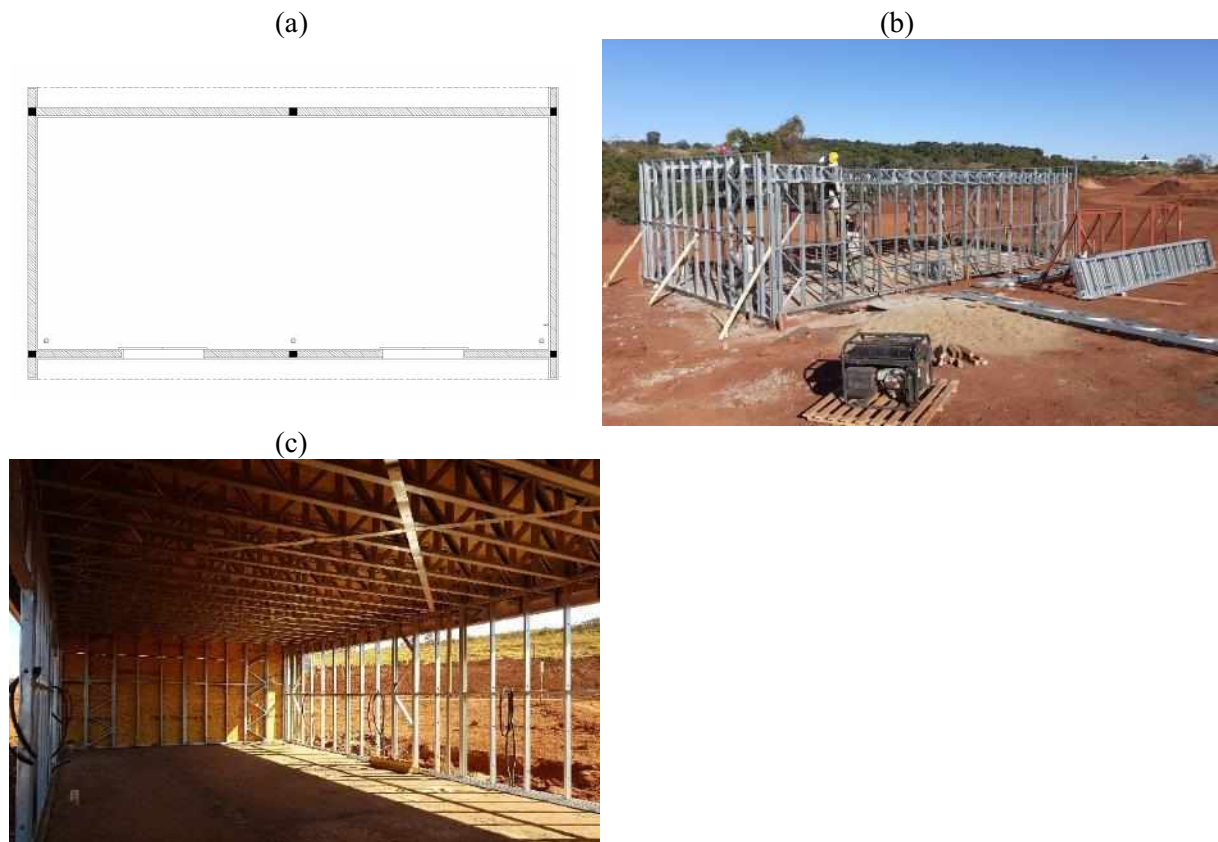
Nas Figuras 6 e 7 estão ilustradas o croqui da edificação de apoio e da lixeira e uma visão geral da montagem dessas estruturas, respectivamente.

Figura 6 – Edificação de apoio (a) croqui da edificação; (b) montagem da estrutura



Fonte: A autora.

Figura 7 – Lixeira (a) croqui da edificação; (b) montagem da estrutura; (c) detalhe da cobertura da edificação



Fonte: A autora.

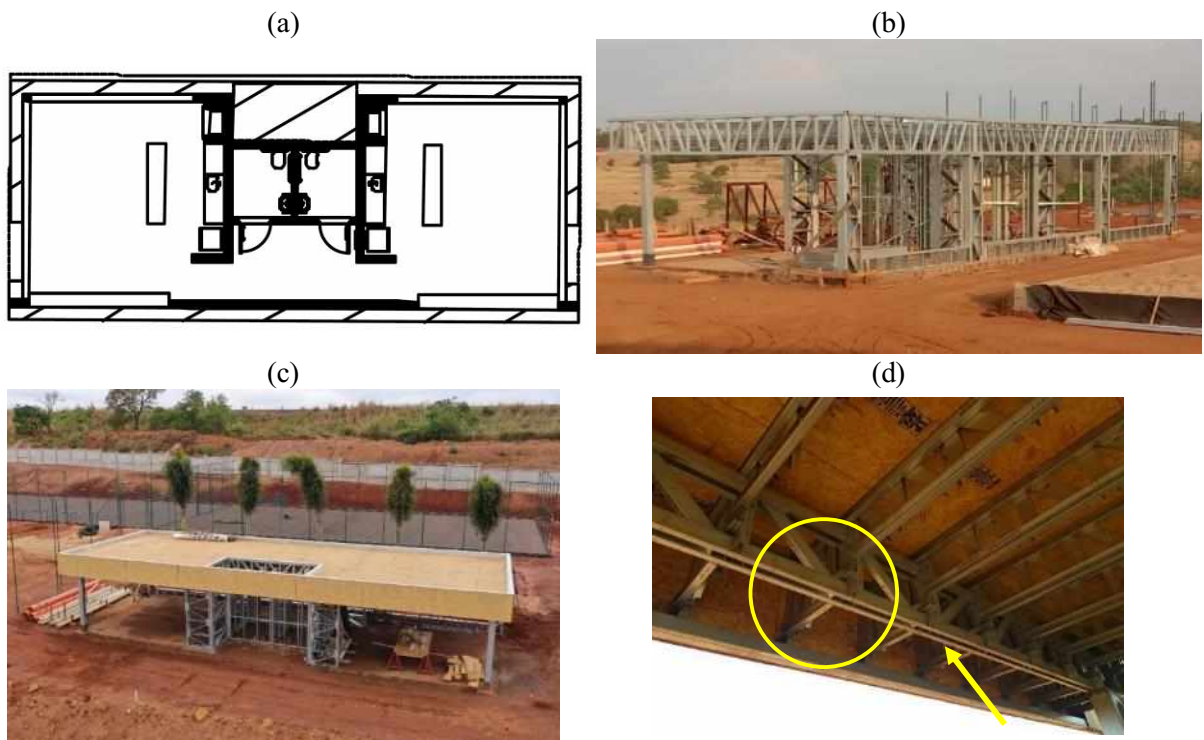
### 3.2.3 Cenário C – Clube e churrasqueira

O cenário C, localizado na região 2, possui maior volume de painéis a serem montados e, conseqüentemente, maior grau de complexidade dentre as edificações analisadas.

A montagem da estrutura foi iniciada após a execução da área de apoio e lixeira, esta estratégia foi adotada devido ao aumento do nível de capacitação da mão de obra durante a montagem dos painéis. Apesar de serem utilizados perfis engenheirados na execução da estrutura, os perfis comerciais foram predominantes (Tabela 1), os quais exigem maior competência por parte dos executores. Com a experiência obtida nos cenários A e B, estabeleceu-se uma metodologia própria, a qual subdividiu a equipe em duas, a de montagem de painéis e a de posicionamento. Este método reduziu a variabilidade e o número de processos.

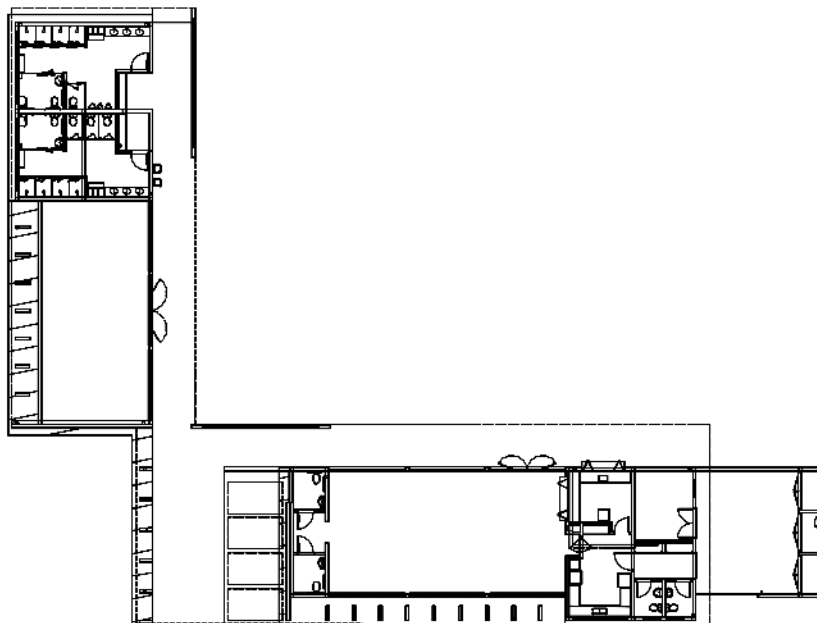
Na Figura 8 são apresentados aspectos gerais e de montagem da estrutura da churrasqueira e nas Figuras 9 e 10, croqui da área do clube e montagem da estrutura, respectivamente.

Figura 8 – Visão geral da churrasqueira (a) croqui da edificação; (b) execução da estrutura metálica; (c) detalhe do fechamento da cobertura da edificação e (d) detalhe de encaixe da estrutura de cobertura na platibanda



Fonte: A autora.

Figura 9 – Croqui do clube



Fonte: A autora.

Figura 10 – Visão geral da estrutura LSF referente ao clube



Fonte: A autora.

### 3.3 FERRAMENTAS DE GESTÃO ADOTADAS PARA COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A influência do uso de LSF na gestão de obras foi realizada por meio de análises qualitativas e quantitativas. Para isso, foi feito o acompanhamento das atividades de planejamento e execução da montagem do sistema LSF coletando informações referentes aos processos (atividades de conversão e fluxo), a produtividade e os custos de implantação. Dados qualitativos foram obtidos a partir de visitas durante a realização das obras e imagens obtidas por veículo aéreo não tripulado (VANT) e quantitativos pelo sistema de planejamento e gestão PREVIX.

As visitas em campo foram realizadas durante 18 semanas, das quais fez-se registros fotográficos, observação da logística de materiais, equipamentos e colaboradores. Nessas também, foram feitas verificações das causas de retrabalho e improdutividade, discutindo estratégias, problemas e soluções junto ao encarregado e sua equipe para o planejamento de atividades precedentes à estrutura do LSF para obras posteriores. Além das visitas, também foram utilizadas ferramentas para coleta de informações e análise dos cenários. As ferramentas e a metodologia adotadas estão descritas a seguir:

- **diagrama de processo** – foi utilizado para modelar a sequência das atividades, evidenciando o número e o tipo delas, sendo essas representadas por símbolos. Baseada nesse, foi possível mensurar a porcentagem das atividades de transporte em relação demais atividades de fluxo e conversão do processo de produção. O diagrama de fluxo visa identificar as

atividades que compõem um processo, com o intuito de minimizar ou até mesmo extinguir as atividades que não agregam valor ao produto final (de fluxo).

- **vant:** o uso dessa tecnologia de georreferenciamento no canteiro de obras possibilitou o acompanhamento das transformações espaciais durante a execução das edificações. Além dessa visão macro do empreendimento, essa ferramenta permite a obtenção de áreas, volumes, perfis, cotas e distâncias em qualquer ponto desejado, auxiliando na elaboração dos fluxos físicos de materiais, equipamentos e mão de obra. Foram realizados voos semanais em toda a extensão do empreendimento e os dados processados com auxílio da plataforma Maply Tecnologia©.

- **mapofluxograma:** trata-se de um recurso visual elaborado para analisar o processo de produção e os fluxos de materiais, equipamentos e mão de obra. A representação dos deslocamentos por meio de linhas na planta do projeto permite identificar as atividades desnecessárias, como por exemplo, os locais com maior ocorrência de perdas por transporte e propor ações para melhoria do processo. O mapofluxograma de cada cenário foi elaborado com auxílio das informações obtidas com o VANT e da ferramenta de desenho AutoCAD.

- **last planner:** trata-se de uma planilha elaborada pela gerência da obra durante a reunião de planejamento operacional, com frequência semanal. A partir dessa, é obtido o percentual do planejamento concluído (indicador PPC) que permite monitorar a eficácia do planejamento para a obra como um todo ou para equipe individualmente. Este indicador mede a relação entre o número de tarefas concluídas e no número de tarefas planejadas no período. Nesse trabalho, foi utilizado para avaliar as atividades de montagem e posicionamento dos painéis de LSF nos diferentes cenários.

- **previx:** é um sistema de planejamento, acompanhamento e gestão de obras e projetos. Capaz de apropriar custos de serviços, o sistema fornece um *feedback* das composições referentes à atividade executada (SISTEMA PREVIX<sup>1</sup>). Para esse trabalho, foram extraídos relatórios de composição de preços unitários (CPU<sup>2</sup>) e produtividade, permitindo traçar um comparativo entre custo previsto e real orçado.

A identificação das causas de variabilidade no sistema LSF adotado foi realizada com base no questionário elaborado por Cruz, Santos e Mendes (2018). No questionário são listadas 31 causas de variabilidade no tempo de execução dos processos de diferentes sistemas

---

<sup>1</sup> <http://www.sistemaprevix.com.br/>

<sup>2</sup> CPU é a relação entre o custo e a produção de um determinado serviço. A determinação do custo final do serviço varia conforme os insumos (materiais, equipamentos e mão de obra) e às condições de operação. A produção é a quantidade de serviço realizado em um determinado período de tempo, representando o número de unidades de serviço produzidas pela aplicação dos insumos (SANTANA, 2006).



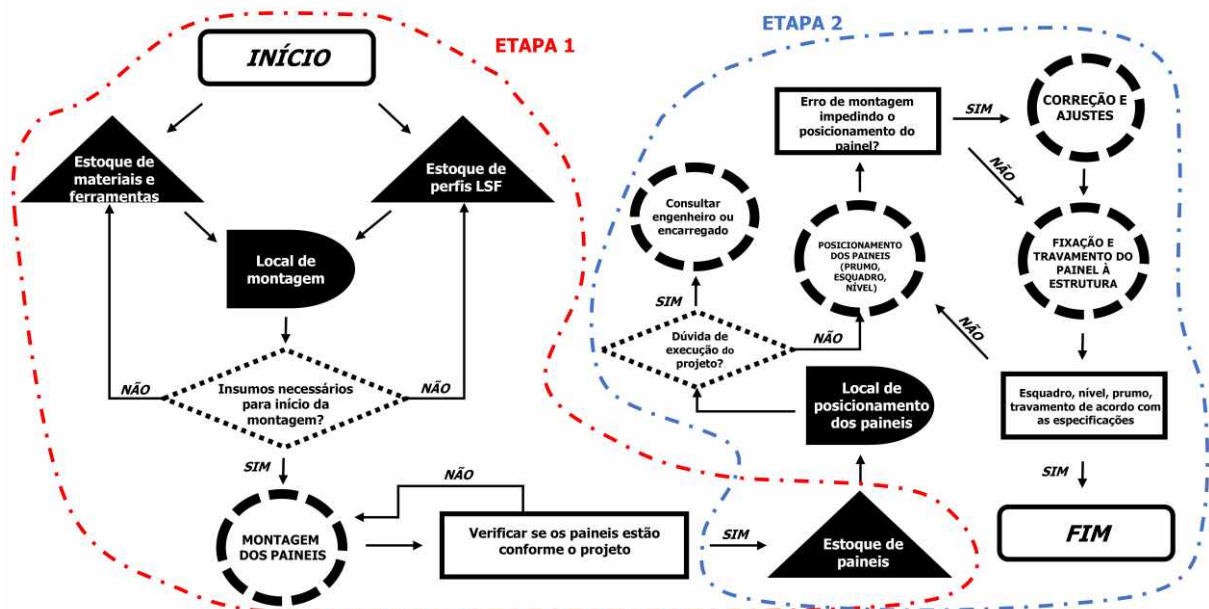
construtivos, sendo essas divididas em oito grupos, sete estabelecidos por Koskela (2000). São elas: (1) pré-requisito do trabalho; (2) detalhamento do projeto e método do trabalho; (3) mão de obra; (4) ferramentas e equipamentos; (5) materiais e componentes; (6) condições de trabalho e do local de trabalho; (7) condições climáticas; e (8) gestão, supervisão e fluxo de informações.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES RELACIONADAS AO PROCESSO DE MONTAGEM E FABRICAÇÃO DE PAINÉIS

Na Figura 11 está apresentado o diagrama do processo de montagem e fabricação da estrutura metálica das edificações analisadas. O diagrama apresentado refere-se às atividades relacionadas aos cenários A, B e C. Conforme mencionado na metodologia, o cenário B representa a transição entre a metodologia da assistência técnica (cenário A) para a própria (cenário C), as quais diferenciaram-se pela distribuição em uma única equipe para a Etapa 1 e 2 e pela subdivisão da equipe responsável por cada etapa, respectivamente.

Figura 11 – Diagrama de processos da fabricação e montagem dos painéis metálicos referentes aos cenários A, B e C.

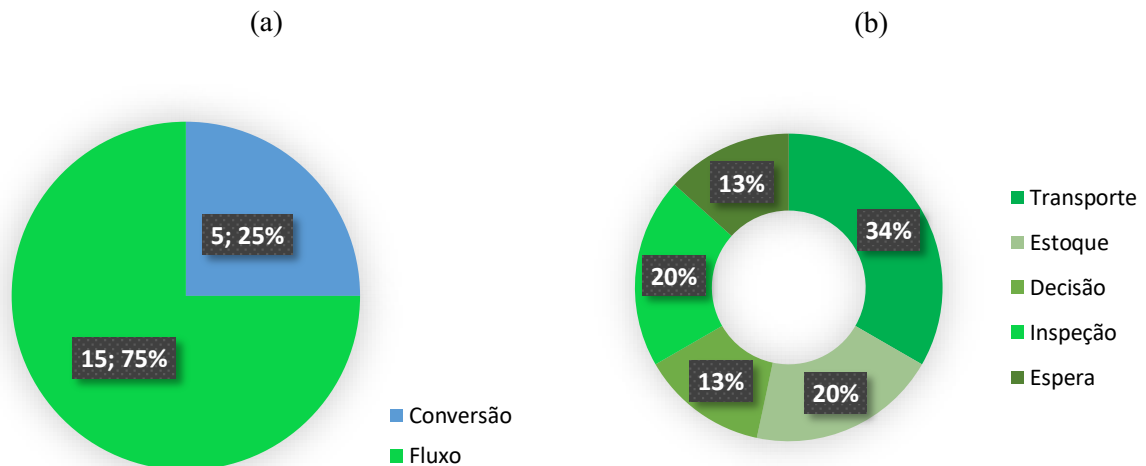


**Legenda:** **ETAPA 1:** subprocesso de montagem/fabricação de painéis; **ETAPA 2:** subprocesso de posicionamento dos painéis.

Fonte: A autora.

A partir do diagrama, verificou-se que 25% das atividades são de conversão e 75% representam as de fluxo, como mostra a Figura 12. Dentre as atividades de fluxo, a de maior representatividade é a de transporte (34%), seguida pelo estoque (20%) e inspeção (20%), decisão (13%) e espera (13%).

Figura 12 – Distribuição das atividades de processo de execução da estrutura metálica (a) atividades de conversão e de fluxo; e (b) Distribuição das atividades de fluxo



Fonte: A autora.

As atividades de inspeção estão relacionadas ao controle de qualidade e trata-se de uma premissa dos demais subsistemas do LSF, não podendo ser minimizada. O “estoque de painéis” é o elo entre as duas etapas, correlacionando transporte e estoque. Esta etapa poderia ser reduzida ou até mesmo eliminada, caso o painel fabricado fosse montado diretamente no local de posicionamento do mesmo. Isso poderia contribuir com o aumento da produtividade devido a melhora da ergonomia e redução do esforço físico dos colaboradores, haja vista que o transporte dos painéis em algumas etapas era executado manualmente por eles. A análise da distância entre as atividades será realizada por meio dos mapofluxogramas.

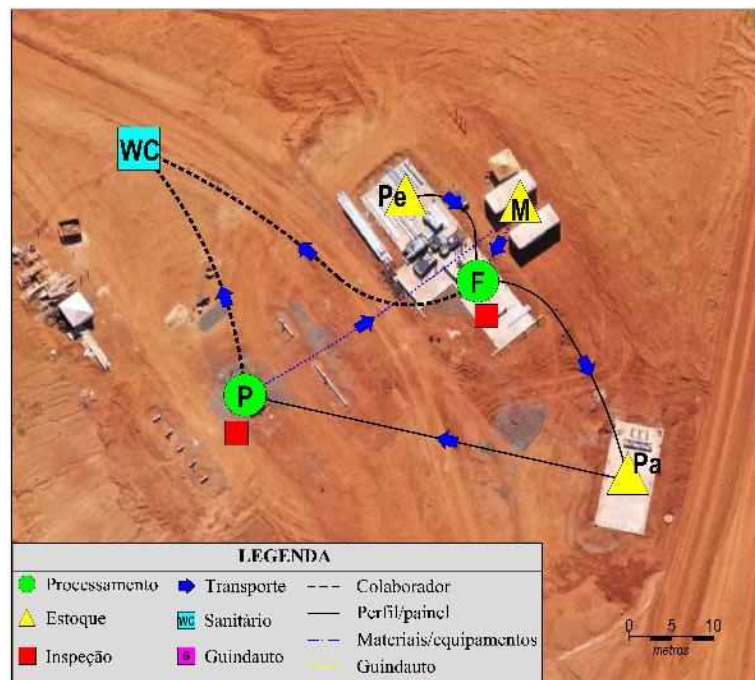
#### 4.2 ANÁLISE DA MOVIMENTAÇÃO NO CANTEIRO DE OBRAS

Com base no processamento de dados de voos realizados com o VANT, os mapofluxogramas de cada cenário foram esquematizados de acordo com as movimentações mais recorrentes, obtendo-se as suas respectivas distâncias. Esses cenários estão apresentados nas Figuras 13 a 19. As linhas tracejadas pretas e azuis representam o fluxo dos colaboradores e de materiais/equipamentos, respectivamente; a linha preta, a movimentação dos perfis e painéis; e a linha amarela a movimentação do guindauto no canteiro de obras.

Figura 13 – Mapofluxograma do cenário A referente a etapa de montagem e posicionamento dos painéis das paredes e pilares

<b>Cenário A - Paredes/Pilares</b>		
Origem	Destino	Distância percorrida: ida e volta (m)
Pe	F	32,60
M	F	19,88
F	Pa	63,98
Pa	P	92,60
P	M	78,62
F	WC	92,00
P	WC	64,44
A	A	1389,52

**Legenda:** Pe: Perfis; Pa: Painéis; F: Fabricação; P: Posicionamento; M: Materiais; WC: Sanitário; A-A: fluxo de pessoas e ferramentas conforme Figura 4.

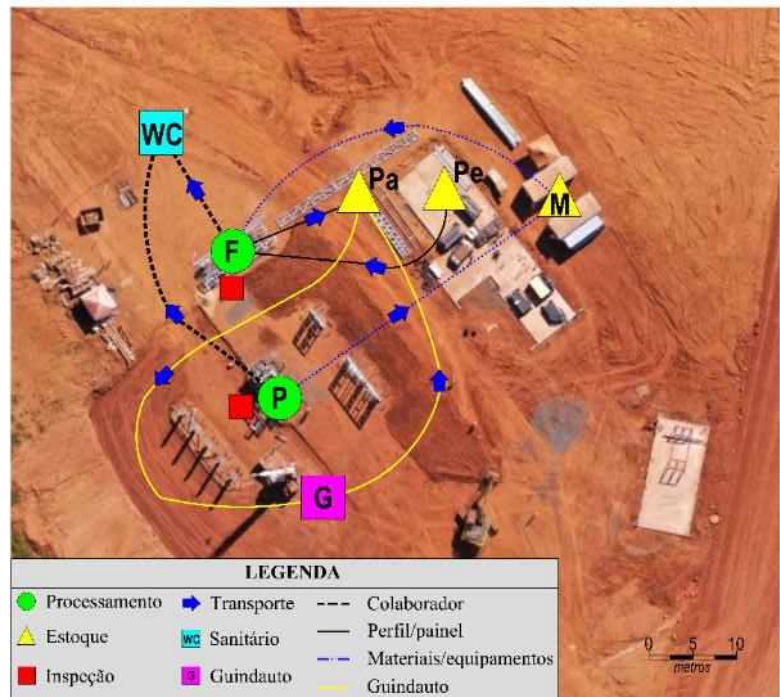


Fonte: A autora.

Figura 14 – Mapofluxograma do cenário A correspondente a etapa de montagem e posicionamento de painéis de cobertura

<b>Cenário A - Cobertura</b>		
Origem	Destino	Distância percorrida: ida e volta (m)
Pe	F	59,80
M	F	91,34
F	Pa	32,00
P	M	78,00
F	WC	31,60
P	WC	74,30
Pa->G	P	109,34
A	A	1389,52

**Legenda:** Pe: Perfis; Pa: Painéis; F: Fabricação; P: Posicionamento; M: Materiais; G: Guindauto; WC: Sanitário; A-A: fluxo de pessoas e ferramentas conforme Figura 4.

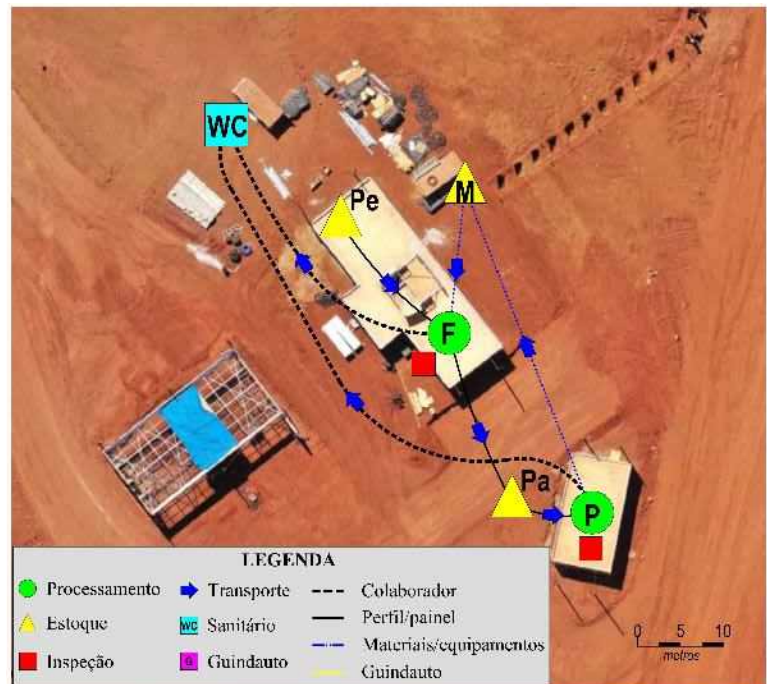


Fonte: A autora.

Figura 15 – Mapofluxograma do cenário B referente a produção da lixeira

<b>Cenário B - Lixeira</b>		
Origem	Destino	Distância percorrida: ida e volta (m)
Pe	F	36,34
M	F	33,76
F	Pa	42,32
Pa	P	19,20
P	M	81,00
F	WC	76,64
P	WC	138,38
A	A	1389,52

**Legenda:** Pe: Perfis; Pa: Painéis; F: Fabricação; P: Posicionamento; M: Materiais; WC: Sanitário; A-A: fluxo de pessoas e ferramentas conforme Figura 4.

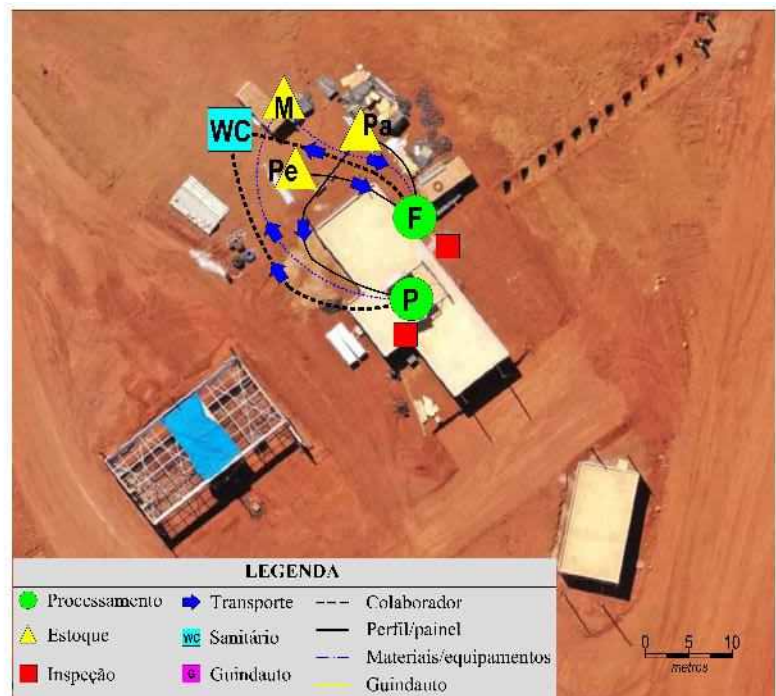


Fonte: A autora.

Figura 16 – Mapofluxograma do cenário B correspondente a produção da edificação de apoio

<b>Cenário B - Apoio</b>		
Origem	Destino	Distância percorrida: ida e volta (m)
Pe	F	29,82
M	F	42,96
F	Pa	25,06
P	Pa	58,04
P	M	68,84
F	WC	48,92
P	WC	68,86
A	A	1389,52

**Legenda:** Pe: Perfis; Pa: Painéis; F: Fabricação; P: Posicionamento; M: Materiais; WC: Sanitário; A A: fluxo de pessoas e ferramentas conforme Figura 4.

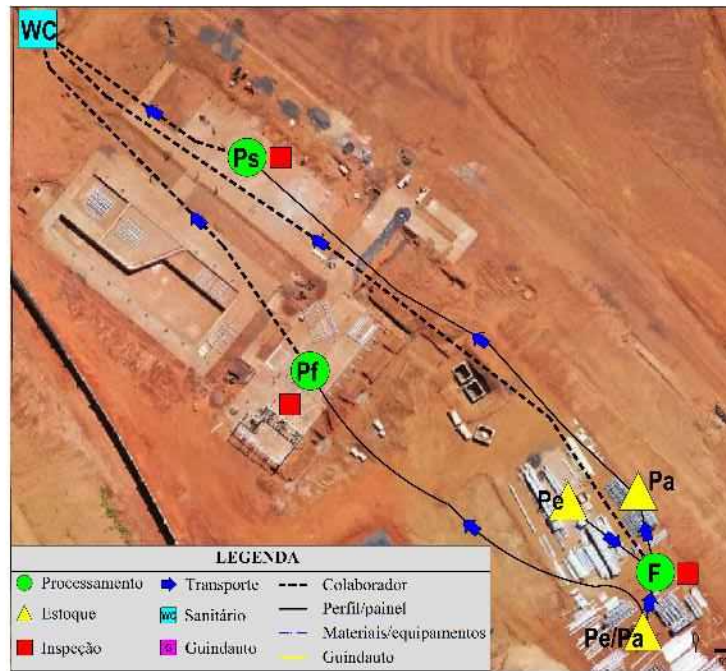


Fonte: A autora.

Figura 17 – Mapofluxograma do cenário C referente a etapa de montagem e posicionamento de painéis de paredes do clube

<b>Cenário C - Clube: Paredes</b>		
Origem	Destino	Distância percorrida: ida e volta (m)
Pe	F	28,42
Pe/Pa	F	17,34
F	Pa	20,06
Pe/Pa	Pf	118,62
Pa	Ps	136,08
F	WC	216,88
Pf	WC	115,26
Ps	WC	64,56
B	B	1595,18

**Legenda:** Pe: Perfis; Pa: Painéis; F: Fabricação; Pf: Posicionamento fitness; Ps: Posicionamento salão WC: Sanitário; B-B: fluxo de pessoas e ferramentas conforme Figura 4.

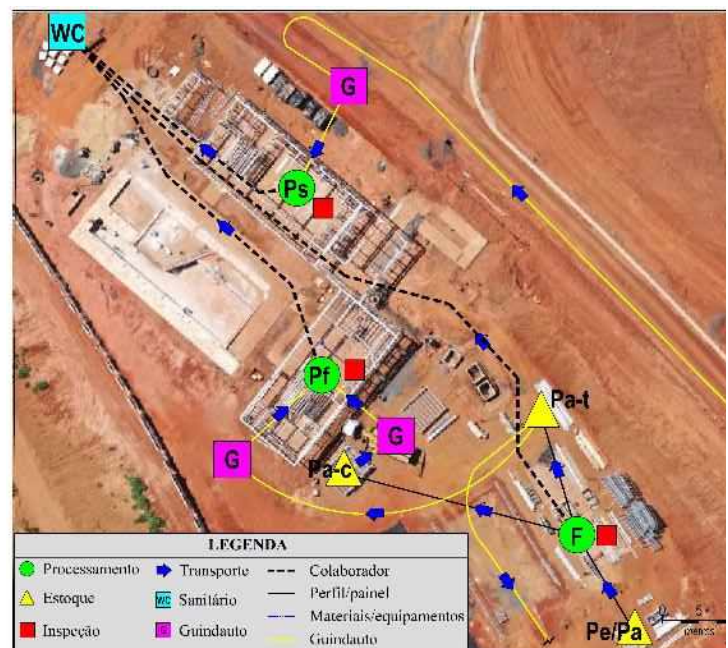


Fonte: A autora.

Figura 18 – Mapofluxograma do cenário C referente a etapa de montagem e posicionamento de painéis de cobertura do clube

<b>Cenário C - Clube: Cobertura</b>		
Origem	Destino	Distância percorrida: ida e volta (m)
Pe/Pa	F	31,34
F	Pa-t	34,46
F	Pa-c	66,34
Pa-c->G	Pf	44,08
Pa-t->G	Pf	132,80
Pa-t->G	Ps	412,22
F	WC	207,94
Pf	WC	120,30
Ps	WC	79,40
B	B	1595,18

**Legenda:** Pe: Perfis; Pa: Painéis; F: Fabricação; Pa-t: Painéis treliça; Pa-c: Painéis cobertura; Pf: Posicionamento fitness; Ps: Posicionamento salão; WC: Sanitário; G: Guindauto; B-B: fluxo de pessoas e ferramentas conforme Figura 4.

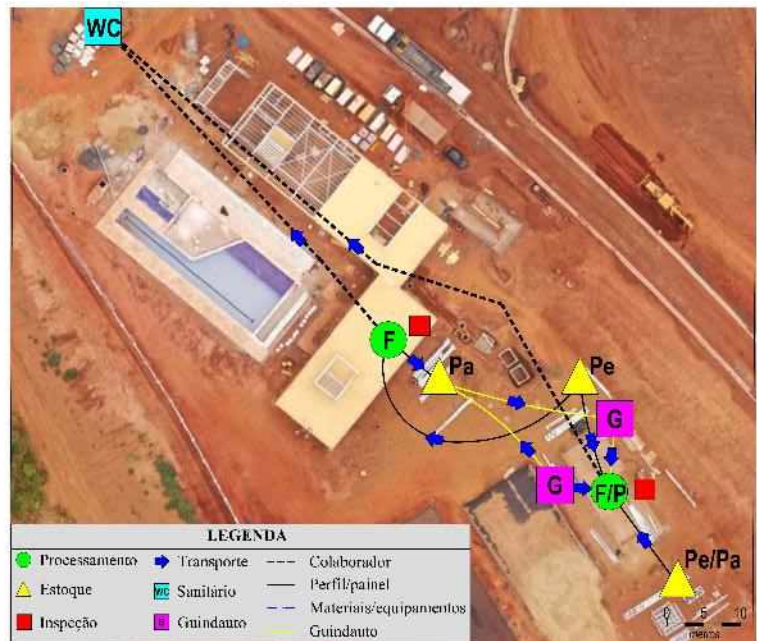


Fonte: A autora.

Figura 19 – Mapofluxograma do cenário C referente a edificação churrasqueira

<b>Cenário C - Churrasqueira</b>		
Origem	Destino	Distância percorrida: ida e volta (m)
Pe	F/P	30,96
Pe/Pa	F/P	31,46
Pe	F	78,32
F	Pa	18,04
G <- >Pa	F/P	63,13
F/P	WC	193,20
F	WC	115,38
B	B	1595,18

**Legenda:** Pe: Perfis; Pa: Painéis; F: Fabricação; P: Posicionamento; WC: Sanitário; G: Guindauto; B-B: fluxo de pessoas e ferramentas conforme Figura 4.



Fonte: A autora.

Com base nos mapofluxogramas pode-se verificar a mudança na logística do canteiro nos cenários A e C, conforme o tipo de painel, parede ou cobertura. Para a execução da cobertura foi necessário o uso de guindauto para a elevação dos painéis, implicando também, na readequação dos estoques.

O cenário B apresentou menores distâncias comparado aos demais cenários. Isso se deve à proximidade dos pontos relacionados as atividades de processamento e estoque. A edificação de apoio destacou-se por possuir a menor perda por transporte.

A elevada distância entre os pontos de processamento e as instalações sanitárias (WC) foi recorrente em todos cenários. Essa distância poderia ser mitigada a partir da realocação dos sanitários conforme a evolução das atividades. Uma alternativa para os cenários A e B seria o reposicionamento do WC, visto que este permaneceu no mesmo lugar enquanto os pontos de processamento foram remanejados. No cenário C, uma alternativa para redução de perda por transporte seria posicionar o WC no centro da área que o compreende, de modo que esse seja o ponto mais equidistante para todas as atividades de processamento, e também, seja possível realizar a manutenção, a qual faz-se semanalmente.

Uma das principais perdas de transporte foi a movimentação dos painéis fabricados para o estoque, e deste para o local de posicionamento dos mesmos. Esse impactou de maneira

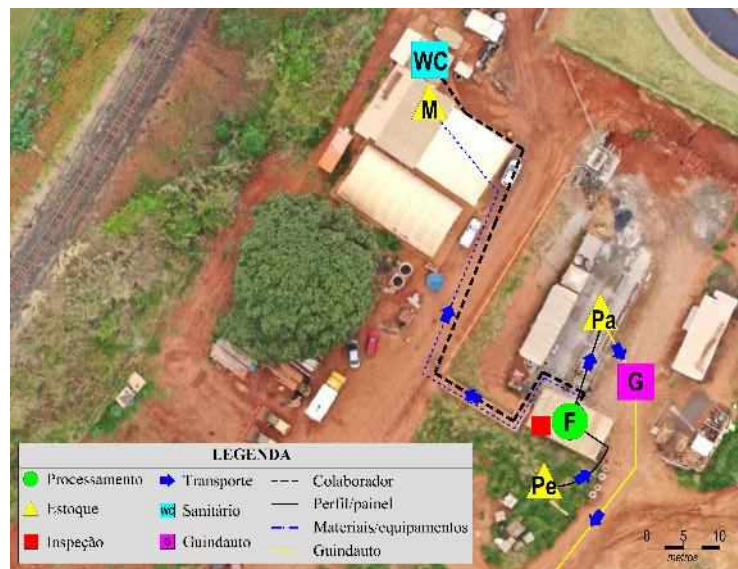
negativa em todos os cenários, visto que a movimentação era realizada pelos colaboradores, sem auxílio de máquinas de transporte. Tal atividade de fluxo exigia elevado esforço físico dos colaboradores, tendo em vista que o peso médio de um painel é aproximadamente 60 kg, influenciando na ergonomia e na disposição física. Tal esforço contribuiu para a redução da produtividade.

Outra perda relevante foi o fluxo de pessoas e ferramentas, pois os pontos de recarga das ferramentas elétricas, o local de refeição e o estoque de determinados materiais encontrava-se distante do local de execução das edificações (Regiões 1 e 2) conforme mostrado na Figura 4. Uma alternativa para minimizar essa perda, seria a concentração da mão de obra de montagem de painéis em um único lugar, sendo assim, o transporte poderia ser realizado pelo caminhão *munck*. Um local propício para esta atividade seria o pátio de fabricação dos pré-moldados do muro de fechamento do empreendimento, o qual encontrava-se parcialmente desativado devido à finalização desta atividade. Na Figura 20 está apresentado um mapofluxograma para redução das perdas de transporte supracitadas, propondo-se um novo local de montagem dos painéis.

Figura 20 – Mapofluxograma do possível local de montagem dos painéis

<b>Local de montagem dos painéis</b>		
Origem	Destino	Distância percorrida: ida e volta (m)
Pe	F	34,78
F	Pa	26,24
Pa <->G	P	*
F	WC	163,84
F	M	146,96
C	C	3314,13
D	D	4001,71
E	E	4187,93

**Legenda:** Pe: Perfis; Pa: Painéis; F: Fabricação; M: Materiais; WC: Sanitário; G: Guindauto.

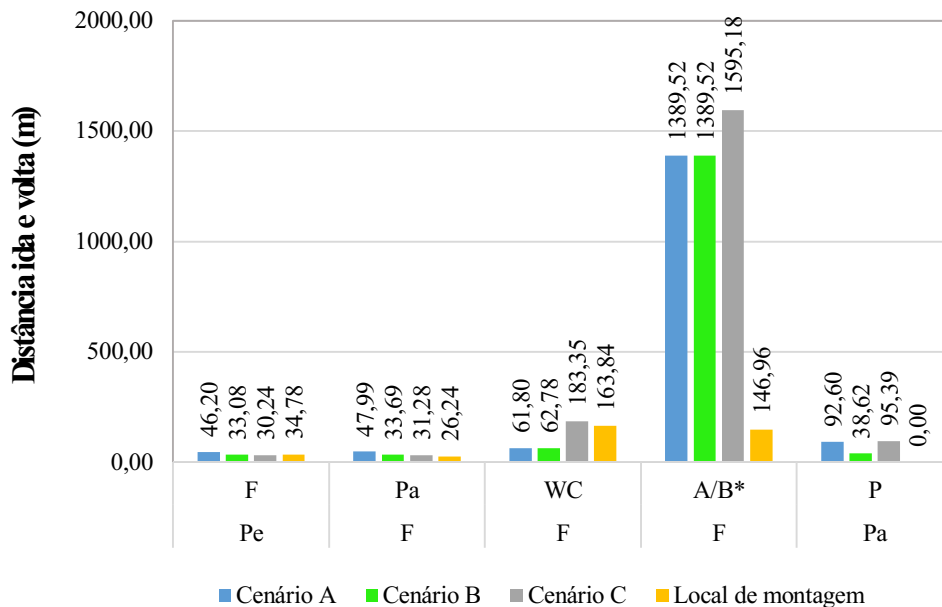


\* O trajeto de transporte de painéis até os locais de posicionamento dos mesmos estão representados na Figura 4, por C-C (Cenários A e B), D-D e E-E (Cenário C), a serem realizados pelo caminhão tipo *munck*

Fonte: A autora.

Na Figura 21 está apresentada uma comparação das distâncias médias percorridas pelos colaboradores entre as atividades do processo LSF, de acordo com origem e destino para cada cenário.

Figura 21 – Comparativo de distâncias percorridas nas atividades de processo entre os cenários e um possível local de montagem (cenário proposto)



\* Fluxo A/B – conforme apresentado na Figura 4

Fonte: A autora.

Dentre as movimentações, destaca-se a redução para o fluxo de pessoas e ferramentas e, também, a eliminação da atividade de fluxo de transporte de painéis do estoque para o posicionamento dos mesmos. Esse deslocamento passaria a ser executado pelo caminhão *munch* em vez dos colaboradores. Os demais deslocamentos permaneceram próximos, com exceção a movimentação dos colaboradores até os sanitários, no cenário C.

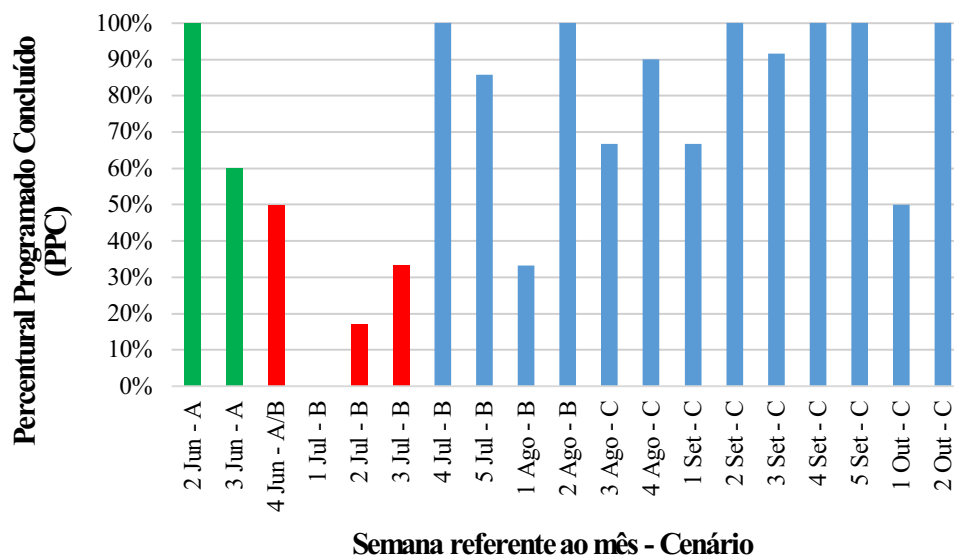
Segundo Formoso *et al.* (1996) as perdas por transportes estão associadas ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais e componentes em função de uma má programação das atividades ou de um leiaute ineficiente. Desse modo, a adoção do local de montagem proposto contribuiria para mitigação das distâncias que os colaboradores precisavam efetuar para o transporte de materiais e pequenos equipamentos, e para a realização das refeições no canteiro de obras. Nesse caso, a redução do esforço físico dos colaboradores no transporte dos painéis e a realização da montagem desses em um local coberto, diminuiria a exposição climática (calor excessivo), contribuindo para o aumento da produtividade.



#### 4.3 PERCENTUAL DO PLANEJAMENTO CONCLUÍDO (INDICADOR PPC)

O sistema *light steel frame* permite simplificar as etapas de um processo, devido à menor variabilidade das atividades. No entanto, ainda há uma baixa familiaridade no país em relação a esse sistema construtivo. O conhecimento das etapas constituintes de qualquer processo permite estabelecer prazos mais assertivos para obtenção de uma determinada meta, e consequentemente, o indicador PPC. Na Figura 22 está apresentado o indicador PPC referente as atividades de montagem e posicionamento dos painéis de LSF em função dos cenários analisados.

Figura 22 – *Last Planner* das atividades de montagem e posicionamento dos painéis de LSF



Legenda: **Barra verde:** supervisão - AT, encarregado inexperiente em LSF e engenheiro; **Barra vermelha:** supervisão - encarregado inexperiente em LSF e engenheiro; **Barra azul:** supervisão - encarregado experiente em LSF e engenheiro.

Fonte: A autora.

De modo geral, nota-se que há um aumento do índice PPC com a familiarização dos colaboradores com o sistema construtivo. Ressalta-se que, no cenário A, mesmo com o auxílio da AT, existiu uma queda na segunda semana, pois as atividades envolviam o posicionamento dos painéis, que por sua vez requerem mais habilidade por parte do colaborador. Desta forma, planejou-se uma meta conforme a produtividade para montagem de painéis, justificando assim, a diferença na demanda de tempo entre ambos. A queda da adesão ao PPC na última semana do cenário A tem como causa a defasagem da mão de obra especializada e inserção de

trabalhadores inexperientes, contribuindo também, para o não cumprimento de metas no início de execução do cenário B.

No cenário B, mesmo com a adaptação à nova metodologia (Tabela 1), foi perceptível a melhoria no alcance das metas com a introdução de um encarregado experiente, tendo somente uma queda na penúltima semana devido ao lançamento dos painéis de cobertura, os quais fez-se manualmente, por carência de caminhão *munk*.

De modo geral, pode-se observar que na transição entre cenários houve uma queda no índice PPC, isto justifica-se devido à variabilidade da estrutura metálica de acordo com cada edificação, conforme as semanas “1 Jul”, “3 Ago” e “1 Out”. Sendo assim, é evidente que não é adequado estabelecer metas com a mesma produtividade se existe diferença entre projeto.

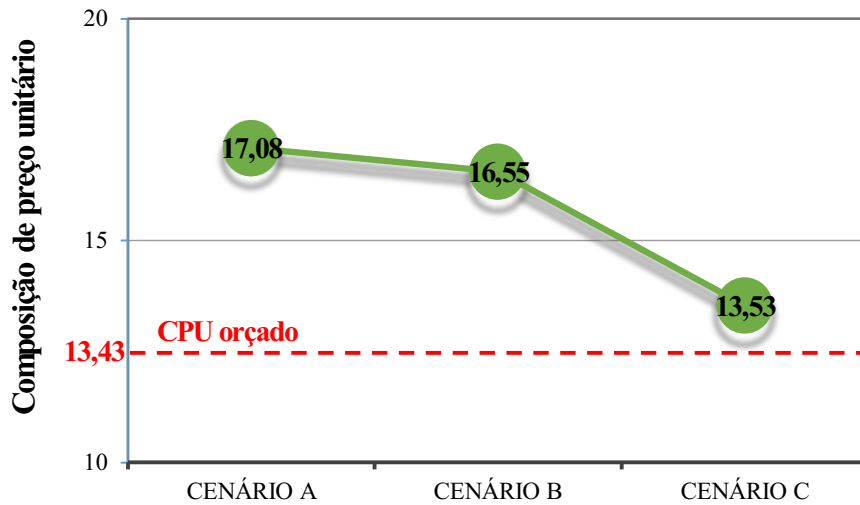
O uso dessa ferramenta evidenciou que a experiência com a metodologia construtiva, não só pelos trabalhadores, como também pelo encarregado, foi determinante no cumprimento das metas. Como mencionado anteriormente, isso justifica-se pelo conhecimento das singularidades impostas pelo LSF, permitindo assim, planejar as atividades com maior assertividade.

#### 4.3 ANÁLISE COMPARATIVA DA COMPOSIÇÃO UNITÁRIA DE PREÇOS (CPU) E PRODUTIVIDADE NOS DIFERENTES CENÁRIOS

As CPU do processo de fabricação da estrutura metálica do LSF foram geradas segundo o processamento de dados no sistema Previz. Nesse sistema, os dados são obtidos a partir do apontamento dos serviços, incluindo horas trabalhadas de mão de obra e de equipamentos e materiais. As composições analisadas em cada cenário são mostradas no Apêndice A.

A partir da composição do preço unitário orçado, foi possível acompanhar a evolução do custo unitário da atividade em cada cenário, identificando insumos não previstos no orçamento, desvios, produtividade e consumo. Na Figura 23 está apresentada a evolução do CPU no decorrer dos cenários.

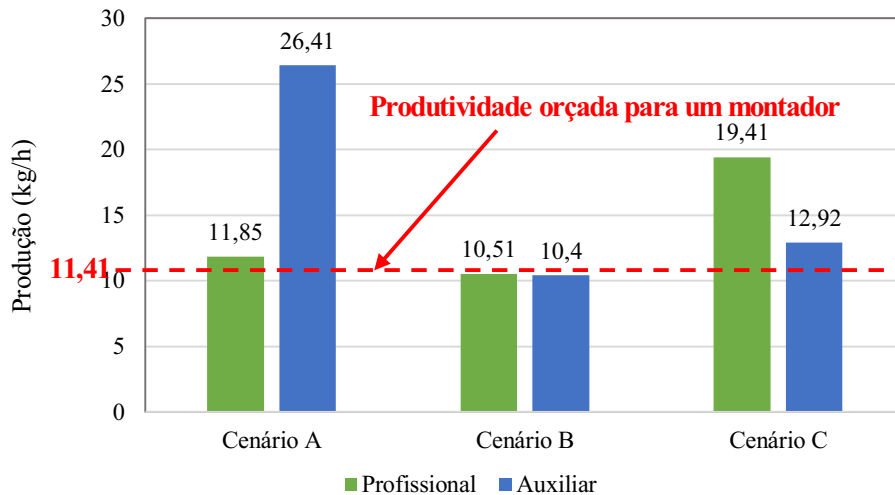
Figura 23 – Evolução do CPU da estrutura do LSF (a atividade da estrutura metálica é atribuída na unidade da composição por quilo de *steel frame*)



Fonte: A autora.

Observa-se que os custos unitários foram se reduzindo na medida em que os colaboradores se familiarizavam com o sistema construtivo. A produtividade da mão de obra ao longo da execução das obras está apresentada na Figura 24.

Figura 24 – Produtividade da mão de obra ao longo da execução das obras nos diferentes cenários



Fonte: A autora.

O pico de produtividade de auxiliares, referente ao cenário A, deve-se à presença de colaboradores treinados no curso especializado e também à assessoria adquirida neste período, como mencionado no item 4.3. Desse modo, fica evidente que a experiência obtida no decorrer das obras foi fundamental para obtenção da produtividade desejada ou de valores superiores, tal como verificado no cenário C. Houve aprimoramento da metodologia com o ganho de

experiência dos profissionais envolvidos no processo, possibilitando a redução de erros e variabilidade no processo.

#### 4.4 CAUSAS DE VARIABILIDADE NA PRODUÇÃO DO SISTEMA LSF

No Quadro 1 são mostradas as principais causas de variabilidade observadas em campo durante a execução das estruturas metálicas.

Quadro 1 – Causas de variabilidade das atividades observadas em campo com base no questionário proposto por Cruz, Santos e Mendes (2018)

<b>Grupo</b>	<b>Sub grupo</b>	
1. Pré-requisitos do trabalho	1	Conclusão dos trabalhos prévios (trabalho anterior que ainda não foi realizado)
	2	Retrabalho exigido devido à qualidade do trabalho anterior
	3	Baixa qualidade do trabalho anterior (nível que ainda não requer retrabalho)
2. Detalhamento do projeto e método de trabalho	4	Construtibilidade do projeto
	5	Qualidade dos documentos (erros no projeto e/ou desenhos)
	6	Complexidade do trabalho
	7	Planejamento da sequência ou método do trabalho
3. Mão de obra	8	Baixo grau de repetição (incapacidade de desenvolver um sistema eficiente devido a atividades em constante mudança)
	9	Absentismo (faltas)
4. Ferramentas e equipamentos	10	Baixa disposição e/ou falta de motivação
	11	Falta de habilidade dos trabalhadores/equipes na execução de tarefas que foram pedidas a eles
	12	Disponibilidade de equipamento ou ferramentas
5. Materiais e componentes	13	Capacidade (produtividade) de equipamentos e ferramentas
	14	Falhas no recebimento dos materiais (quantidade ou tipo incorreto)
	15	Qualidade dos materiais e componentes
6. Condições de trabalho e do local de trabalho	16	Recebimento de materiais para a atividade mais tarde do que o programado /esperado
	17	Área de trabalho superlotada ou desordenada/canteiro de obras congestionado
7. Gestão, supervisão e fluxo de informações	18	Layout do local de trabalho: distância excessiva entre o local de armazenamento do material e o local de sua utilização
	19	Forma de transporte do material do local de armazenamento até o local de utilização
8. Condições climáticas	20	Espera para obter respostas sobre perguntas ou orientações sobre o projeto
	21	Pouco compromisso por causa de um cronograma de trabalho apertado
	22	Impactos climáticos (calor excessivo, frio, vento, chuva)

Fonte: A autora.

No Quadro 2 apresenta-se os problemas mais frequentes e que tiveram maior influência no andamento do processo, correlacionando-os com os subgrupos apresentados no Quadro 1.

Também foram feitas considerações a respeito das consequências e proposto soluções para minimizar tais ocorrências.

Quadro 2 – Causa, consequência e medida solutiva para a variabilidade no processo

Sub grupo	Causa	Consequência	Solução
2	Laje e fundação com medidas incompatíveis para o posicionamento dos painéis (Figura 25 a; b; c)	Atraso para início da atividade	Posicionamento da estrutura inconforme com a exigida pelo sistema LSF e correção da fundação Figura (d; e)
2	Laje desnivelada (Figura 25f)	Retrabalho e maior dificuldade para ajuste de nível e prumo de painel	Utilização de cunhas, conformação da laje, ajuste de medidas em painéis comerciais e grauteamento dos desníveis
5	Incompatibilidade projeto entre instalações elétricas/hidráulicas e estrutural LSF (Figura 26 a; b)	Retrabalho e atraso do posicionamento dos painéis	Quebra, reposicionamento e grauteamento das instalações nas devidas posições, remanejamento das instalações (Figuras 26 c e d)
4	Concretagem das instalações elétrica/hidráulica junto à fundação, sem utilização de um dispositivo que permita a movimentação das mesmas após a solidificação do concreto	Dificuldade na instalação dos painéis	Cortes dos perfis e quebra, reposicionamento e grauteamento das instalações
5 e 20	Projeto desprovido de detalhamento	Pausa do trabalho (montagem e instalação de painéis), retrabalho, movimentação	Estudo prévio do projeto, identificando detalhes necessários para execução do mesmo
11	Desconhecimento da necessidade de travamento da estrutura (Figuras 26 e; f)	Paredes movimentaram-se após o lançamento dos painéis de cobertura	Prumo, esquadro e nível de toda a edificação (apoio) e travamento prévio nas próximas atividades
8	A estrutura da cobertura foi distinta em cada cenário	Curva de aprendizado e adaptação à metodologia em cada cenário	Estudo prévio do projeto, propondo estratégias para execução do mesmo
12	Uso de laser de parede da cor vermelha, imperceptível à luz do dia	Dificuldade para alinhar e nivelar a estrutura	Nível com mangueira e alinhamento com linha
12	Uso de Alicates de pressão, trena, parafusadeira/furadeira	Improdutividade	Empréstimo de materiais entre equipes e compra de algumas ferramentas

Fonte: A autora.

Figura 25 – Causas de variabilidade mais frequentes no estudo de caso em relação às fundações (a; b; c) e soluções adotadas (d; e); laje (e)

(a) Fundação incompatíveis para o posicionamento dos painéis, destaque para o corte do perfil e utilização de cunha



(b) Fundação incompatíveis para o posicionamento dos painéis



(c) Fundação desnivelada

(d) Corte de perfil comercial devido ao desnível mostrado em (c)



(e) Correção da fundação e destaque para o travamento prévio da estrutura

(f) Laje desnivelada



Fonte: A autora.

Figura 26 – Causas de variabilidade mais frequentes no estudo de caso em relação (a; b) a incompatibilidade e erros de projetos (c; d) algumas soluções adotadas; (e; f) Travamento prévio da estrutura, evitando a movimentação da mesma ao lançar a cobertura

(a) Sistema de ventilação em coluna	(b) Erro de projeto: não foi previsto o tubo de queda nos pilares
	
(c) Remanejamento das instalações, quebra e reposicionamento	(d) Remanejamento das instalações, cortes dos perfis, quebra, reposicionamento
	
(e) Travamento prévio da estrutura, evitando a movimentação da mesma ao lançar a cobertura	(f) Detalhe travamento prévio da estrutura
	

Fonte: A autora.

A variabilidade do processo pode implicar em retrabalhos, perda de produtividade devido ao não sequenciamento das atividades e realização de atividades que não agregam valor,

e até mesmo a paralisação do serviço. Assim, a identificação das causas de variabilidade durante a execução das obras foi fundamental para a melhoria contínua do processo de produção, pois impediu a ocorrência dos mesmos erros e também permitiu o planejamento das premissas necessárias para execução do projeto, como a conclusão de trabalhos prévios, materiais e ferramentas.

## 5 CONCLUSÃO

A prática de gestão enxuta na produção de edificações em LSF, em especial à fabricação da estrutura metálica, permitiu explorar os benefícios da implementação de ferramentas atreladas aos princípios da filosofia da construção enxuta, como alternativa de melhoria contínua de processos.

Haja vista que em um processo, o número de atividades de fluxo aumenta conforme a quantidade de atividades de conversão, o diagrama de processo permitiu mapear e identificar que 75% das atividades não agregavam valor ao produto final. A atividade referente ao estoque de painéis poderia ser removida processo, visto que essa aumentava a movimentação e o esforço físico por parte dos colaboradores, como averiguado nos mapofluxogramas.

A movimentação de pessoas e materiais destacou-se por representar 34% das atividades de fluxo, impactando de certa forma nas perdas por transporte. O mapofluxograma dos cenários permitiu avaliar as distâncias percorridas considerando as condições do transporte dos painéis ou perfis, com utilização de equipamentos ou não, e de materiais ou colaboradores, identificando os fatores influentes na produtividade. Constatou-se que a adoção de um local fixo para a montagem de painéis reduziria perdas em função do transporte de materiais, painéis e dos próprios colaboradores, além de limitar esforço físico pelo uso do caminhão *munch*. Nessa mesma linha, o reposicionamento de alguns pontos evitaria perdas por transporte, como por exemplo o WC no cenário C, considerando o número de vezes que um colaborador percorre para uso dessa instalação em um dia de trabalho, o desperdício de tempo pode ser considerável.

O planejamento a curto prazo atestou que a experiência do profissional na metodologia do LSF contribuiu para o estabelecimento de metas e prazos mais assertivos, bem como na identificação de premissas e gargalos durante a execução das atividades. Além disso, verificou-se que dada a variabilidade da estrutura projetada para cada edificação não foi possível estabelecer para um próximo cenário, a mesma produtividade de um cenário anterior.

Nesta linha de pensamento, a familiarização com o sistema, juntamente com o acompanhamento da incidência das causas de variabilidade, trouxe vantagens para a redução de improdutividade e propagação de erros, podendo ser averiguado a partir das composições de



preço unitário geradas pelo sistema Previz. Com base nesses dados, foi possível identificar insumos não previstos no orçamento da atividade, bem como a evolução da produtividade até valores superiores ao planejado e o consumo de cada insumo.

Portanto, o presente estudo mostrou que mesmo utilizando sistemas construtivos racionalizados, a melhoria contínua nos processos é factível por meio da aplicação de práticas de gestão de projeto, desde a concepção e compatibilização de projetos, micro planejamento, mapeamento de processos, identificação de atividades que não agregam valor ao produto final, assim como as perdas por transporte. O planejamento contínuo permitiu controlar o preço unitário do serviço até atingir valores muito próximos ao preço unitário orçado, sendo assim, a adoção dessas práticas em um novo cenário é de potencial eficácia para o sucesso de um projeto.

## REFERÊNCIAS

ARCHIBALD, R. D.; PRADO, D. Maturidade em gerenciamento de projetos. **Relatório Pesquisa 2017: Análises Comparativas de Desempenho**, Brasil, p. 1-24, 2018. Disponível em: <<http://maturityresearch.com/wp-content/uploads/2020/05/RelatorioMaturidade2017-Desempenho-V4-1.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2020.

CRASTO, R. C. M. de. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing**. 2005. 255 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Rio de Janeiro - RJ, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufop.br/handle/123456789/6246>>. Acesso em: 1 nov. 2020.

CRUZ, H. M.; SANTOS, D. de; MENDES, L. A. Causas da variabilidade do tempo de execução dos processos em diferentes sistemas construtivos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 49-65, jan./mar. 2018. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000100209>>. Acesso em: 1 nov. 2020.

FORMOSO, C. T; CESARE, C. M.; LANTELME, E. M. V.; SOIBELMAN, L. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Porto Alegre, UFGRGS, 1996.

GOMES, C. E. M.; VIVIAN, A. L.; SICHIERI, E. P.; PALIARI, J. C. Overview: o *light steel frame* como alternativa para produção de moradias. **Revista Construção Metálica**, abril de 2016. Disponível em: <<https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7246>>. Acesso em 04.11.2020.

KOSKELA, L. CIFE – Center for Integrated Facility Engineering. **Application of the new production philosophy to construction**, EUA, ed. 72, p. 1-81, agosto 1992. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2020.

LORENZON, I. A. **Relatório Pesquisa 2017: Análises Comparativas de Desempenho**. 2016. 221 p. Tese de pós-graduação (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3339?show=full>>. Acesso em: 1 nov. 2020.

PÉREZ, C. T.; COSTA, D. B.; GONÇALVES, J. P. Identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte em processos construtivos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 243-263, jan./mar. 2016. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000100072>>. Acesso em: 8 nov. 2020.

POLITO, G. **Gerenciamento de obras: boas práticas para a melhoria da qualidade e da produtividade**. São Paulo: Pini, 2015.

PRATES, B. T.; CONFORTE, M. E. Revista Boletim do Gerenciamento. **O uso do sistema Steel Frame como alternativa para melhor produtividade na Construção Civil**, Rio de Janeiro - RJ, p. 1-10, 28 jun. 2019. Disponível em: <<https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/248/205>>. Acesso em: 1 nov. 2020.

SANTANA, L. A. F. **Proposta de composição de custos unitários e orçamentos de serviços em vias não pavimentadas**. Orientador: Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior. 2006. 131 p. Dissertação (Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes (PETRAN) - Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza - CE, 2006. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/4881/1/2006\\_dis\\_laf santana.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/4881/1/2006_dis_laf santana.pdf)>. Acesso em: 8 nov. 2020.

SEBRAE, (ed.). **Lean Construction: Diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. 5. ed. Porto Alegre - RS: SEBRAE, abril 2000. 183 p.

## APÊNDICE A – COMPOSIÇÃO UNITÁRIA DE PREÇOS (CPU)

Nos quadros 1 a 4 são mostradas as CPU extraídas do sistema Previs referentes ao orçamento da estrutura metálica do LSF e de cada cenário analisado. A atividade da estrutura metálica é atribuída na unidade da composição por quilo de *steel frame*. O valor referente a cada insumo varia conforme da produção, e consequentemente, também, no consumo deste por quilo da estrutura metálica, ou seja, quanto maior a produtividade, menor o consumo e menor o valor do insumo, reduzindo o preço unitário do serviço.

Quadro 1 – CPU referente ao orçamento da estrutura metálica do LSF

ORÇAMENTO		<i>Composição Prevista</i>			
Insumo	Und	Produção	Consumo	Preço Unit.	Valor
MOTORISTA DE VEÍCULOS PESADOS I	H	770,992	0,00129703	19,20	0,02
CAMINHÃO MUNCK GRANDE	H	770,992	0,00129703	88,43	0,11
SERVIÇO DE ASSESSORIA PARA ESTRUTURA-STEEL FRAME	R\$	1,000	1,00000000	1,00	1,00
MATERIAIS DIVERSOS EM GERAL	R\$	0,000	0,00000000	0,00	0,00
MONTADOR	H	11,407	0,08766920	26,32	2,31
ESTRUTURA-STEEL FRAME	KG	1,000	1,00000000	9,98	9,98
<b>TOTAL</b>					<b>13,43</b>

Fonte: A autora.

Quadro 2– CPU da estrutura metálica do LSF referente ao cenário A

CENÁRIO A		<i>Composição Real</i>			
Insumo	Und	Produção	Consumo	Preço Unit.	Valor
CAMINHÃO MUNCK GRANDE	H	105,014	0,00952258	88,43	0,84
MOTORISTA DE VEÍCULOS PESADOS II	H	105,014	0,00952258	19,20	0,18
OPERADOR I	H	3.475,964	0,00028769	18,78	0,01
CARPINTEIRO	H	11,850	0,08439132	26,32	2,22
ELETRICISTA DE C. A. I	H	46,880	0,02133086	26,32	0,56
SERVENTE	H	26,407	0,03786878	21,03	0,80
ESTRUTURA - STEEL FRAME	KG	1,000	0,99998562	9,98	9,98
ESTOQUE - MATERIAIS STEEL FRAME	R\$	0,000	0,00000000	0,00	0,00
FERRAMENTAS E SIMILARES EM GERAL	R\$	14,152	0,07066336	1,00	0,07
MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO	R\$	3,105	0,32207570	1,00	0,32
MATERIAIS DIVERSOS EM GERAL	R\$	0,514	1,94504236	1,00	1,95
MATERIAIS DE ESCRITÓRIO 2	R\$	95,231	0,01050073	1,00	0,01
SERVIÇO DE ASSESSORIA PARA ESTRUTURA - STEEL FRAME	R\$	7,022	0,14240711	1,00	0,14
<b>TOTAL</b>					<b>17,08</b>

Fonte: A autora.

Quadro 3 – CPU da estrutura metálica do LSF referente ao cenário B

<b>CENÁRIO B</b>		<b>Composição Real</b>			
Insumo	Und	Produção	Consumo	Preço Unit.	Valor
CAMINHÃO MUNCK GRANDE	H	6253,127	0,00015992	88,43	0,01
MOTORISTA DE VEÍCULOS PESADOS II	H	6253,127	0,00015992	19,20	0,01
OPERADOR I	H	242,835	0,00411803	18,78	0,08
OPERADOR II	H	219,403	0,00455782	22,95	0,10
CARPINTEIRO	H	10,509	0,09515446	26,32	2,50
ELETRICISTA DE C. A. I	H	208,433	0,00479770	26,32	0,13
PEDREIRO	H	312,649	0,00319847	26,32	0,08
SERVENTE	H	10,403	0,09613000	21,03	2,02
AJUDANTE	H	56,237	0,01778189	21,03	0,37
ESTRUTURA - STEEL FRAME	KG	1,000	0,99999984	9,98	9,98
ESTOQUE - MATERIAIS STEEL FRAME	R\$	0,000	0,00000000	0,00	0,00
FERRAMENTAS E SIMILARES EM GERAL	R\$	138,124	0,00723986	1,00	0,01
MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO	R\$	187,981	0,00531969	1,00	0,01
MATERIAIS DIVERSOS EM GERAL	R\$	1,108	0,90290391	1,00	0,90
FERRAMENTAS - APOIO	UN	2,867	0,34876094	1,00	0,35
<b>TOTAL</b>					<b>16,55</b>

Fonte: A autora.

Quadro 4 – CPU da estrutura metálica do LSF referente ao cenário C

<b>CENÁRIO C</b>		<b>Composição Real</b>			
Insumo	Und	Produção	Consumo	Preço Unit.	Valor
CAMINHÃO MUNCK GRANDE	H	400,146	0,00249909	88,43	0,22
MOTORISTA DE VEÍCULOS PESADOS	H	400,146	0,00249909	19,20	0,05
MINI ESCAVADEIRA HIDRÁULICA	H	4951,721	0,00020195	77,34	0,02
OPERADOR DE MINI CARREGADEIRA	H	4951,721	0,00020195	26,50	0,01
CARPINTEIRO	H	19,406	0,05153025	26,32	1,36
SERVENTE	H	12,922	0,07738600	21,03	1,63
AJUDANTE	H	733,600	0,00136314	21,03	0,03
ESTRUTURA - STEEL FRAME	KG	1,000	0,99999995	9,98	9,98
ESTOQUE - MATERIAIS STEEL FRAME	R\$	0,000	0,00000000	0,00	0,00
FERRAMENTAS E SIMILARES EM GERAL	R\$	315,013	0,00317447	1,00	0,00
FERRAMENTAS - CLUBE	UN	8,669	0,11535856	1,00	0,12
MATERIAIS DIVERSOS EM GERAL	R\$	8,955	0,11166394	1,00	0,11
<b>TOTAL</b>					<b>13,53</b>

Fonte: A autora.