

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
GUSTAVO ARAÚJO ALVES

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ORGANIZAÇÃO DE *LAYOUT* EM CANTEIRO DE
OBRAS NO CUSTO GLOBAL DE UMA EDIFICAÇÃO**

CASCADEL - PR

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
GUSTAVO ARAÚJO ALVES

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ORGANIZAÇÃO DE *LAYOUT* EM CANTEIRO DE
OBRAS NO CUSTO GLOBAL DE UMA EDIFICAÇÃO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professora Orientadora: Eng. Civil Me.
Andréa Resende Souza**

CASCADEL - PR

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

GUSTAVO ARAÚJO ALVES

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ORGANIZAÇÃO DE *LAYOUT* EM CANTEIRO DE OBRAS NO CUSTO GLOBAL DE UMA EDIFICAÇÃO

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor (a) **Eng. Civil Me Andrea Resende Souza**

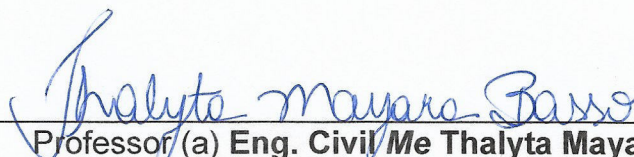
BANCA EXAMINADORA



Orientador (a) **Profª. Eng. Civil Me Andrea Resende Souza**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Bacharel em Engenharia Civil



Professor (a) **Eng. Civil Dr. Ligia Eleodora Francovig Rachid**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Bacharel em Engenharia Civil



Professor (a) **Eng. Civil Me Thalyta Mayara Basso**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Bacharel em Engenharia Civil

Cascavel, 12 de junho de 2018.

RESUMO

Este trabalho visa estudar *layout* de canteiro de obras buscando avaliar qual a influência do canteiro na produtividade e custos diretos. A metodologia a ser utilizada consistirá na aplicação de fluxograma de processos produtivos adotado pela *American Society Mechanical Engineers* (ASME, 2010) e mapa fluxograma estudando as condições de movimentações físicas em canteiro de obras de uma obra pública licitada – terminal urbano na região Oeste da cidade de Cascavel-PR - buscando através da aplicação de fluxogramas traçar as distâncias a serem percorridas pelos trabalhadores e verificar por meio de RUP (indicador de produtividade) se estas poderão afetar no custo de mão de obra ou produtividade. Os resultados obtidos estão em conformidade com o requerido na pesquisa que consiste em diminuir os custos e deslocamentos, tendo havido diminuição percentual de 40,67% em velocidade média para produção de armaduras e 26,89% para execução de fôrmas, sendo considerável o percentual de redução de velocidades, o que corroborando para aumento da qualidade de vida do trabalhador ao executar tarefas em menor velocidade. Em relação a custos com produção de armação o percentual de redução esteve em 0,0003% e execução de fôrmas em 0,023%, ao considerar o pequeno percentual de redução em custos, deve-se levar em conta a quantidade de pilares produzidos (pequena), se aplicado a maior quantidade de pilares, poderá haver redução significativa de custos.

Palavras-chaves: Velocidade; Produtividade; Custos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processos de transformações <i>output-input</i>	16
Figura 2: Atividades básicas de um projeto.	19
Figura 3: Vista frontal de terminal urbano na região Oeste da cidade de Cascavel-PR.	28
Figura 4: Vista lateral de terminal urbano na região Oeste da cidade de Cascavel-PR.	28
Figura 5: Mapa-fluxograma da armação, situação atual, conforme alinhamento de pilares do P01 à P16.	31
Figura 6: Mapa-fluxograma da armação, situação atual, conforme alinhamento de pilares do P19 à P54.	31
Figura 7: Mapa-fluxograma da armação, situação atual, conforme alinhamento de pilares do P34 à P51.	32
Figura 8: Mapa-fluxograma das fôrmas, situação atual, conforme alinhamento de pilares do P01 à P16.	32
Figura 9: Mapa-fluxograma das fôrmas, situação atual, conforme alinhamento de pilares do P19 à P54.	33
Figura 10: Mapa-fluxograma das fôrmas, situação atual, conforme alinhamento de pilares do P34 à P51.	33
Figura 11: Mapa-fluxograma da armação, situação nova, conforme alinhamento dos pilares de P01 à P16.	41
Figura 12: Mapa-fluxograma da armação, situação nova, conforme alinhamento dos pilares de P19 à P54.	42
Figura 13: Mapa-fluxograma da armação, situação nova, conforme alinhamento dos pilares de P34 à P51.	42
Figura 14: Mapa-fluxograma das fôrmas, situação nova, conforme alinhamento dos pilares de P01 à P16.	43
Figura 15: Mapa-fluxograma das fôrmas, situação nova, conforme alinhamento dos pilares de P19 à P54.	43
Figura 16: Mapa-fluxograma das fôrmas, situação nova, conforme alinhamento dos pilares de P34 à P51.	44
Figura 17: Comparativo da velocidade de execução para a execução das armaduras.	48
Figura 18: Comparativo da velocidade de execução para a execução das fôrmas.	49
Figura 19: Análise da razão de produtividade unitária para armaduras.	51
Figura 20: Análise da razão de produtividade unitária para fôrmas.	51

Figura 21: Custo total da mão de obra para a produção de armaduras.	53
Figura 22: Custo total da mão de obra para a produção das fôrmas.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Simbologia fluxograma (ASME).	22
Tabela 2: Simbologia fluxograma (ASME).	29
Tabela 3: Diagrama de fluxo de processos para armadura dos pilares de um terminal de passageiros.....	30
Tabela 4: Diagrama de fluxo de processos para fôrmas dos pilares de um terminal de passageiros.....	30
Tabela 5: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos armadores para execução dos pilares de 3,85m.....	35
Tabela 6: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos armadores para execução dos pilares de 5,25 m.....	35
Tabela 7: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos carpinteiros para execução dos pilares de 3,85m.....	36
Tabela 8: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos carpinteiros para execução dos pilares de 5,25 m.....	37
Tabela 9: Composição de quantidade insumos para armadura por unidade de peso em quilo.	40
Tabela 10: Composição de quantidade de insumos para fôrmas com chapa compensada por unidade de área em metro quadrado.	40
Tabela 11: Novo diagrama de fluxo de processos para armadura dos pilares de um terminal de passageiros.....	45
Tabela 12: Novo diagrama de fluxo de processos para fôrmas dos pilares de um terminal de passageiros.....	45
Tabela 13: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos armadores para execução dos pilares de 3,85m, novo <i>layout</i>	46
Tabela 14: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos armadores para execução dos pilares de 5,25m, novo <i>layout</i>	46
Tabela 15: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos carpinteiros para execução dos pilares de 3,85m, novo <i>layout</i>	47
Tabela 16: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos carpinteiros para execução dos pilares de 5,25m, novo <i>layout</i>	47
Tabela 17: Análise da RUP média dos serviços considerando o <i>layout</i> original.	49
Tabela 18: Relação entre a distância e a produção no <i>layout</i> inicial.....	50

Tabela 19: Relação entre a distância e a produção no <i>layout</i> novo.....	50
Tabela 20: RUP ociosa na produção no <i>layout</i> inicial.	50
Tabela 21: RUP ociosa na produção no <i>layout</i> novo.	50
Tabela 22: Detalhamento do custo de produção.	52

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Equação unitária de produção.	34
Equação 2: Velocidade média de execução da armadura pilares de 3,85m.	35
Equação 3: Velocidade média de execução da armadura pilares de 5,25m.	36
Equação 4: Velocidade média de execução da armadura de todos os pilares.	36
Equação 5: Velocidade média de execução da fôrma de pilares de 3,85m.	37
Equação 6: Velocidade média de execução da fôrma pilares de 5,25m.	37
Equação 7: Velocidade média de execução da fôrma de todos os pilares.	37
Equação 8: Razão unitária de produção.	38
Equação 9: Razão unitária de produção para a armadura pilares de 3,85m.	38
Equação 10: Razão unitária de produção para a armadura pilares de 5,25m.	39
Equação 11: Razão unitária de produção para as fôrmas dos pilares de 3,85m.	39
Equação 12: Razão unitária de produção para as fôrmas dos pilares de 5,25m.	39
Equação 13: Velocidade média de execução da armadura de todos os pilares no novo <i>layout</i>	48
Equação 14: Velocidade média de execução das fôrmas de todos os pilares no novo <i>layout</i> .	48

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASME	<i>American Society Mechanical Engineers</i>
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TCPO	Tabela de Composição de Preços de Orçamentários

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	12
1.1 INTRODUÇÃO	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	15
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	15
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	15
CAPÍTULO 2	16
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1.1 Processos produtivos	16
2.1.2 Canteiro de obras	17
2.1.3 Logística na construção civil	18
2.1.4 Projeto de produto e processo	19
2.1.4.1 Projeto de processo	19
2.1.4.1.1 Fluxos de processos	20
2.1.4.1.2 Fluxograma e mapa-fluxograma	21
2.1.4.2 Projeto de produto	22
2.1.5 Projeto de canteiro	22
2.1.5.1 Tipos de canteiros	23
2.1.5.2 <i>Layout</i>	24
2.1.6 Orçamentação	25
2.1.6.1 Custos diretos e indiretos	25
2.1.6.2 Influência dos custos indiretos	26
CAPÍTULO 3	27
3.1 METODOLOGIA	27
3.1.1 Caracterização da amostra	27
3.1.1.1 Identificação de fluxos e <i>layout</i> de canteiro	28
3.1.2 Coleta de dados	34
3.1.2.1 Composição de deslocamento	34
3.1.2.2 Indicador de produtividade	38

3.1.2.3 Composição de custos	39
3.1.3 Análise dos dados	40
CAPÍTULO 4.....	41
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1.1 Readequação dos fluxos e <i>layout</i>	41
4.1.2 Composição dos deslocamentos	46
4.1.3 Análise da produtividade	49
4.1.4 Composição do custo.....	52
CAPÍTULO 5.....	54
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
CAPÍTULO 6.....	55
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	55
REFERÊNCIAS	56

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

No Brasil o setor de construção civil tem demonstrado um notório crescimento com reflexo em toda a cadeia de suprimentos. A demanda por obras com cronograma de execução acelerado e de qualidade é constante (ALVES *et. al.*, 2012).

Devido a expansão da construção civil impulsionada pelo atual desenvolvimento econômico brasileiro e competitividade global, são imprescindíveis para o seguimento a adoção de estratégias que permitam superar seus concorrentes e suprir essa crescente demanda do setor. Dentre essas estratégias, as melhorias dos fluxos de materiais, a distribuição de produtos e o arranjo das máquinas, equipamentos e pessoas dentro da indústria são essenciais para a manutenção dos níveis produtivos. De acordo com Yang *et al.* (2000), o desempenho dos sistemas produtivos depende também do arranjo físico industrial e o qual influencia de forma direta os resultados da organização, constituindo um fator decisivo para sua sobrevivência no mercado competitivo mundial.

No que se refere ao arranjo físico ou *layout* das instalações, o dimensionamento inadequado gera perdas por excessos de atividades que não agregam valor, como excessos de estoque, fluxos de materiais cruzados, má disposição de equipamentos, entre outras. Para Slack *et. al.* (2002), o arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal de produção, determinando a maneira segundo a qual os recursos transformados (materiais, informações e clientes) fluem pela operação. Assim, o arranjo físico do processo de manufatura determina os fluxos de processos e como os recursos transformados percorrem o processo de produção.

O fluxo de material deve ser minimizado para a melhoria do arranjo físico. Com isso tem-se a redução dos custos de transporte e uma maior facilidade na gestão dos processos. Segundo Tompkins (1996), o fluxo de materiais é definido como:

“O movimento progressivo de um produto através dos recursos de produção desde o recebimento de materiais até a expedição do produto acabado, sem paradas devido à quebra de máquinas ou atrasos de produção”.

Assim, o arranjo físico precisa ser caracterizado por fluxos de operações com distância mínima possível, fluxo seguindo uma direção, evitando retornos ou cruzamentos no mesmo equipamento e deve ocorrer de forma clara e concisa.

Segundo Black (1998) e Francischini e Fegyveres (1997), o arranjo físico celular objetiva dispor a indústria em mini fábricas para diferentes famílias de produtos, podendo se considerar para tanto um canteiro de obras como conceito de fábrica, enquanto que para Shingo (1996), possui algumas vantagens, como: maior flexibilidade para atender pedidos em última hora com rapidez; minimização de custos relacionados a desperdícios e estoque; maior transparência de problemas; otimização do potencial humano; maior competitividade; redução do tempo de processo e setup; menor estoque de produto em processo, sendo as principais desvantagens são menor flexibilidade de rota, pois os equipamentos saem dos centros de trabalho e são dispostos em células, que são menos sujeitas às variações de carga de trabalho e menor flexibilidade de produto devido a equipamentos e pessoas se dedicarem à célula diminuindo a capacidade de produzir novos itens.

Em resumo, a melhoria do *layout* permite um fluxo de materiais e informações mais eficientes, torna mais fácil à supervisão, propicia melhorias na qualidade de vida dos colaboradores em consequência do rendimento de seu trabalho, redução de filas, otimização da utilização de máquinas, equipamentos, pessoas e espaço físico, reduzindo custos operacionais e aumentando a produtividade da organização. Hall e Ford (1998), afirmam que o rearranjo físico é capaz de alterar a filosofia de trabalho de toda empresa.

Neste contexto, o objetivo do presente estudo é propor uma melhoria no arranjo físico do canteiro de obras localizado no Oeste do Paraná, com intuito de avaliar a influência da redução de locomoção da mão de obra (armadores, carpinteiros e ajudantes), e consequente melhorar o tempo de execução das atividade e redução no custo direto da edificação.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a disposição do canteiro de obras em relação ao custo da edificação.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Efetuar a implantação de um canteiro de obras para uma obra licitada, comparando os tempos de processos e distâncias percorridas;
- b) Determinar a melhor disposição de materiais, estoques e equipamentos, tendo em vista a melhoria do tempo de processo e distância percorrida;
- c) Inferir o ganho de produtividade com a alteração do canteiro de obra;
- d) Verificar a influência do custo direto da produção ao alterar o *layout* do canteiro.

1.3 JUSTIFICATIVA

Para Ciocchi (2004), um *layout* bem planejado é fundamental para agilizar as atividades, evitar desperdício e garantir segurança aos funcionários, sua padronização é fundamental, no entanto, canteiros diferem-se entre si, já que os implantados nos centros urbanos possuem outras características quando comparados a canteiros situados em áreas de baixa densidade demográfica. Porém, em todos os tipos de canteiros devem ser identificadas as interferências e barreiras que possam impedir uma correta armazenagem e bom fluxo de materiais, pessoas e equipamentos.

Os processos na obra são modificados principalmente após três fases: fundações e início da estrutura: estrutura, elevação de paredes e instalações e finalmente nos acabamentos e fachada. A transição entre essas etapas exige atenção para um melhor aproveitamento de espaços para estocagem de materiais e para equipamentos de movimentação. Enquanto as fases de fundação e de estrutura exigem a aplicação de vários materiais de volume e massa, tais como areia, brita, cimento, aço e concreto, na fase de acabamentos são requeridos materiais de fabricação especial, tais como esquadrias, elevadores e granitos. Cada situação demanda áreas de estocagem e equipamentos de transporte diferentes. Logo o *layout* deve ser um documento vivo, que modifique efetivamente o canteiro em função da fase (CIOCCHI, 2004).

Para Sampaio (1998), a falta de definição das áreas de armazenamento e estocagem causam a diminuição da produtividade, devido ao aumento das distâncias a serem percorridas pelos operários, o que é desperdício. Uma área de estoque superlotada resulta em alteração do fluxo de caixa, obstrução de vias internas de acesso, maior tempo gasto com procura e dificuldades de organização, sendo este desperdício incluso ao custo final de uma obra.

O presente trabalho teve por premissa a condição de se realizar e avaliar o *layout* de um canteiro, assim como sugerir um novo *layout* ao existente em obra licitada (terminal urbano) na região Oeste da cidade de Cascavel-PR, como forma de relacionar o fluxo de processos na influência sobre custos indiretos de uma obra.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual relação de aumento de distância percorrida para execução de uma tarefa, bem como o tempo da atividade, no custo direto de uma obra?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

A implantação adequada de canteiros de obras é essencial na movimentação de pessoas em postos de trabalho e transporte de materiais. Pode-se por meio de análises de fluxos de transporte de materiais e pessoas considerar sua influência no orçamento de uma obra, sendo assim, estudar o *layout* de implantação destes canteiros, visando a equação dos mesmos a uma situação de maior fluidez nesses fluxos, com vista a redução de custos e menor dispêndio de tempo redução da quantidade de transportes inoperantes seria a hipótese de análise proposta.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa limitou-se a proposição de alteração de *layout* para canteiro de obras de obra licitada (terminal de ônibus urbano coletivo) na região Oeste da cidade de Cascavel-PR visando relacionar a melhoria da produtividade alcançada com a proposição de menores distâncias percorridas por funcionários armadores e ajudantes, bem como carpinteiros e ajudantes, e menores tempos de processos.

A avaliação do *layout* foi realizada pelo processo de análise de fluxos, assim como os custos estimados utilizando-se as produtividades úteis e ociosas (tempo de deslocamento) para a realização dos serviços de carpintaria e armação do projeto, com base nos índices de produtividade da TCPO e custos da SINAPI.

CAPÍTULO 2

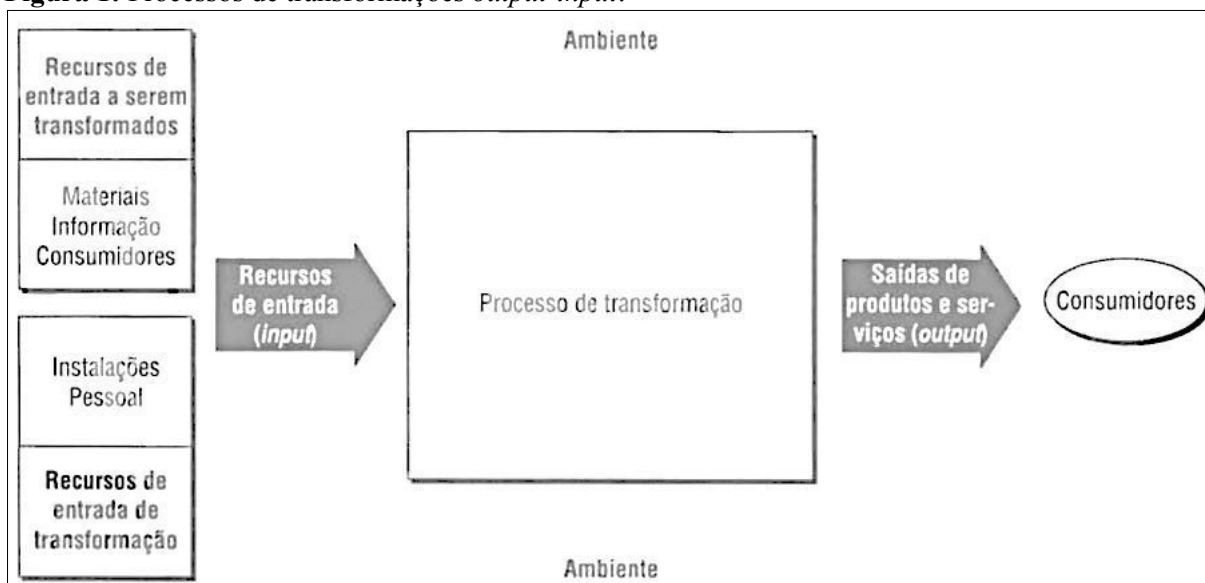
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é abordado o conceito projeto de produtos e processos, fluxo de processo, *layout* e canteiro de obras, visando a avaliação do custo dos mesmos na orçamentação da obra.

2.1.1 Processos produtivos

Slack *et al.* (2002), ressalta que, qualquer operação produz bens ou serviços, ou um misto dos dois e faz isso por um processo de transformação, por transformação concebe-se o uso de recursos para mudar o estado ou condição de algo (*input*) para produzir resultados (*output*) conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1: Processos de transformações *output-input*.



Fonte: Slack *et al.*, 2002.

Na construção civil conforme Moro (2015), podem ser considerados *inputs* – engenheiros, arquitetos, empreiteiros e fornecedores e toda matéria-prima necessária e *outputs* – o processo de transformação que resulta na construção. A concepção do produto na construção civil, tem por premissa o atendimento à requisitos inerentes à ela como: o canteiro de obras (item 2.1.3), projetos de produto e processo (item 2.1.4) e *layout* (item 2.1.5.2), esta concepção

estará conectada ao atendimento a um orçamento apazível e que comporte as exigências cabíveis.

Parte representativa do orçamento de uma obra pode estar ligada ao custo com transporte de materiais entre processos e ao canteiro de obras, logo, segundo Moro (2015) a logística pouco desenvolvida, juntamente com um *layout* mal organizado são as principais causas de ineficiência produtiva em um canteiro de obras. A compreensão da logística como aperfeiçoamento do processo produtivo será tratada em item 2.1.1 .

2.1.2 Canteiro de obras

O canteiro de obras é o conjunto de áreas destinadas a execução e apoio aos trabalhadores da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência (ABNT, 1991). De acordo com Moro (2015, *apud* Frankenfeld 1990), o arranjo físico de trabalhadores, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e estocagem são aspectos referentes ao *layout* do canteiro.

Saurin (1997), afirma que a idealização do *layout* e da logística das instalações provisórias, instalações de movimentação e armazenamento de materiais e instalações de segurança são aspectos do planejamento do canteiro de obras e ressalta a importância do planejamento da obra ser realizado antecipadamente ao início da mesma, obedecendo a uma abordagem sistemática, a fim de integrá-lo ao planejamento e programação global das construções.

Moro (2015), estabelece que o projeto de canteiro de obras visa obtenção a melhor organização dos elementos a serem empregados no empreendimento em função de materiais, equipamentos, instrumentos e postos de trabalho, e buscando-se adequar as diferentes fases da obra, em busca de otimização dos espaços e o tempo de produção.

Segundo Nascimento *et. al.* (2000), aplicando-se a construção civil conceitos de engenharia industrial tem-se a aplicação naquela o estudo de projeto de produtos e processos, estando também a logística, bem como organização da produção, intimamente ligadas a modernização do setor de construção.

2.1.3 Logística na construção civil

A conceituação de Silva e Cardoso (1998), para logística em construção civil designa a mesma como um processo multidisciplinar, aplicado a uma determinada obra, que visa garantir o abastecimento, armazenamento, processamento e a disponibilização de recursos materiais nas frentes de trabalho, bem como o dimensionamento das equipes de produção e a gestão dos fluxos físicos de produção, por meio de atividades de planejamento, organização. Tendo como principal suporte o fluxo de informações, sendo que, estas atividades poderão passar tanto antes do início da execução da obra em si, quanto ao longo dela.

A logística em suas várias facetas compõe junto a outras áreas da construção civil parte do custo de um produto ou serviço prestado, logo, para Araújo *et. al.* (2013), com uma logística eficiente é possível aumentar a produtividade pela integração de atividades que se apresentam isoladas, extraindo do processo produtivo atividades que não agregam valor ao produto final.

A utilização de gestão industrial em processos produtivos de construção civil, podem representar ganho em produtividade e redução de custo, portanto Silva e Cardozo (2000), dispõem sobre gestão da logística de canteiros como “estudos de preparação” e “projeto de canteiros”, sendo, estudos de preparação correspondentes ao período dedicado a previsão antecipada dos principais problemas que poderão ocorrer em obra e o projeto de canteiros visando definição dos parâmetros (localização de áreas de trabalho fixas e temporárias, vias de circulação necessárias ao desenvolvimento de operações de apoio e afins) a serem adotados para a produção do empreendimento.

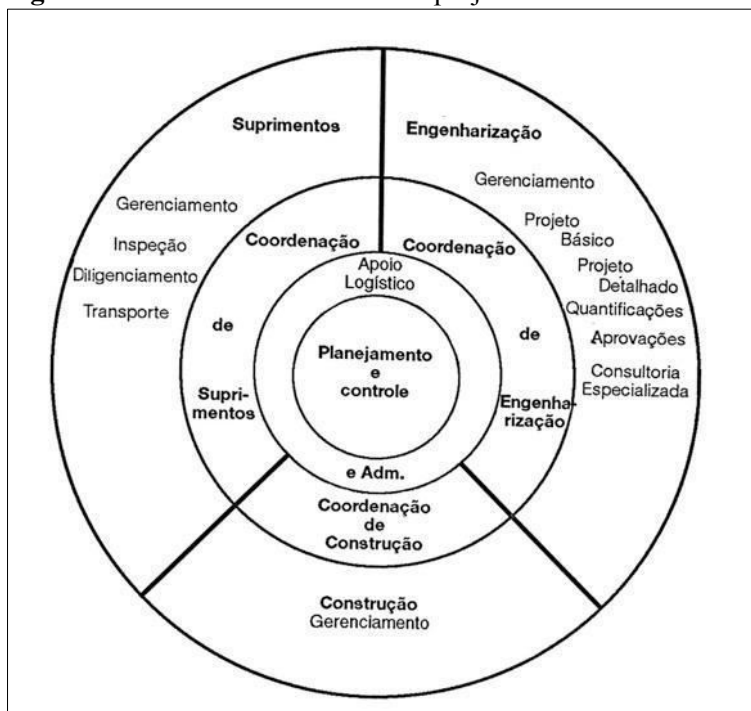
Entender os componentes que formadores de fluxos de processos em obras de construção civil, tornar-se primordial na gestão de custos, para alocação adequada de recursos, materiais e componentes em um canteiro. Limmer (1996) frisa que a fase de suprimentos em um empreendimento é aquela que cuida de suprir a obra com todos os insumos necessários à sua execução, configurando-se aqui a mão de obra, os materiais e os equipamentos incorporados ao projeto, bem como os equipamentos de construção necessários a execução da obra, fase essa imprescindível a análise do projeto do produto e análise do processo.

2.1.4 Projeto de produto e processo

Um projeto pode ser definido como um empreendimento singular, com objetivo ou objetivos bem definidos, a serem materializados segundo um plano preestabelecido e dentro de condições de prazo, custo, qualidade e risco previamente definidas (LIMMER, 1996).

Segundo Novaes (1998), cabe à distinção de dois conceitos para projeto. Um conceito estático, referente a projeto como produto, constituído por elementos gráficos e descritivos. E outro conceito, dinâmico, que confere ao projeto um sentido de processo, através do qual as soluções são elaboradas e compatibilizadas. Segundo estes conceitos, o projeto assume um caráter tecnológico e outro gerencial, conforme Figura 2.

Figura 2: Atividades básicas de um projeto.



Fonte: Limmer, 1996.

2.1.4.1 Projeto de processo

O planejamento do processo de projeto consiste assim da aplicação de um método que permita estabelecer previamente os elementos-chaves que condicionam os resultados a serem atingidos, o projeto para produção deve ter enfoque no aumento da produtividade, na organização do trabalho e no controle de qualidade (SILVA e SOUZA, 2003; NOVAES, 1998).

O projeto de produção definido é definido por Melhado (1994), como o conjunto de elementos de projetos elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de disposição e sequência de atividades de obra e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e evolução do canteiro de obras.

2.1.4.1.1 Fluxos de processos

Perlingeiro (2005), entende que o objetivo da análise de processos é a previsão de comportamento físico de um processo, consistindo em antecipá-lo, analisando seu comportamento após montado e colocado em operação. A avaliação consiste em verificar o se o comportamento previsto atenderá as especificações do projeto e a previsão do comportamento econômico consiste em antecipar a lucratividade do processo, utilizando modelo econômico.

Os fluxos de processos podem ser compreendidos como fluxos físicos reiterado por Alves (2000), como sendo o planejamento e análise da tarefa de produção em obras de construção civil, podendo os mesmos dividir-se em: materiais e mão de obra:

- Materiais – planejamento de aquisição, alocação temporal e espacial, distribuição e movimentação de insumos no canteiro além na sua utilização nos postos de trabalho;
- Mão de obra – organização das equipes de trabalho dentro do canteiro, designação de tarefas, melhor sequência de execução de processo, em observância aos princípios de boas técnicas de fabricação e capacidade produtiva da equipe de trabalho.

Para a melhoria do arranjo físico produtivo é preciso minimizar custos de movimentação e facilitar a gestão de todo o processo. De acordo com Sims (1996), a melhor movimentação de material é não movimentar. Portanto o *layout* sendo ele de um canteiro de obras ou fabril deve apresentar certas características, tais como, fluxos de operações com distância mínima possível, fluxo seguindo única direção, evitando-se retornos no mesmo equipamento e ocorrência de forma clara e concisa.

Ao dar enfoque ao fornecimento de materiais a um canteiro de obras faz-se necessário a utilização de ferramentas de gestão em logística de suprimentos, para Alves (2000), esta especifica os recursos e o planejamento de suprimentos, a emissão e transmissão de pedidos de aquisição, o transporte de recursos até a obra e seu recebimento e manutenção dos suprimentos

planejados. A movimentação de materiais poderá ser otimizada via melhoria do fluxo de atividades aplicando-se por exemplo, a diminuição da quantidade de atividades necessárias para realização de uma tarefa, a redução do número de transportes necessários com a consequente aumento da velocidade das operações.

Na otimização de fluxos físicos para materiais deverão ser analisadas: a mão de obra utilizada na movimentação, as interrupções de trabalhos programadas ou não e o número de manuseio de operações. A estrutura propositiva de um sistema de movimentação de materiais pode ser representada via fluxograma de processos como prevê Perlingeiro (2005), em mecanismos da Engenharia de Processos.

2.1.4.1.2 Fluxograma e mapa-fluxograma

O fluxograma consiste no processo de análise das atividades de inspeção, armazenamento, processamento, transporte e espera. A partir de tal análise, podem-se avaliar as diversas alternativas de transporte existentes, além de obter dados das partes que se desejaria ter mais próximas entre si e assim escolher a com melhor desempenho (SILVA e CARDOSO, 2000).

Segundo Batista *et al.* (2006), o fluxograma auxilia na melhoria dos arranjos físicos tendo a função e apresentar o processo de forma resumida com o auxílio de símbolos, necessitando da existência de uma sequência lógica das atividades produtivas constituintes do processo.

A melhoria do arranjo físico poderá ser realizada utilizando-se o mapa-fluxograma, que permite estudar as condições de movimentação física de um determinado processo através de uma visão espacial do mesmo. De acordo com Barnes (1977), o mapa-fluxograma indica a movimentação física de um item por meio dos centros de manufatura arranjado no *layout* de uma instalação produtiva, adotando uma sequência ou rotina fixa. É usado quando existe interesse em avaliar os tipos de atividades concretizadas nos centros de trabalho por onde passam os itens em processamento; para isso, desenharam-se, sobre as linhas, junto a cada centro de trabalho, símbolos gráficos e simbologias normatizados pela *American Society Mechanical Engineers* (ASME) (SIMCSIK, 1992).

A simbologia utilizada nos fluxogramas e mapa-fluxogramas é padronizada pela (ASME), e alguns símbolos são representados na Tabela 1.

Tabela 1: Simbologia fluxograma (ASME).

Símbolo	Atividade	Definição da Atividade
	Operação	Significa uma mudança internacional de estado, forma, ou condição sobre um material ou informação, como: montagem, desmontagem, transcrição, fabricação, embalagem, processamento, etc.
	Transporte	Movimento de um objeto ou de um registro de informação de um local para outro, exceto os movimentos inerentes à operação ou inspeção.
	Demora ou Espera	Quando há um lapso de tempo entre duas atividades do processo gerando estoque intermediário no local de trabalho e que para ser removido não necessita de controle formal.
	Armazenamento	Retenção de um objeto ou de um registro de informação em determinado local exclusivamente dedicado a este fim e que para ser removido necessita de controle formal.

Fonte: Simcsik, 1992.

2.1.4.2 Projeto de produto

Como produto da construção civil temos as obras edificadas, e conforme delimita Moro (2015, *apud* Arrotéia *et. al.*, 2014), a indústria da construção se comporta de forma fragmentada devido a organização de etapas isoladas, nas quais os processos de projeto e execução são desenvolvidos separadamente por diferentes agentes, com suas responsabilidades, objetivos e metas, em prazos diferentes, portanto, faz-se necessário detalhamento preciso afim de evitarem-se variáveis do que possam vir a serem mal executadas durante a elaboração do produto.

2.1.5 Projeto de canteiro

O projeto de canteiro de obras é definido por Moro (2015, *apud* Ferreira e Franco 1998), como o serviço integrante do processo de construção, responsável pela definição do tamanho, forma e localização das áreas de trabalho, fixas e temporárias, e das vias de circulação, necessárias ao desenvolvimento das operações de apoio e execução, durante cada fase da obra, de forma integrada e evolutiva, de acordo com o projeto de produção do empreendimento, oferecendo condições de segurança, saúde e motivação aos trabalhadores e, execução racionalizada dos serviços.

Ainda por Moro (2015, *apud* Oliveira, 2001), a definição das fases do canteiro de obras deve ser feita com base nos seguintes itens:

- a) Os anteprojetos arquitetônicos;
- b) Metas;

- c) Requisitos e diretrizes;
- d) Condicionantes da produção;
- e) Processo construtivo;
- f) Plano de ataque;
- g) Cronograma de materiais e mão de obra;
- h) Principais marcos existentes que impliquem em alterações substanciais no *layout*.

A interdependência entre projetos de produtos e produção, está relacionado ao fluxo de informações nas diversas etapas do processo, fator este que norteará os processos construtivos, onde deverão ser realizadas as conexões destes ao cronograma de mão de obra e materiais, sendo estes diferenciados elementos fundamentais à logística eficiente de um canteiro. (MORO, 2015 *apud* OLIVEIRA, 2001).

Silva e Cardoso ressaltam (2000), que o planejamento dos espaços físicos não se restringe em produzir plantas onde cada elemento deve ficar no canteiro de obras, ele deve determinar sequências das atividades, procurar resolver conflitos existentes, modificando o que for necessário para garantir andamento aos serviços.

Moro (2015, *apud* Oliveira, 2001), resalta que é necessário definir as fases de um projeto de canteiro de obras por meio de itens: anteprojeto arquitetônico; metas; requisitos e diretrizes; condicionantes de produção; processo construtivo; plano de ataque; cronograma de materiais e mão de obra; marcos existentes que implicarão em alterações substanciais do *layout*. Pois o desempenho do projeto estará relacionado ao projeto de produto e processo.

2.1.5.1 Tipos de canteiros

Cada projeto caracteriza-se por apresentar diferentes métodos construtivos, diferentes áreas disponíveis e condições de terreno, onde então ter-se-ão diferentes tipos de canteiros, sendo os principais caracterizados por Moro (2015, *apud* Saurin e Formoso, 2006) como canteiros restritos com alto índice de ocupação de terreno, e com acesso restrito; amplos com construção ocupando uma parcela relativamente pequena do terreno, com fácil acesso de veículos e pessoas, e longos e estreitos com restrição em apenas uma extremidade, de difícil acesso devido ao número reduzido de entradas.

Alguns itens frisa Oliveira (2001), são primordiais nas fases de organização do terreno objetivando adequar o *layout* do canteiro a cada modificação do processo construtivo onde

requerem-se materiais, equipamentos e métodos específicos de trabalho, sendo eles: execução de pavimentação de periferia, instalação de grua, início de serviço de alvenaria, início de serviço de revestimento, instalação de elevadores permanentes, retirada de elevadores provisórios, término de serviços com argamassas. Existem variações de tipos de *layout* de canteiro de obras e segundo Moro (2015 *apud* Illingworth *apud* Saurin e Formoso, 2006) eles podem ser restritos – com alto índice de ocupação de terreno, e com acesso restrito, encontrados em áreas centrais de cidades, com entorno do empreendimento já ocupado; amplos – com construção ocupando uma parcela relativamente pequena do terreno, com fácil acesso de veículos e pessoas, proporcionando amplos ambientes de armazenamento de materiais, facilmente encontrados em grandes construções (hidrelétricas, barragens, plantas industriais).

2.1.5.2 *Layout*

Por definição entende-se *layout* como a disposição de uma estrutura em um plano de observação, podendo ela ser física, materiais, estações de trabalho. Frankenfeld (1990), define *layout* como toda disposição física de homens, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e de estocagem, representando desta forma a disposição racional das diferentes tarefas da construção.

Os arranjos físicos são formados por centro de atividades, podendo estes ser maquinário, estoque, postos de trabalho, transpasses, local de refeição ou uma portaria. Moro (2015, *apud* Saurin, 1997), explicita quais critérios devem nortear a definição destes centros, tais como: definir local de armazenamento de materiais, instalações provisórias, atividades de produção (aço, argamassas, fôrmas); mínimo de espaço necessário para se garantir a capacidade produtiva em relação ao centro de atividade; disposição de objetos, estruturas ou materiais componentes do centro de atividade; onde alocar o centro analisando a interdependência entre estes.

Para Neto (2014), projetar-se canteiros adequadamente gerará vantagens em fluxos de materiais contínuos, reduzir transportes e movimentos, reduzir perdas e desperdício de insumos, integrar elementos de obra, aumentar produtividade, aumentar a flexibilidade buscando atender mudanças que ocorrerão ao longo do período de execução da obra.

2.1.6 Orçamentação

O orçamento de obras como considera Mattos (2006), é a descrição de todos os insumos, devidamente quantificados e multiplicados pelos respectivos custos unitários, acrescidos das despesas indiretas – cuja somatória define o custo total, ou seja, o desembolso do construtor, mais o lucro e os impostos, gerando então o preço total, que é quanto irá receber.

2.1.6.1 Custos diretos e indiretos

Para Teresinho (2014, *apud* Tisaka, 2009), o custo direto é o resultado de todos os custos unitários para a construção de um empreendimento, obtidos pela aplicação dos consumos dos recursos sobre os preços de mercado, multiplicados pelas respectivas quantidades, mais os custos da infraestrutura necessários para a realização da obra.

Desta forma, o mesmo autor divide os custos diretos em:

- a) Custo direto propriamente dito, composto pela soma de todos os gastos que fazem parte do objeto principal do contrato (a construção em si), representada pelo mapa de custos unitários;
- b) Custo indireto, composto por serviços auxiliares (infraestrutura) que possibilite a execução do objeto do contrato (canteiro, alojamentos, mobilização e desmobilização, administração local, etc.).

Ainda para Teresinho (2014, *apud* Tisaka 2009), é indispensável conhecer qual o consumo dos materiais a serem utilizados para a tarefa em causa, multiplicados pelo preço unitário de mercado. O mesmo acontece para o recurso equipamento, que deverá ser representado pelo número de horas necessárias à execução da atividade, multiplicado pelo custo horário de funcionamento. Nota-se que os consumos associados a cada recurso podem ser obtidos através de Tabelas de composição de custos do ramo da construção, existentes no mercado como a Tabela de Composição de Preços Orçamentários (TCPO) e a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

2.1.6.2 Influência dos custos indiretos

Segundo TCPO (2010), os custos indiretos são todos os custos envolvidos necessários para a produção do objeto. Podendo chamar também de custos de infraestrutura necessária para a produção do objeto contratado, seja edificação, construção de estradas, usinas.

Para Nogueira (2010), no que diz respeito ao custo do canteiro, considera-se que se encontra incluído a preparação do terreno para a instalação do canteiro, a construção/montagem dos escritórios técnicos e administrativos, alojamentos, vestiários, sanitários, refeitório, ferramentaria, etc. Os custos de mobilização e desmobilização referem-se ao transporte, carga e descarga de materiais para a montagem do canteiro e dos equipamentos fixos de obra.

Considerando o custo de movimentação de materiais, postos de trabalho e o custo de homem-hora para cada tipo de função desenvolvida na obra (marcenaria, ferragens e outros), poder-se-á avaliar a distância percorrida juntamente a velocidade de execução de cada tarefa, ao considerar as velocidades de execução de determinadas tarefas presentes no canteiro, poder-se-á realocar ou redefinir os locais de armazenamento e produção de itens a fim de que se possam reduzir os tempos de percursos ou aumentar a velocidade de execução de determinada atividade, buscando por meio disto, reduzir-se custos através de aumento de velocidade de produção ou redução de tempo de obra.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

A metodologia levou em consideração qual o tipo de construção ou estrutura a ser realizada, avaliando as atividades de: carpintaria para produção de fôrmas e armação para produção de armaduras para pilares, sendo o foco principal do estudo relacionar essas atividades, por serem os principais componentes executados neste tipo de obra (terminais urbanos de transbordo de passageiros). Analisou-se a fase inicial da obra com montagem de canteiro e execução de tarefas (fôrmas e armação) após a execução mesmo.

3.1.1 Caracterização da amostra

Visitou-se a obra de terminal urbano licitado na região Oeste da cidade de Cascavel-PR e realizou-se inspeção visual identificando os locais de execução de tarefas como: área de ferragens, área de marcenaria.

Realizou-se a transferência digital do visualizado por meio de *software AutoCad®*, definiu-se a planta baixa do canteiro de obras, identificando-se os fluxos de processos existentes e possíveis otimizações de local de armazenagem e trabalho (carpintaria e armaduras), levando em consideração a distância dos mesmos aos pontos de execução de pilares, em seguida realizou-se a prospecção de novo *layout* otimizando ou melhorando os fluxos apresentados.

Na avaliação do local e tipo de obra (terminal urbano de transporte coletivo), observou-se a execução das atividades de execução de pilares (armaduras e fôrmas), componentes presentes neste tipo de obra – devido a sua utilização terminal de carga e descarga de passageiros no perímetro urbano –, sendo que a estrutura deve atender a necessidade de dar conforto ao usuário, tendo-se em consideração o embarque e desembarque em local com cobertura contra intempéries e facilidade de locomoção do usuário de um ônibus a outro em seu transbordo.

As Figuras 3 e Figuras 4 representam as vistas frontal e lateral do terminal urbano a ser construído na região Oeste da cidade de Cascavel-PR. O ANEXO A apresentou a disposição de planta baixa dos pilares contidos na obra.

Tabela 2: Simbologia fluxograma (ASME).

Símbolo	Atividade	Definição da Atividade
	Operação	Significa uma mudança internacional de estado, forma, ou condição sobre um material ou informação, como: montagem, desmontagem, transcrição, fabricação, embalagem, processamento, etc.
	Transporte	Movimento de um objeto ou de um registro de informação de um local para outro, exceto os movimentos inerentes à operação ou inspeção.
	Demora ou Espera	Quando há um lapso de tempo entre duas atividades do processo gerando estoque intermediário no local de trabalho e que para ser removido não necessita de controle formal.
	Armazenamento	Retenção de um objeto ou de um registro de informação em determinado local exclusivamente dedicado a este fim e que para ser removido necessita de controle formal.

Fonte: Simcsik, 1992.

Para a identificação do fluxo de materiais e operações dos produtos (ferragens, fôrmas e armazenamento de materiais), elaborou-se o diagrama de fluxo do processo para os serviços de armadura (corte e dobra com montagem) e para o serviço de execução e montagem de fôrmas para os pilares.

Segundo o mapa-fluxograma, os postos de trabalhos são arranjados de maneira a manter um fluxo natural seguindo a sequência produtiva. Para a melhoria do arranjo físico produtivo é preciso minimizar custos de movimentação e facilitar a gestão de todo o processo. Portanto, o *layout* deve apresentar algumas características, tais como fluxos de operações com distância mínima possível, fluxo seguindo uma direção, evitando retornos ou cruzamentos no mesmo equipamento e deve ocorrer de forma clara e concisa

A Tabela 3 apresenta o fluxo de processos determinado para a produção das armaduras enquanto que a Tabela 4 apresenta o fluxo para a produção das fôrmas. Os fluxos e distâncias foram verificados pelo autor *in loco*.

Tabela 3: Diagrama de fluxo de processos para armadura dos pilares de um terminal de passageiros.

Processo: Produção de armação para pilares		Local: obra do terminal urbano região Oeste – Cascavel-PR	
Produto: armação de pilar		Analista: Gustavo A. Alves	
Nº	Descrição da atividade	Tipo de atividade	Distância percorrida (m)
1	Separar e apanhar matérias-primas (arames finos e espessos)	○ ⇒ D ▽	
2	Levar matérias-primas para a máquina de cortar (arames finos e espessos)	○ ⇒ D ▽	1,5
3	Medir e cortar matérias-primas (arames finos e espessos)	○ ⇒ D ▽	
4	Levar arames espessos para máquina de dobrar	○ ⇒ D ▽	0,9
5	Levar arames finos para bancada de dobra e montagem	○ ⇒ D ▽	1,2
6	Dobrar arames espessos na máquina de dobra	○ ⇒ D ▽	
7	Levar os arames espessos dobrados à bancada de montagem	○ ⇒ D ▽	1,5
8	Montar na bancada o pilar com os arames finos e espessos dobrados	○ ⇒ D ▽	
9	Levar o pilar ao local de anexação do pilar a fundação	○ ⇒ D ▽	Variável conforme Tabela específica de configuração de pilares
10	Fixar a armadura a fundação	○ ⇒ D ▽	

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 4: Diagrama de fluxo de processos para fôrmas dos pilares de um terminal de passageiros.

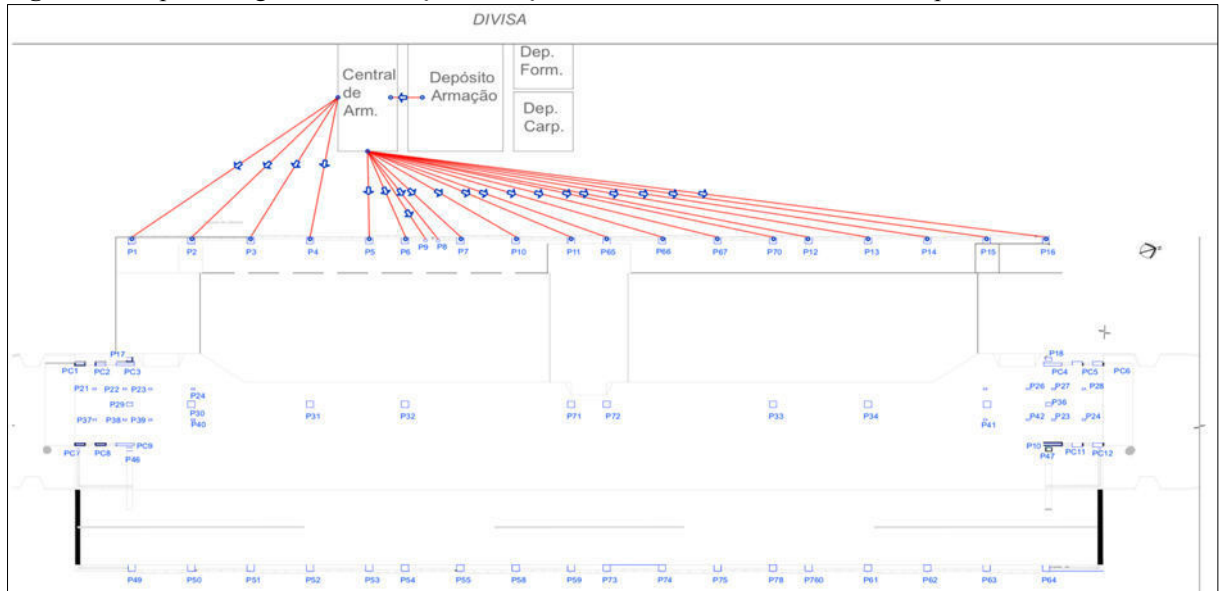
Processo: Montagem de fôrmas para pilares		Local: obra do terminal urbano região Oeste – Cascavel-PR	
Produto: fôrmas de pilar		Analista: Gustavo A. Alves	
Nº	Descrição da atividade	Tipo de atividade	Distância percorrida (m)
1	Separar e apanhar matérias-primas (madeiras, pregos)	○ ⇒ D ▽	
2	Levar matérias-primas para a bancada de corte	○ ⇒ D ▽	1,0
3	Medir e cortar matérias-primas (madeiras principais e pontaletes)	○ ⇒ D ▽	
4	Executar emendas ou engastes	○ ⇒ D ▽	
5	Levar as faces montadas ao local de engastes as demais faces	○ ⇒ D ▽	Variável conforme Tabela específica de configuração de pilares
6	Escorar duas faces das fôrmas dos pilares	○ ⇒ D ▽	
7	Fixar pontaletes e junções	○ ⇒ D ▽	
8	Engastar as faces	○ ⇒ D ▽	

Fonte: Autor, 2018.

Os *layouts* originais foram elaborados com base nas atividades principais de separação, montagem, medição, corte que serão realizadas, conforme a disposição atual dos locais de produção da obra e montagem de formas – medição, serragem, e conexão com parafusos e pregos das partes em madeira.

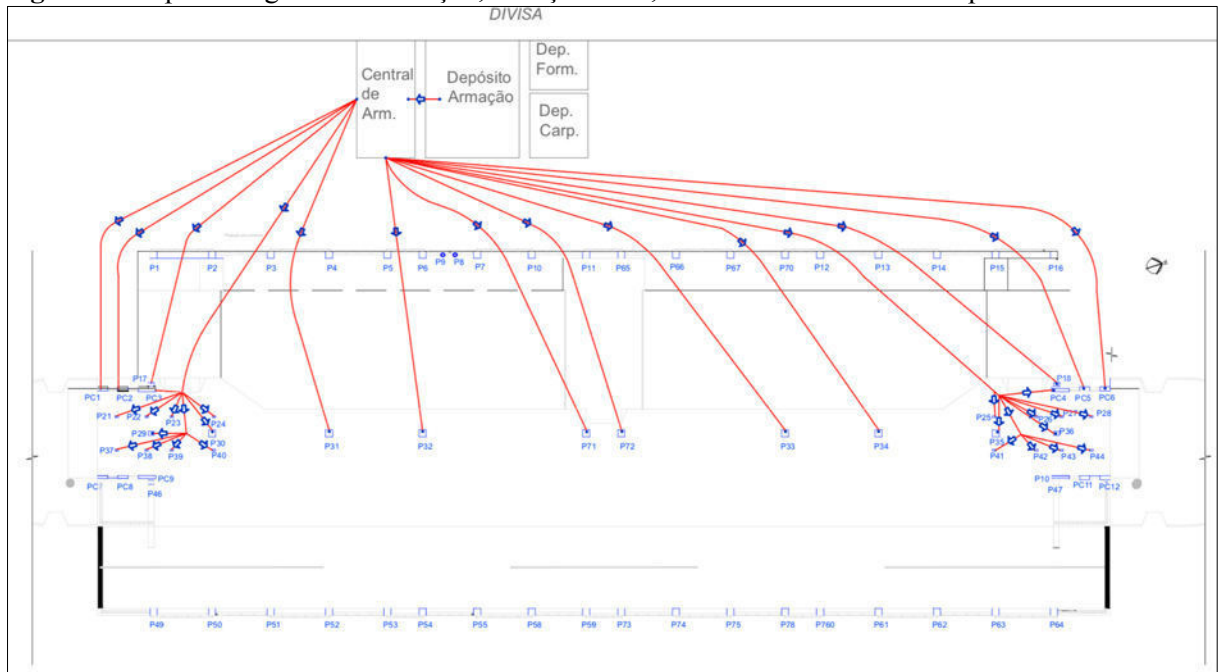
É representado nas Figuras de 5 à 7 a situação atual do canteiro da obra de terminal urbano, para a produção de armações, já nas Figuras de 8 à 10 para montagem de fôrmas, de onde se verificam o mapa-fluxograma apresentado, separado a fim de melhor visualização por alinhamento de pilares, para principais atividades realizada na obra.

Figura 5: Mapa-fluxograma da armação, situação atual, conforme alinhamento de pilares do P01 à P16.



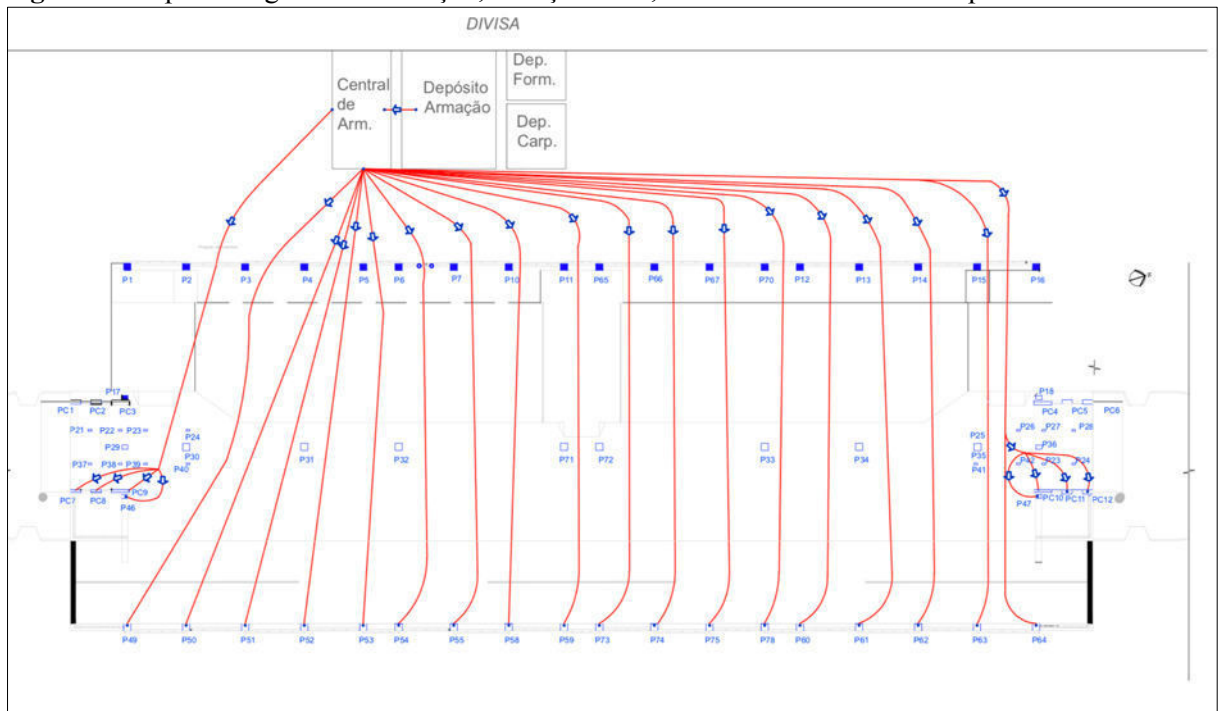
Fonte: Autor, 2018.

Figura 6: Mapa-fluxograma da armação, situação atual, conforme alinhamento de pilares do P19 à P54.



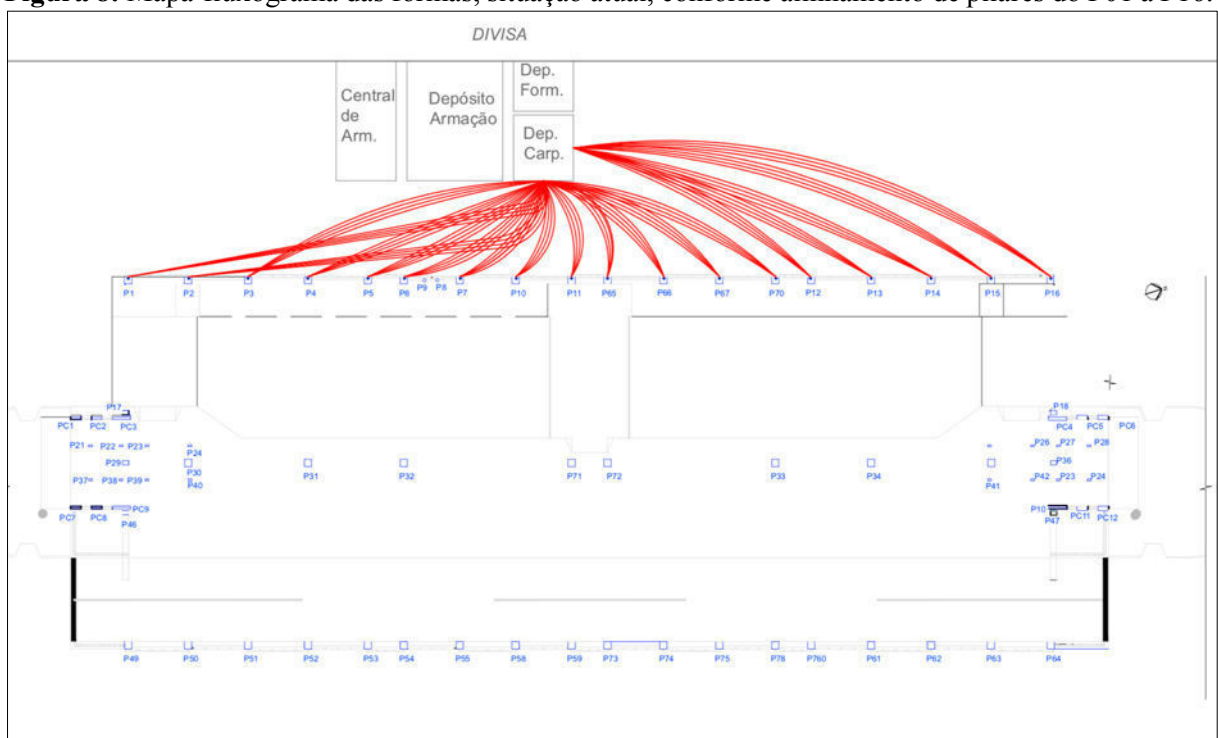
Fonte: Autor, 2018.

Figura 7: Mapa-fluxograma da armação, situação atual, conforme alinhamento de pilares do P34 à P51.



Fonte: Autor, 2018.

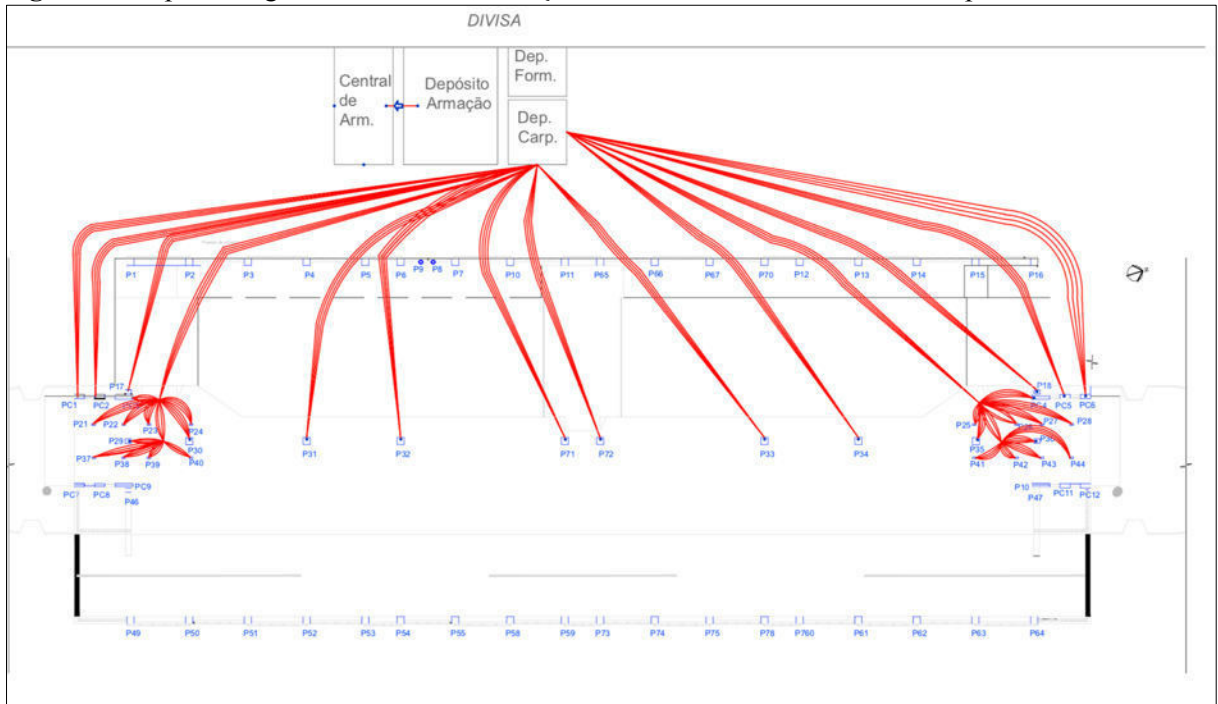
Figura 8: Mapa-fluxograma das fôrmas, situação atual, conforme alinhamento de pilares do P01 à P16.



Obs.: Percursos considerados em sentido duplo.

Fonte: Autor, 2018.

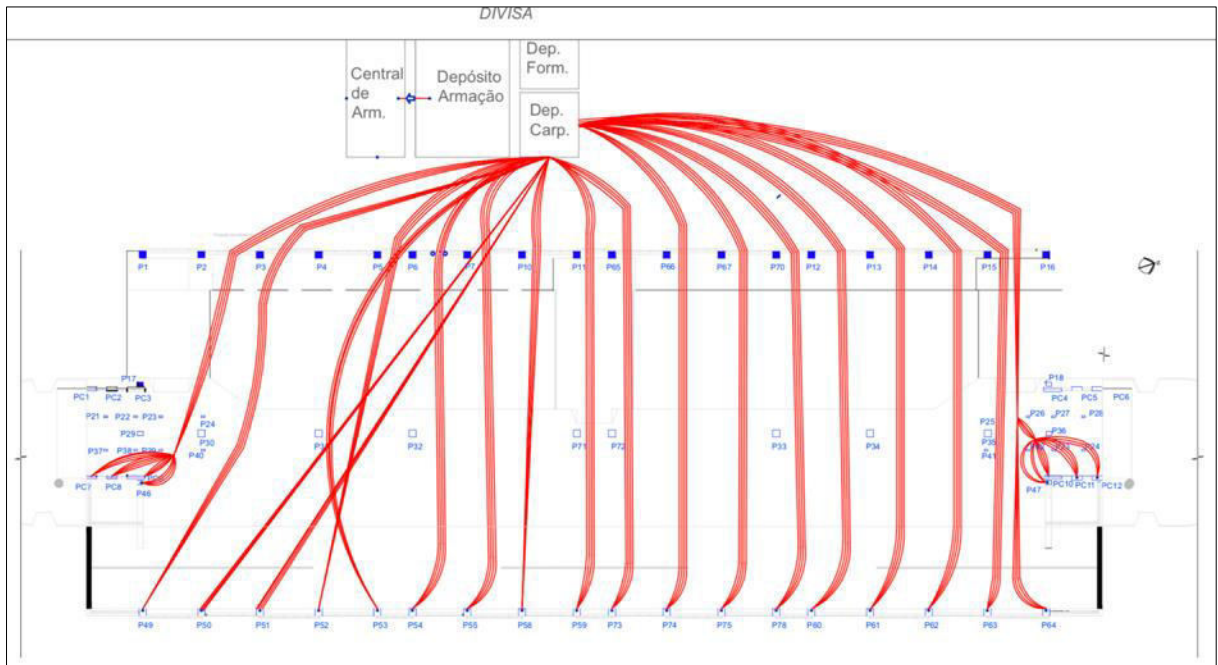
Figura 9: Mapa-fluxograma das fôrmas, situação atual, conforme alinhamento de pilares do P19 à P54.



Obs.: Percursos considerados em sentido duplo.

Fonte: Autor, 2018.

Figura 10: Mapa-fluxograma das fôrmas, situação atual, conforme alinhamento de pilares do P34 à P51.



Obs.: Percursos considerados em sentido duplo.

Fonte: Autor, 2018.

Para os percursos de montagem de fôrmas realizou-se adaptação de simbologia ASME para facilitação da visualização, sendo considerados os percursos em duplicidade, ou seja, cada

linha representa um caminho de ida e volta, pois, as fôrmas são levadas peça à peça, havendo necessidade de quatro peças para a montagem de um pilar.

3.1.2 Coleta de dados

3.1.2.1 Composição de deslocamento

Relacionou-se o tempo de trabalho de cada função em sua determinada tarefa para execução com a distância a ser percorrida pelo trabalhador, donde poderá ser calculada a velocidade de execução de cada atividade pela Equação 1.

Equação 1: Equação unitária de produção.

$$v = \frac{d}{t} \quad (1)$$

Onde:

v = velocidade [m/h];

d = distância [m];

t = tempo [h].

Considerando as distâncias dos *layouts* iniciais e a Equação 1 foram determinadas as velocidades de deslocamentos para execução das armaduras para o grupo de pilares de 3,85m na Tabela 5 e para os pilares de 5,25m na Tabela 6.

Tabela 5: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos armadores para execução dos pilares de 3,85m.

Pilar	Tempo (h)	Distância (m)	Velocidade (m/h)
P1	6	26,78	4,46
P2	6	23,00	3,83
P3	6	20,03	3,34
P4	6	18,31	3,05
P5	6	13,10	2,18
P12	6	43,04	7,17
P13	6	47,99	8,00
P14	6	52,91	8,82
P15	6	57,94	9,66
P16	6	62,79	10,47
P49	6	49,66	8,28
P50	6	46,35	7,73
P51	6	44,82	7,47
P52	6	43,88	7,31
P53	6	43,77	7,30
P60	6	80,03	13,34
P61	6	84,27	14,05
P62	6	87,93	14,66
P63	6	93,15	15,53
P64	6	53,62	8,94

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 6: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos armadores para execução dos pilares de 5,25 m.

Pilar	Tempo (h)	Distância (m)	Velocidade (m/h)
P6	9	13,71	1,52
P7	9	16,31	1,81
P10	9	19,99	2,22
P11	9	24,01	2,67
P54	9	45,85	5,09
P55	9	48,94	5,44
P58	9	52,62	5,85
P59	9	58,34	6,48
P65	9	26,77	2,97
P66	9	31,71	3,52
P67	9	35,63	3,96
P70	9	40,21	4,47
P73	9	63,47	7,05
P74	9	66,80	7,42
P75	9	71,80	7,98
P78	9	75,39	8,38

Fonte: Autor, 2018.

A média de velocidades para a execução da atividade de armação de pilares de 3,85m é dada pela Equação 2.

Equação 2: Velocidade média de execução da armadura pilares de 3,85m.

$$v_{m_1} = \frac{\text{soma das velocidades}}{\text{número de pilares}} = \frac{165,56}{20} = 8,28 \text{ m/h} \quad (2)$$

A média de velocidades para a execução da atividade de armação de pilares de 5,25m é dada pela Equação 3.

Equação 3: Velocidade média de execução da armadura pilares de 5,25m.

$$v_{m_2} = \frac{\text{soma das velocidades}}{\text{número de pilares}} = \frac{76,84}{16} = 4,8 \text{ m/h} \quad (3)$$

Sabendo-se que para realizar o cálculo geral da média em espaço percorrido dever-se considerar um somatório de médias de velocidades dos dois tipos de pilares produzidos então a velocidade média de execução da armadura é dada pela Equação 4.

Equação 4: Velocidade média de execução da armadura de todos os pilares.

$$v_{m_r} = \frac{v_{m_1} + v_{m_2}}{2} = \frac{8,28 + 4,8}{2} = 6,54 \text{ m/h} \quad (4)$$

Considerando as distâncias dos *layouts* iniciais e a Equação 1 foram determinadas as velocidades de deslocamentos para a execução das fôrmas do grupo de pilares de 3,85m na Tabela 7 e para os pilares de 5,25m na Tabela 8.

Tabela 7: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos carpinteiros para execução dos pilares de 3,85m.

Pilar	Tempo (h)	Distância (m)	Velocidade (m/h)
P1	8	590,80	73,85
P2	8	531,88	66,49
P3	8	419,16	53,40
P4	8	339,76	42,47
P5	8	268,68	35,59
P12	8	364,04	45,50
P13	8	435,24	54,40
P14	8	509,64	63,70
P15	8	577,96	72,25
P16	8	676,16	84,52
P49	8	924,80	115,16
P50	8	777,80	97,23
P51	8	731,84	91,48
P52	8	758,44	94,80
P53	8	766,84	95,86
P60	8	921,48	115,16
P61	8	993,52	124,19
P62	8	1069,52	133,69
P63	8	1110,44	138,80
P64	8	1190,32	148,79

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 8: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos carpinteiros para execução dos pilares de 5,25 m.

Pilar	Tempo (h)	Distância (m)	Velocidade (m/h)
P6	14	232,44	16,60
P7	14	177,60	12,69
P10	14	144,92	10,35
P11	14	145,76	10,41
P54	14	711,24	50,80
P55	14	678,52	48,47
P58	14	631,52	45,10
P59	14	642,12	45,87
P65	14	176,88	12,63
P66	14	213,12	15,22
P67	14	273,00	19,50
P70	14	240,60	24,33
P73	14	680,52	48,60
P74	14	720,80	51,48
P75	14	794,36	56,74
P78	14	811,08	57,93

Fonte: Autor, 2018.

A média de velocidades para a execução da atividade de fôrmas dos pilares de 3,85m é dada na Equação 5.

Equação 5: Velocidade média de execução da fôrma de pilares de 3,85m.

$$v_{m_1} = \frac{\text{soma das velocidades}}{\text{número de pilares}} = \frac{1747,33}{20} = 87,37 \text{ m/h} \quad (5)$$

A média das velocidades para a execução da atividade de fôrmas dos pilares de 5,25m é dada na Equação 6.

Equação 6: Velocidade média de execução da fôrma pilares de 5,25m.

$$v_{m_2} = \frac{\text{soma das velocidades}}{\text{número de pilares}} = \frac{526,72}{16} = 32,92 \text{ m/h} \quad (6)$$

Sabendo-se que para realizar o cálculo geral da média em espaço percorrido deve-se considerar um somatório de médias de velocidades dos dois tipos de pilares produzidos a velocidade média é dada na Equação 7.

Equação 7: Velocidade média de execução da fôrma de todos os pilares.

$$v_{m_r} = \frac{v_{m_1} + v_{m_2}}{2} = \frac{87,37 + 32,92}{2} = 60,14 \text{ m/h} \quad (7)$$

3.1.2.2 Indicador de produtividade

Para CBIC (2017), o indicador de produtividade é a eficiência na transformação de recursos (ou entradas, ou esforços) em produtos (ou saídas, ou resultados), sendo o indicador de produtividade da mão de obra definido pela Equação 8.

Equação 8: Razão unitária de produção.

$$RUP = \frac{Hh}{QS} \quad (8)$$

Onde:

RUP = razão unitária de produção [Hh/kg ou Hh/m², levando-se em consideração a produção de armação e montagem de fôrmas];

Hh = Homem·hora;

QS = quantidade de serviço realizado [kg ou m², levando-se em consideração as quantidades de armação e fôrmas].

A empresa forneceu dados referentes a execução da montagem das principais peças (pilares) utilizadas na fabricação da estrutura da obra.

Os tempos médios previstos para as atividades de fabricação e montagem de armaduras são de 6 horas para os pilares de 3,85m e de 9 horas para os pilares de 5,25m, levando em consideração a utilização de dois funcionários sendo um ajudante de armador e um armador.

Segundo dados fornecidos pela empresa a média de peso de uma armadura de pilares de 3,85m é de 156 kg com presença de 20 pilares para esta configuração e pilares de 5,25m de 266 kg em número de 16 para esta configuração. Sendo o somatório de 36 pilares e, a obra totalizando 78 pilares, de onde se detêm, para fins de cálculo apenas as configurações principais serão gastos 7.376 kg de armação para as duas configurações principais (dados fornecidos pela empresa em projeto estrutural).

A Equação 9 apresenta o cálculo da produtividade para a equipe utilizada na obra para os pilares de 3,85m e a Equação 10 para os pilares de 5,25m.

Equação 9: Razão unitária de produção para a armadura pilares de 3,85m.

$$RUP_1 = \frac{6}{156} = 0,025 \text{ h/kg} \quad (9)$$

Equação 10: Razão unitária de produção para a armadura pilares de 5,25m.

$$RUP_2 = \frac{9}{266} = 0,034 \text{ h/kg} \quad (10)$$

O tempo médio para corte e montagem de fôrmas são de 8 horas para pilares de 3,85m e 14 horas para pilares de 5,25m levando em consideração quatro funcionários sendo dois carpinteiros e dois ajudantes.

Segundo dados fornecidos pela empresa a média em metros quadrados de uma fôrma de pilares de 3,85m é de 9,96m² com presença de 20 pilares para esta configuração e pilares de 5,25m de 13,32m² em número de 16 para esta configuração. Sendo somatório o de 36 pilares e, a obra totalizando 78 pilares, de onde se detêm, para fins de cálculo apenas as configurações principais serão gastos 412,32 m² de fôrmas aproximadamente para as duas configurações principais.

A Equação 11 apresenta o cálculo da produtividade para a equipe utilizada na obra para os pilares de 3,85m e a Equação 12 para os pilares de 5,25m.

Equação 11: Razão unitária de produção para as fôrmas dos pilares de 3,85m.

$$RUP_1 = \frac{8}{9,96} = 0,803 \text{ h/m}^2 \quad (11)$$

Equação 12: Razão unitária de produção para as fôrmas dos pilares de 5,25m.

$$RUP_2 = \frac{14}{13,32} = 1,051 \text{ h/m}^2 \quad (12)$$

3.1.2.3 Composição de custos

Os custos foram compostos em observância a premissa de gastos relacionados a custos indiretos, e compondo a este o valor o gasto com mão de obra devido a seu deslocamento no local de trabalho, por meio de análise de custo em horas de trabalho e seu respectivo componentes na TCPO.

Para uma análise mais detalhada levou-se em conta a produtividade média de trabalho, quantidade média produzida por funcionário ou equipe, quantidade de aço utilizado em armação, quantidade de madeira utilizada em fôrmas e espaço percorrida para realização da tarefa.

A Tabela 9 apresenta os insumos e o custo necessário para a execução do serviço de armação enquanto que a Tabela 10 apresenta os insumos e o custo necessário para a execução do serviço de montagem das fôrmas. Tendo como base a composição da TCPO e os custos da SINAPI referência Curitiba Abril de 2018 com encargos de 117,29%.

Tabela 9: Composição de quantidade insumos para armadura por unidade de peso em quilo.

Componentes	Unid.	Consumos	Custo Unitário (R\$)
Ajudante de armador	h	0,093	17,88
Armador	h	0,093	23,34
Espaçador circular de plástico para pilares, fundo e laterais de vigas, lajes, pisos e estacas (cobrimento: 30 mm)	un.	7,30	
Barra de aço CA-50 3/8”(bitola: 10,00 mm / massa linear: 0,617 kg/m)	kg	1,10	
Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 18 BWG)	kg	0,02	

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 10: Composição de quantidade de insumos para fôrmas com chapa compensada por unidade de área em metro quadrado.

Área em metro quadrado:

Componentes	Unid.	Consumos		Custo Unitário (R\$)
		Aproveitamentos		
		8	12	
Ajudante de carpinteiro	h	0,14	0,14	22,92
Carpinteiro	h	0,56	0,56	23,34
Desmoldante de fôrmas para concreto	l	0,02	0,02	
Prego 17 x 27 com cabeça dupla (comprimento: 62,1 mm / diâmetro da cabeça: 3,0 mm)	kg	0,10	0,10	
Fôrma pré-fabricada de madeira com chapa compensada plástica, e = 12 mm	m²	0,15	0,10	

Fonte: Autor, 2018.

3.1.3 Análise dos dados

Com base nas determinações dos fluxos de processos assim como as velocidades de caminhamento para produção e os custos, foram elaborados uma nova solução de *layout* possibilitando confrontar a melhoria da produtividade e redução dos custos diretos de produção em relação ao *layout* original.

CAPÍTULO 4

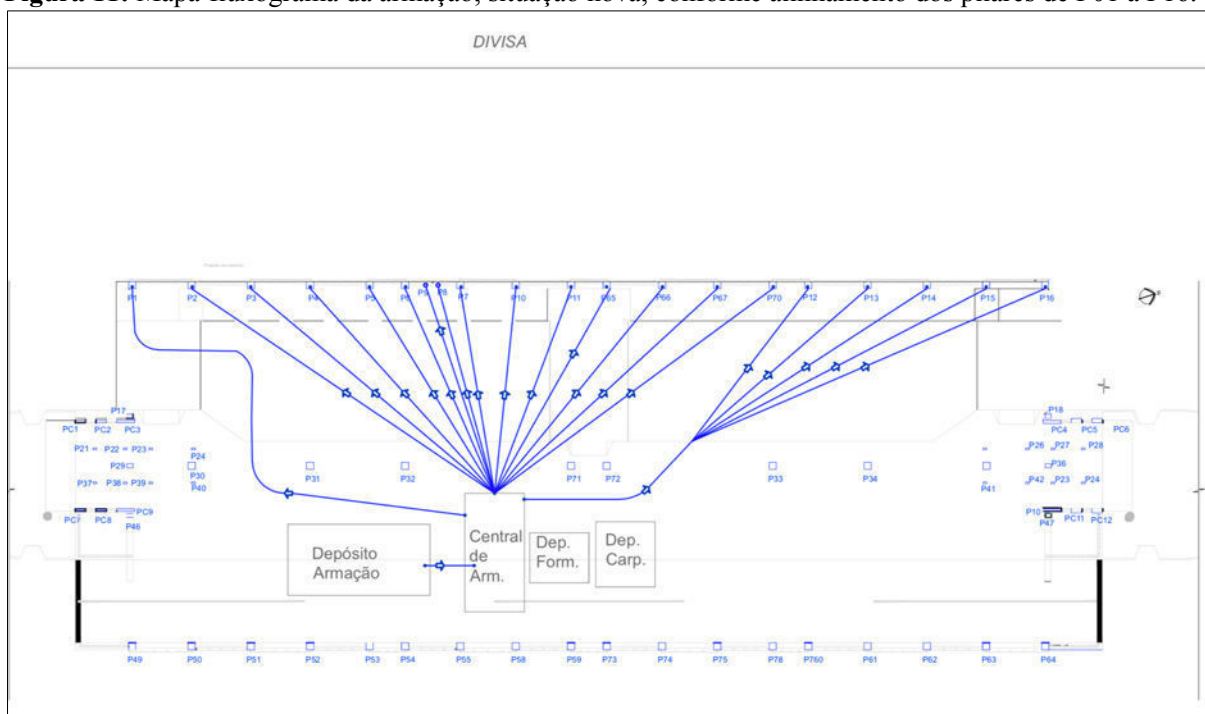
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados serão de readequação dos fluxos e do *layout*, apresentando nova perspectiva de alocação de instalações (depósitos e central de armação), verificando se estes apresentaram significativas mudanças nos deslocamentos, velocidades ou produtividade na produção de pilares.

4.1.1 Readequação dos fluxos e *layout*

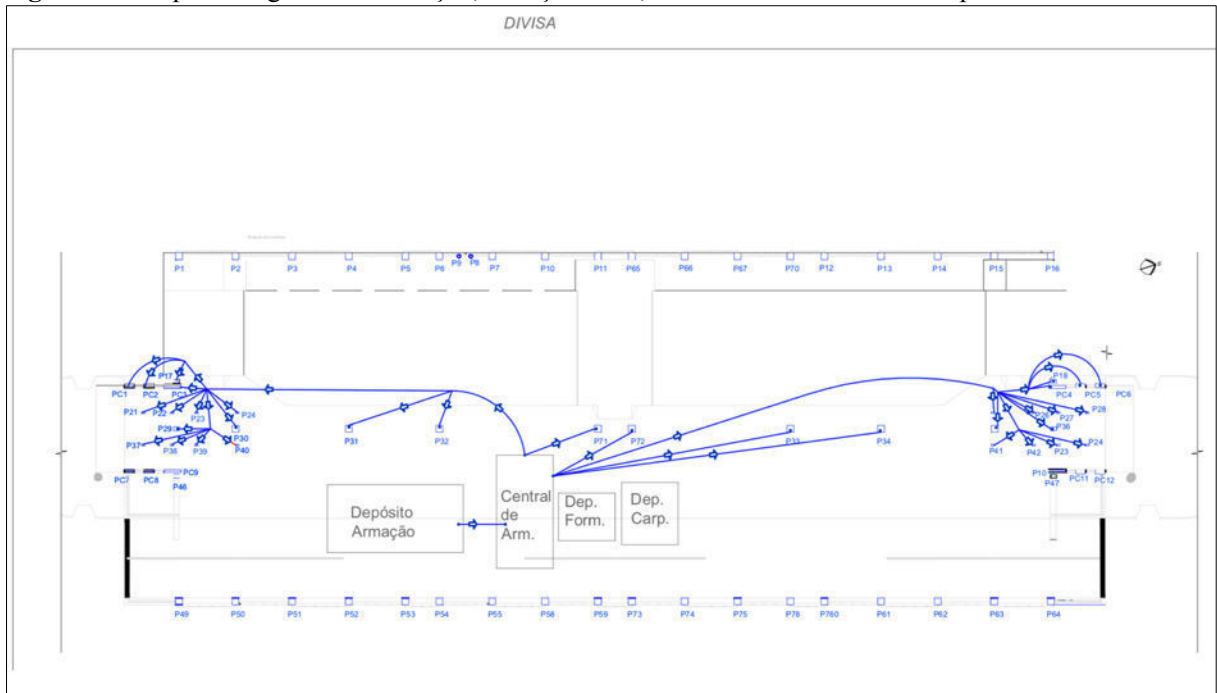
A modificação do *layout* do canteiro deu-se conforme as Figuras de 11 a 13 para produção de armação. As instalações modificadas foram assim realizadas buscando facilitação do fluxo de materiais e bem como seu armazenamento e beneficiamento.

Figura 11: Mapa-fluxograma da armação, situação nova, conforme alinhamento dos pilares de P01 à P16.



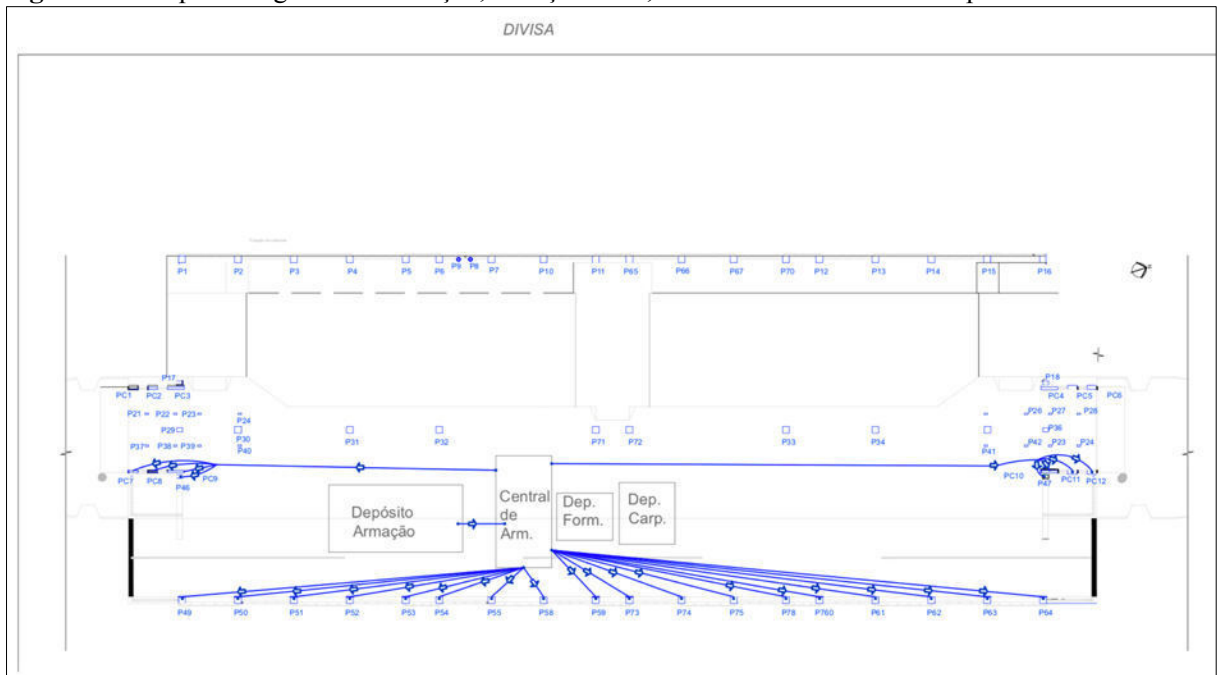
Fonte: Autor, 2018.

Figura 12: Mapa-fluxograma da armação, situação nova, conforme alinhamento dos pilares de P19 à P54.



Fonte: Autor, 2018.

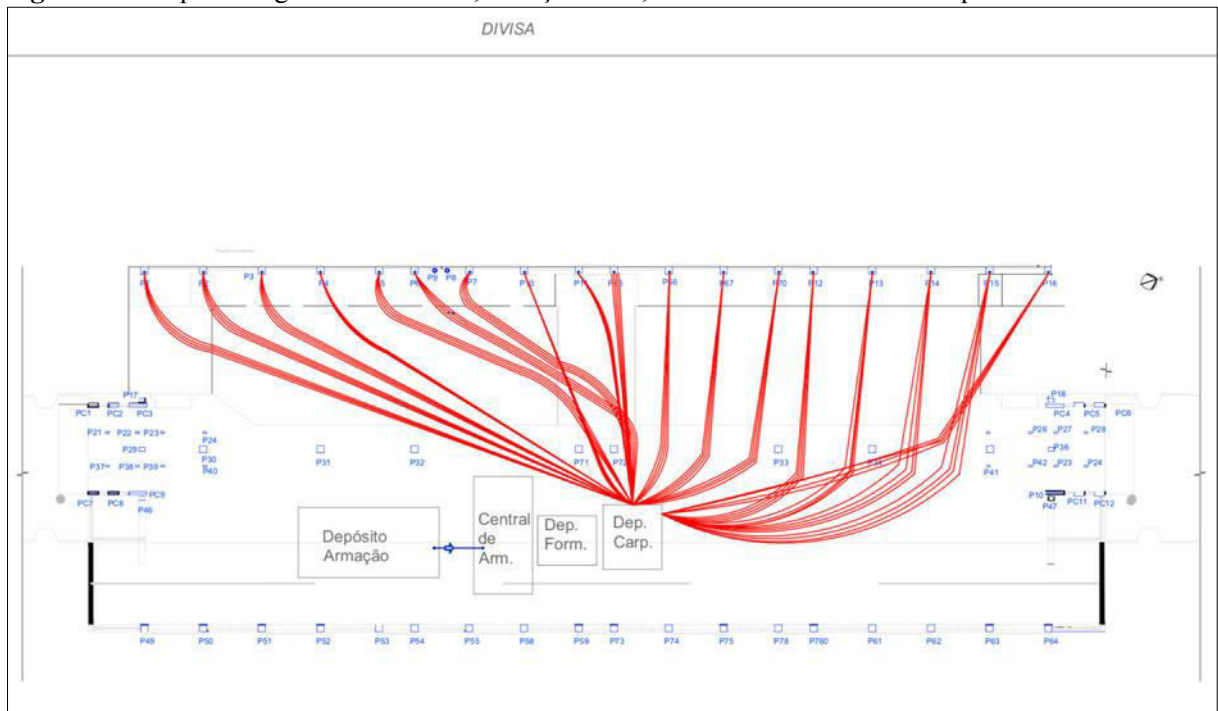
Figura 13: Mapa-fluxograma da armação, situação nova, conforme alinhamento dos pilares de P34 à P51.



Fonte: Autor, 2018.

A modificação do *layout* do canteiro deu-se conforme as Figuras de 14 a 16 para produção de fôrmas.

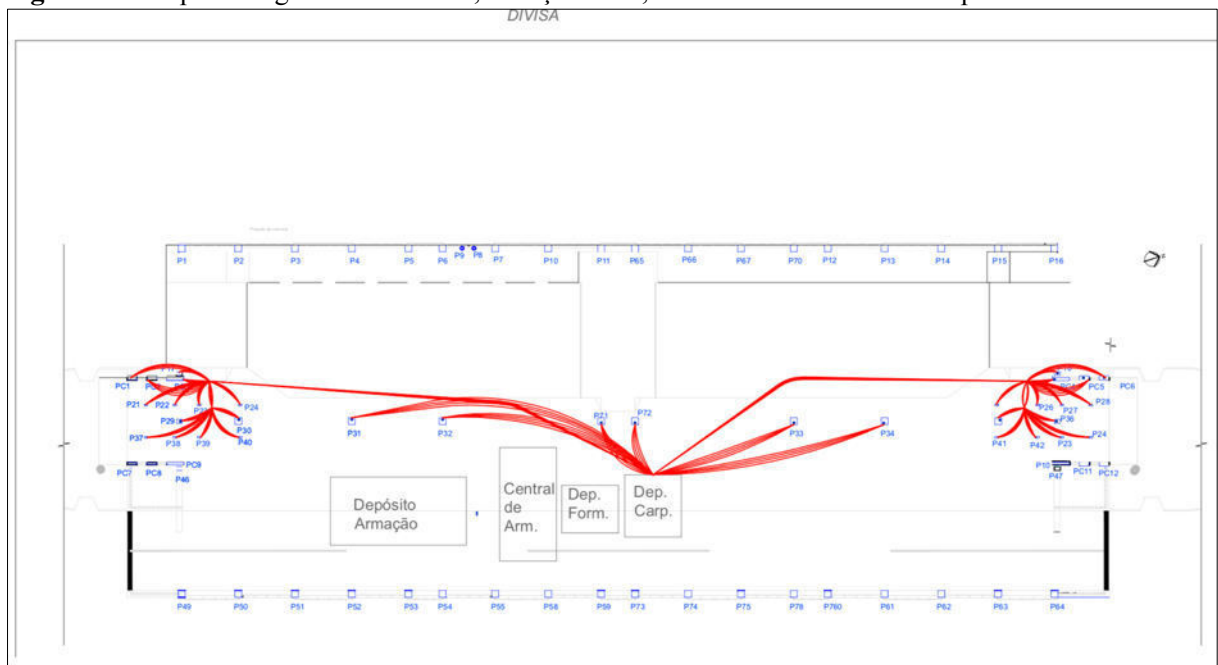
Figura 14: Mapa-fluxograma das fôrmas, situação nova, conforme alinhamento dos pilares de P01 à P16.



Obs.: Percursos considerados em sentido duplo.

Fonte: Autor, 2018.

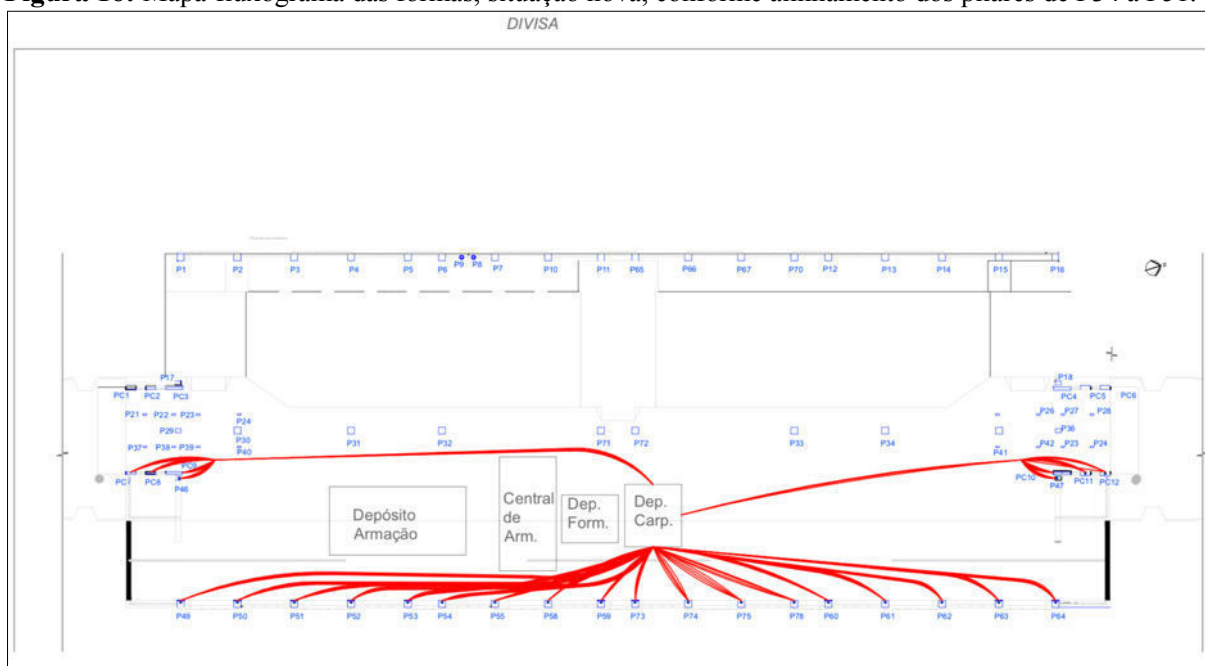
Figura 15: Mapa-fluxograma das fôrmas, situação nova, conforme alinhamento dos pilares de P19 à P54.



Obs.: Percursos considerados em sentido duplo.

Fonte: Autor, 2018.

Figura 16: Mapa-fluxograma das fôrmas, situação nova, conforme alinhamento dos pilares de P34 à P51.



Obs.: Percursos considerados em sentido duplo.

Fonte: Autor, 2018.

Na modificação da disposição das áreas de depósito de armação, depósito de fôrmas, depósito de carpintaria e central de armação, considerou-se a locação dos pilares bem como o acesso logístico para o transporte dos materiais necessários às atividades. Com as novas rotas traçadas alguns pilares tiveram mudanças expressivas na quantidade necessária de deslocamento para execução da tarefa como pode ser observado, por exemplo, nas Figura 12 e Figura 15.

Com nova proposição de *layout* realizou-se novo procedimento diagrama fluxo de processo, determinando o distanciamento das atividades conforme Tabela 11 para o processo de armação e a Tabela 12 para o processo de fôrmas.

As distâncias para os pilares P01 à P16 tanto para execução de armação quanto para a montagem de fôrmas tiveram alterações que resultaram em um aumento das distâncias percorridas, fator inverso pode ser observado para os pilares de P19 à P54 e P34 à P51, com redução de distâncias percorridas. Os pilares de P01 à P16 apesar de em nova configuração apresentarem-se com maiores distâncias, não causaram impacto significativo nos somatórios de distâncias totais percorridas para cada atividade – execução de armação e montagem de fôrmas – devido a apresentarem-se em menor quantidade se comparados aos pilares de P19 à P54 e P34 à P51, que como evidenciou-se apresentaram reduções expressivas em suas distâncias de percurso.

Tabela 11: Novo diagrama de fluxo de processos para armadura dos pilares de um terminal de passageiros.

Processo: produção de armação para pilares		Local: obra do terminal urbano região Oeste – Cascavel-PR	
Produto: armação de pilar		Analista: Gustavo A. Alves	
Nº	Descrição da atividade	Tipo de atividade	Distância percorrida (m)
1	Separar e apanhar matérias-primas (arames finos e espessos)	○ ⇒ D ▽	
2	Levar matérias-primas para a máquina de cortar (arames finos e espessos)	○ ⇒ D ▽	3,8
3	Medir e cortar matérias-primas (arames finos e espessos)	○ ⇒ D ▽	
4	Levar arames espessos para máquina de dobrar	○ ⇒ D ▽	0,9
5	Levar arames finos para bancada de dobra e montagem	○ ⇒ D ▽	1,2
6	Dobrar arames espessos na máquina de dobra	○ ⇒ D ▽	
7	Levar os arames espessos dobrados à bancada de montagem	○ ⇒ D ▽	1,5
8	Montar na bancada o pilar com os arames finos e espessos dobrados	○ ⇒ D ▽	
9	Levar o pilar ao local de anexação do pilar a fundação	○ ⇒ D ▽	Variável conforme Tabela específica de configuração de pilares
10	Fixar a armadura a fundação	○ ⇒ D ▽	

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 12: Novo diagrama de fluxo de processos para fôrmas dos pilares de um terminal de passageiros.

Processo: Montagem de fôrmas para pilares		Local: obra do terminal urbano região Oeste – Cascavel-PR	
Produto: fôrmas de pilar		Analista: Gustavo A. Alves	
Nº	Descrição da atividade	Tipo de atividade	Distância percorrida (m)
1	Separar e apanhar matérias-primas (madeiras, pregos)	○ ⇒ D ▽	
2	Levar matérias-primas para a bancada de corte	○ ⇒ D ▽	1,0
3	Medir e cortar matérias-primas (madeiras principais e pontaletes)	○ ⇒ D ▽	
4	Executar emendas ou engastes	○ ⇒ D ▽	
5	Levar as faces montadas ao local de engastes as demais faces	○ ⇒ D ▽	Variável conforme Tabela específica de configuração de pilares
6	Escorar duas faces das fôrmas dos pilares	○ ⇒ D ▽	
7	Fixar pontaletes e junções	○ ⇒ D ▽	
8	Engastar as faces	○ ⇒ D ▽	

Fonte: Autor, 2018.

4.1.2 Composição dos deslocamentos

Em observância a Equação 1 e as novas considerações do *layout* elaborou-se as Tabelas de 12 a 15, com as distâncias e velocidades utilizadas para confecção das fôrmas e montagem das armaduras.

Tabela 13: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos armadores para execução dos pilares de 3,85m, novo *layout*.

Pilar	Tempo (h)	Deslocamento (m)	Velocidade (m/h)	Distância (m) ant.	Velocidade (m/h) ant.
P1	6	54,62	9,10	26,78	4,46
P2	6	37,4	6,23	23,00	3,83
P3	6	34,24	5,71	20,03	3,34
P4	6	30,64	5,11	18,31	3,05
P5	6	27,63	4,61	13,10	2,18
P12	6	40,61	6,77	43,04	7,17
P13	6	44,04	7,34	47,99	8,00
P14	6	48,05	8,01	52,91	8,82
P15	6	52,39	8,73	57,94	9,66
P16	6	56,87	9,48	62,79	10,47
P49	6	37,76	6,29	49,66	8,28
P50	6	32,78	5,46	46,35	7,73
P51	6	27,82	4,64	44,82	7,47
P52	6	22,87	3,81	43,88	7,31
P53	6	17,98	3,00	43,77	7,30
P60	6	32,00	5,33	80,03	13,34
P61	6	36,94	6,16	84,27	14,05
P62	6	41,30	6,88	87,93	14,66
P63	6	46,86	7,81	93,15	15,53
P64	6	51,84	8,64	53,62	8,94

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 14: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos armadores para execução dos pilares de 5,25m, novo *layout*.

Pilar	Tempo (h)	Deslocamento (m)	Velocidade (m/h)	Distância (m) ant.	Velocidade (m/h) ant.
P6	9	26,24	1,38	13,71	1,52
P7	9	24,90	1,31	16,31	1,81
P10	9	24,95	1,31	19,99	2,22
P11	9	25,83	1,36	24,01	2,67
P54	9	15,10	0,79	45,85	5,09
P55	9	11,29	0,59	48,94	5,44
P58	9	10,56	0,56	52,62	5,85
P59	9	13,36	0,70	58,34	6,48
P65	9	27,22	1,43	26,77	2,97
P66	9	29,70	1,56	31,71	3,52
P67	9	32,91	1,73	35,63	3,96
P70	9	36,51	1,92	40,21	4,47
P73	9	15,25	0,80	63,47	7,05
P74	9	19,74	1,04	66,80	7,42
P75	9	24,50	1,29	71,80	7,98
P78	9	28,76	3,20	75,39	8,38

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 15: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos carpinteiros para execução dos pilares de 3,85m, novo *layout*.

Pilar	Tempo (h)	Deslocamento (m)	Velocidade (m/h)	Distância (m) ant.	Velocidade (m/h) ant.
P1	8	759,52	94,94	590,80	73,85
P2	8	683,28	85,41	531,88	66,49
P3	8	614,24	76,78	419,16	53,40
P4	8	638,68	67,33	339,76	42,47
P5	8	496,32	62,04	268,68	35,59
P12	8	481,20	60,15	364,04	45,50
P13	8	548,68	68,59	435,24	54,40
P14	8	626,08	78,26	509,64	63,70
P15	8	696,60	87,07	577,96	72,25
P16	8	664,68	83,09	676,16	84,52
P49	8	678,64	84,83	924,80	115,16
P50	8	596,32	74,54	777,80	97,23
P51	8	525,64	65,70	731,84	91,48
P52	8	440,76	55,10	758,44	94,80
P53	8	357,96	44,75	766,84	95,86
P60	8	259,80	32,48	921,48	115,16
P61	8	339,00	42,38	993,52	124,19
P62	8	419,40	52,43	1069,52	133,69
P63	8	499,04	62,38	1110,44	138,80
P64	8	578,64	72,33	1190,32	148,79

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 16: Distâncias e velocidades médias percorridas pelos carpinteiros para execução dos pilares de 5,25m, novo *layout*.

Pilar	Tempo (h)	Espaço (m)	Velocidade (m/h)	Distância (m) ant.	Velocidade (m/h) ant.
P6	14	471,48	33,68	232,44	16,60
P7	14	428,16	30,59	177,60	12,69
P10	14	350,96	25,07	144,92	10,35
P11	14	327,28	23,38	145,76	10,41
P54	14	316,84	22,63	711,24	50,80
P55	14	235,16	16,80	678,52	48,47
P58	14	167,64	11,98	631,52	45,10
P59	14	105,40	7,53	642,12	45,87
P65	14	315,68	22,55	176,88	12,63
P66	14	327,60	23,40	213,12	15,22
P67	14	371,56	26,54	273,00	19,50
P70	14	433,20	30,95	240,60	24,33
P73	14	272,80	19,49	680,52	48,60
P74	14	90,28	6,45	720,80	51,48
P75	14	145,28	10,38	794,36	56,74
P78	14	212,52	15,18	811,08	57,93

Fonte: Autor, 2018.

Com base nas Equações: Equação 2, Equação 3 e Equação 4 foi determinado para os valores das Tabelas 12 e 13 a velocidade média de execução da armadura dos pilares na nova configuração de *layout*, conforme Equação 13.

Equação 13: Velocidade média de execução da armadura de todos os pilares no novo *layout*.

$$v_{m_r} = \frac{v_{m_1} + v_{m_2}}{2} = \frac{6,45 + 1,31}{2} = 3,88 \text{ m/h} \quad (13)$$

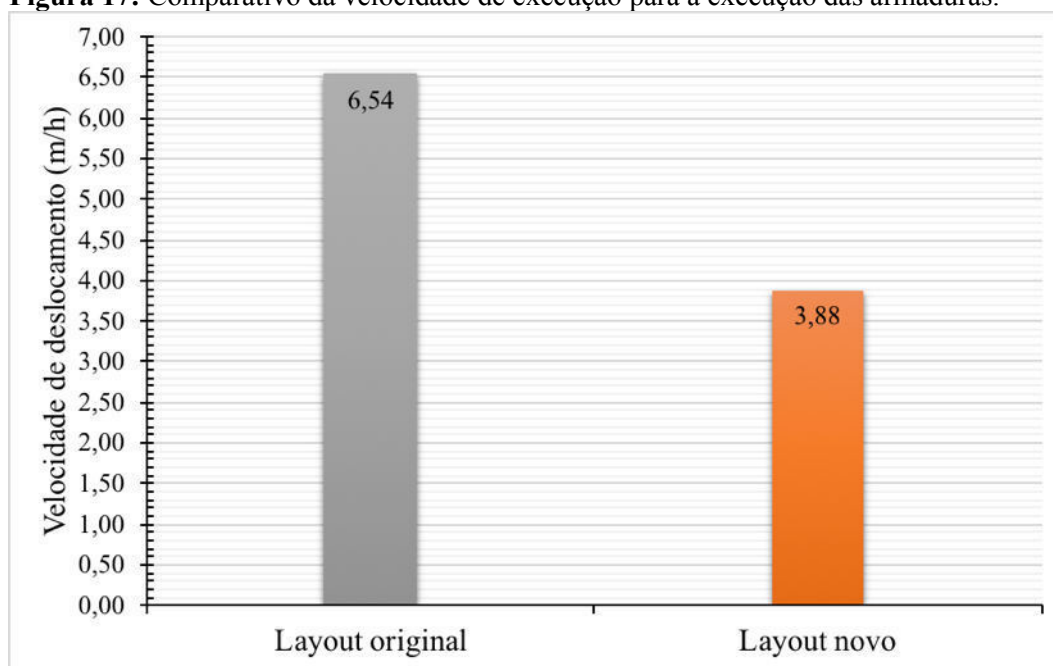
Com base nas Equações: Equação 5, Equação 6 e Equação 7 foi determinado para os valores das Tabelas 14 e 15 a velocidade média de execução da armadura dos pilares na nova configuração de *layout*, conforme Equação 14.

Equação 14: Velocidade média de execução das fôrmas de todos os pilares no novo *layout*.

$$v_{m_r} = \frac{v_{m_1} + v_{m_2}}{2} = \frac{67,53 + 20,41}{2} = 43,97 \text{ m/h} \quad (14)$$

As Figuras 17 e 18 mostram o comparativo da velocidade de execução para as armaduras e fôrmas, respectivamente.

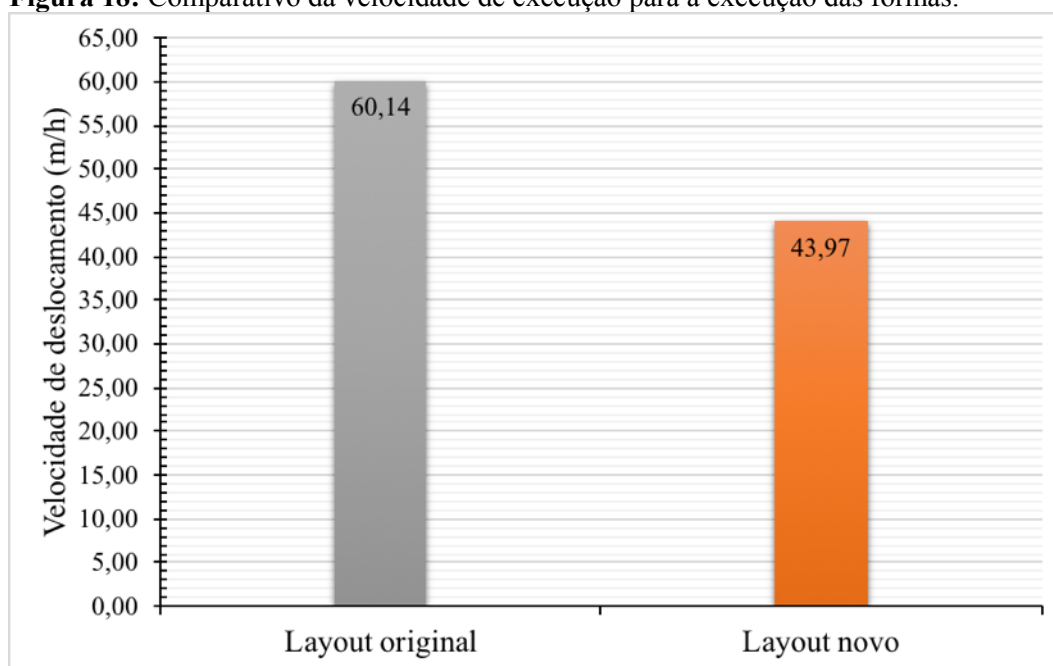
Figura 17: Comparativo da velocidade de execução para a execução das armaduras.



Fonte: Autor, 2018.

Como demonstrado em Figura 17 as velocidades médias para o *layout* original e o *layout* novo apresentam uma diferença de 2,66 m/h para a execução de armação, representando uma redução de aproximadamente 40,67% em velocidade para esta atividade. A variação de 40,67% em percentual de velocidade se dá devido a mudança da locação da central de armação e armazenamento.

Figura 18: Comparativo da velocidade de execução para a execução das fôrmas.



Fonte: Autor, 2018.

Como demonstrado no Figura 18 as velocidades médias para o *layout* original e o *layout* novo apresentam uma diferença de 16,17 m/h para a montagem de fôrmas, representando uma redução de aproximadamente 26,89% em velocidade para esta atividade. A variação de 26,89% em percentual de velocidade se dá devido à mudança da locação do depósito de fôrmas e carpintaria.

4.1.3 Análise da produtividade

Considerando a RUP média determinada pelos valores das Equações 9, 10, 11 e 12 para a execução da armadura e de fôrmas, tem-se a Tabela 17.

Tabela 17: Análise da RUP média dos serviços considerando o *layout* original.

Serviço	RUP
Armadura	0,059 h/kg
Fôrmas	0,927 h/m ²

Fonte: Autor, 2018.

A razão unitária de produção é na realidade o inverso da produtividade, portanto, a equipe utilizada na obra tem produtividade de 16,95 kg de armadura por hora, considerando a equipe de um armador e um ajudante. Enquanto que a 1,080 m² de fôrma por hora, considerando

a equipe de dois carpinteiros e dois ajudantes, o que para uma equipe unitária resultaria em 0,54 m² de fôrma por hora.

Dentro dessa produtividade deve ser considerado o tempo gasto no deslocamento das equipes. O deslocamento por unidade de serviço é dada na Tabela 18 para os índices considerados no *layout* antigo e na Tabela 19.

Tabela 18: Relação entre a distância e a produção no *layout* inicial.

Serviço	Distância total (m)	Quantidade de serviço total	Relação entre distância e a quantidade de serviço
Armadura	2.731,91	7.376 kg	0,370 m/kg
Fôrmas	21.232,80	412,32 m ²	51,50 m/m ²

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 19: Relação entre a distância e a produção no *layout* novo.

Serviço	Distância total (m)	Quantidade de serviço total	Relação entre distância e a quantidade de serviço
Armadura	1.967,94	7.376 kg	0,267 m/kg
Fôrmas	15.476,32	412,32 m ²	37,53 m/m ²

Fonte: Autor, 2018.

Ao considerar que uma pessoa caminha a velocidade média de 4750 m/h (ASSESSOCOR, 2018) a improdutividade pelo tempo do deslocamento é definida nas Tabelas 19 e 20.

Tabela 20: RUP ociosa na produção no *layout* inicial.

Serviço	Tempo ocioso no deslocamento (h)	RUP ociosa
Armadura	0,575	0,000078 h/kg
Fôrmas	4,470	0,011 h/m ²

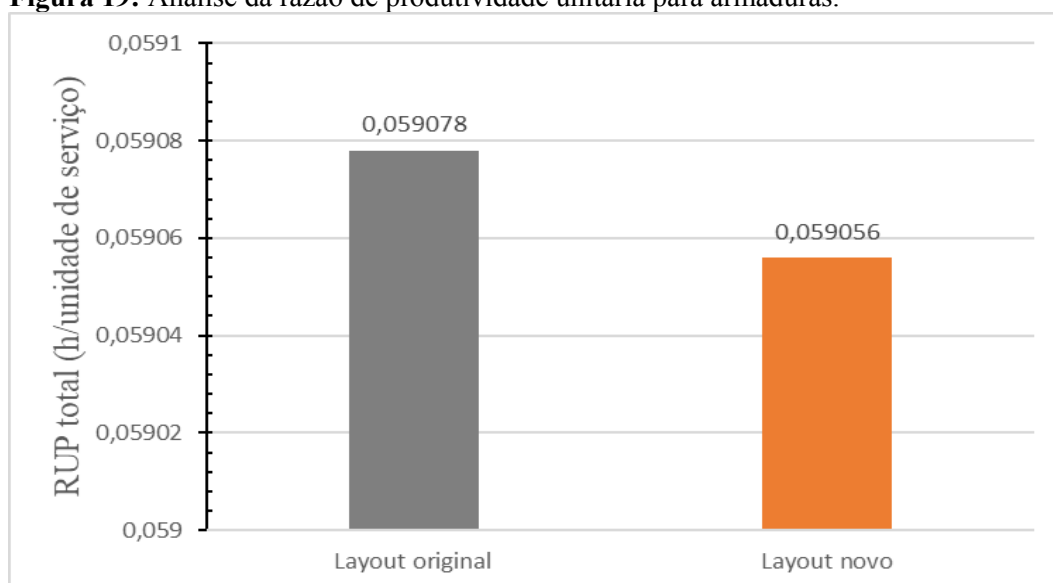
Fonte: Autor, 2018.

Tabela 21: RUP ociosa na produção no *layout* novo.

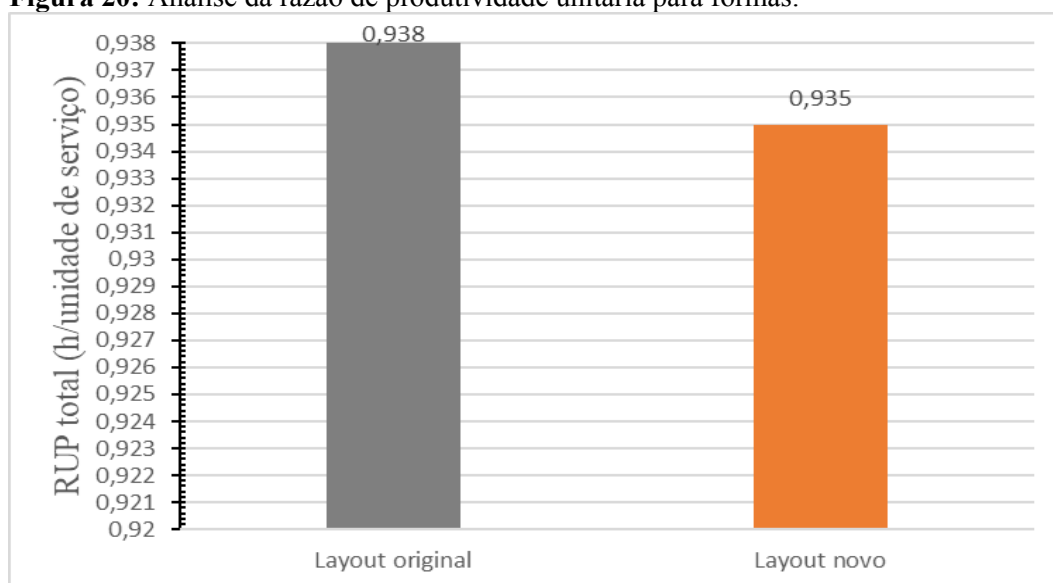
Serviço	Tempo ocioso no deslocamento (h)	Quantidade de serviço total
Armadura	0,414	0,000056 h/kg
Fôrmas	3,258	0,008 h/m ²

Fonte: Autor, 2018.

Determinando a razão unitária produtiva para o tempo de execução produtivo e improdutivo tem-se os valores do gráfico da Figura 19 os valores do índice de produtividade total para o serviço de armadura enquanto que na Figura 20.

Figura 19: Análise da razão de produtividade unitária para armaduras.

Fonte: Autor, 2018.

Figura 20: Análise da razão de produtividade unitária para fôrmas.

Fonte: Autor, 2018.

As RUP's para *layout* original somadas são de 0,997078 h/unidade de serviço e para *layout* novo de 0,994056 h/unidade de serviço, tendo uma diferença em RUP de 0,003022 em ganho de agilidade de tarefa, ou seja, com mudança da locação de depósito de armação, depósito de fôrmas e carpintaria, ganha-se 0,003022 horas por unidade de serviço realizado, um ganho percentual de 0,003% em rendimento por tempo de serviço.

4.1.4 Composição do custo

Como não foi possível acesso a planilha orçamentária para a decomposição do BDI aplicado ao custo direto da obra em questão, foi verificado apenas a influência do fluxo do processo na produtividade da mão de obra.

Desta forma o custo direto de produção terá relação com o custo/hora para produção considerando uma equipe, dado pela SINAPI (Tabelas Tabela 9 e Tabela 10) e as produções efetivas que considera o índice de produtividade total (produção *in loco* e tempo ocioso de transporte) e as quantidades totais de serviços, detalhados na Tabela 22.

Tabela 22: Detalhamento do custo de produção.

Serviço	Quantidade de serviço total	Produtividade		Custo unitário
		<i>Layout</i> original	<i>Layout</i> novo	
Armadura	7.376 kg	0,05908 h/kg	0,05906 h/kg	41,22 R\$/h
Fôrmas	412,32 m ²	0,93800 h/m ²	0,93500 h/m ²	46,26 R\$/h

Fonte: Autor, 2018.

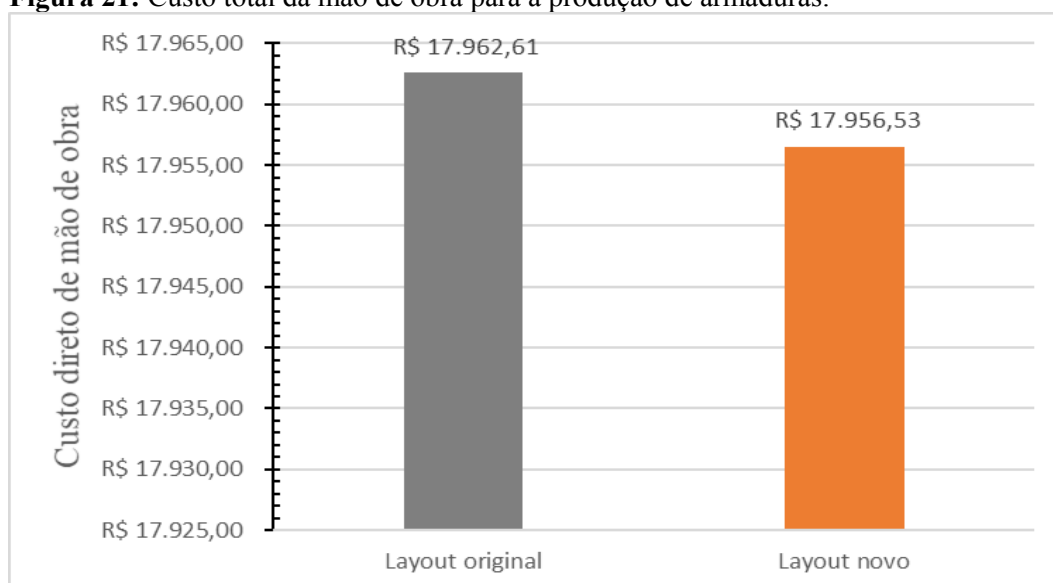
O custo por unidade de serviço estará em torno de 41,22 R\$/h para produção de armação, conforme Tabela 21 a produtividade estará em 0,05908 h/kg de armação em *layout* original e 0,05906 h/kg de armação em *layout* novo.

Avaliando-se o preço unitário tem-se uma diferença de 0,0008244 R\$/kg de armação produzida, representando um percentual de 0,0003% em redução. Para montagem de fôrmas o custo por unidade de serviço estará em torno de 46,26 R\$/h. Conforme Tabela 21 a produtividade estará em 0,93800 h/m² de fôrmas em *layout* original e 0,93500 h/m² de fôrmas em *layout* novo.

Avaliando-se o preço unitário tem-se uma diferença de 0,13878 R\$/m² de fôrmas produzidas, representando um percentual de 0,023% em redução. Considerando-se as taxas pode-se estabelecer que o maior percentual de redução em serviços está na produção de fôrmas.

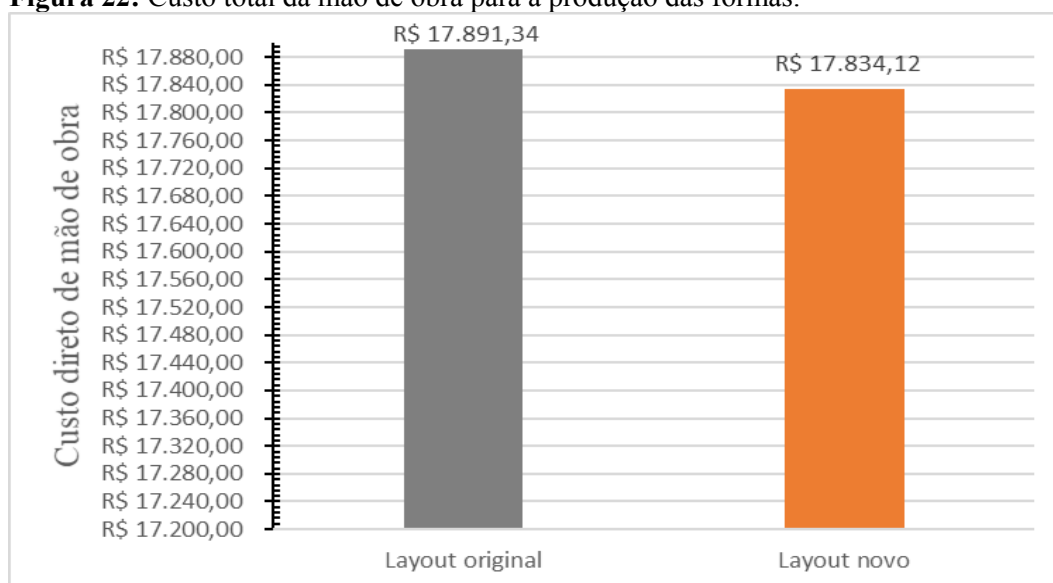
A Figura 21 apresenta o custo total do serviço de armadura considerando o custo da mão de obra em relação à produtividade calculada. Já a Figura 22 os custos para o serviço de fôrmas.

Figura 21: Custo total da mão de obra para a produção de armaduras.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 22: Custo total da mão de obra para a produção das fôrmas.



Fonte: Autor, 2018.

No *layout* original para produção de armação a mão de obra equivaleu a R\$ 17.962,61 e para produção de fôrmas de R\$ 17.891,34. Em *layout* novo a mão de obra para produção de armação equivaleu a R\$ 17.956,53 e para produção de fôrmas 17.834,12. Somando-se os custos de produção totais do *layout* original tem-se R\$ 35.853,95 e para o *layout* novo R\$ 35.790,65, sendo a diferença de R\$ 63,30 representando um ganho de 0,0017% em custo de mão de obra.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Efetuiu-se a implantação de um canteiro de obras, referindo-se ao *layout* com o qual realizou-se a produção de armação e fôrmas, e estabeleceu-se os caminhos a serem percorridos para a execução das tarefas.

A segunda etapa do trabalho consistiu em determinar uma melhor disposição para execução das tarefas, modificando-se a locação de locais de armazenagem e produção, locando-os em posição de facilitação de acesso logístico e diminuição de espaço entre fileiras de pilares; considerando-se menores distâncias a serem percorridas pelos trabalhadores, e consequente diminuição do tempo de processo. Os resultados vieram a corroborar para elucidar a dúvida sobre se, uma melhor disposição dos locais de produção como carpintaria e armação, afetaria no rendimento e redução dos custos da obra.

Sabendo-se que apesar de apresentarem-se em percentual reduzido, a produtividade por hora por unidade produzida obteve um ganho por redução de distâncias percorridas pelo trabalhador.

Relacionando-se também os custos totais com mão de obra, obteve-se de maneira geral redução pouco expressiva, se considerando o valor de R\$ 63,30 de diferença entre os dois processos produtivos para *layout* original e *layout* novo. Avaliando-se que o trabalho considerou em torno de 56 pilares produzidos, pode-se dizer que para uma obra com quantidade mais expressiva de pilares poder-se-á reduzir os custos com mão de obra por adequação de *layout* do canteiro.

De modo geral é possível estabelecer-se uma relação positiva em composição e locação de *layout* e produtividade, pois, como observou-se, os mesmos conseguem mesmo em percentual baixo reduzir os custos de mão de obra, encurtar distâncias de processos e aumentar a produtividade. Para pilares em maiores alturas ou trabalhos que necessitam de transporte vertical pode-se dizer que será mais efetivo o ganho em produtividade, devido a maiores distâncias a serem percorridas nessas atividades.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Avaliação de custos e produtividade de outros serviços executados na obra como: alvenaria, contrapiso, metalúrgica e outros;

Avaliação de custos indiretos;

Avaliação de produtividade para execução de trabalhos com transporte vertical.

REFERÊNCIAS

ALVES, T. C. L. **Diretrizes para gestão de fluxos físicos em canteiro de obras: proposta baseada em estudo de caso**. Dissertação de mestrado. Porto Alegre, 2000.

ALVES, G. A.; POSSAN, E.; RODRIGUES, T.; JONER, G.; ORTIZ, C. S. **Proposta de melhoria de *layout* de uma indústria de pré-fabricados de concreto**. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: as contribuições da engenharia de produção. Bento Gonçalves, 2012.

ARAÚJO, J. A.; JESUS, R. B.; REZENDE, H. A. **A logística no contexto da construção civil**. Cadernos de graduação. Sergipe, 2013.

ASSESSORIA E COORDENAÇÃO ESPORTIVA. **Postura corporal, velocidade e níveis de caminhada**. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 12284**. Áreas de vivência em canteiro de obras – procedimento. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1991.

BARNES, R. M. **Estudos de Movimentos e Tempos**. São Paulo: Blucher, 1977.

BATISTA, G. R. *et. al.* **Análise do processo produtivo: um estudo comparativo dos recursos esquemáticos**. Fortaleza, 2006.

BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, **Manual básico dos indicadores de produtividade na construção civil, Volume 1, Relatório completo**. Brasília, 2017.

CIOCCHI, L. **Canteiro**. Revista Técnica, Ed. 82, Janeiro/04. São Paulo: Editora Pini, 2004.

FRANCISCHINI, P. G.; FEGYVERES A. **Arranjo físico**. In CONTADOR, J. C. (Coordenador). Gestão de operações. São Paulo, Fundação Vanzolini / Edgar Blucher, 591 p., Cap. 12. 1998.

FRANKENFELD, N. **Produtividade**. Manual CNI. Rio de Janeiro: CNI, 1990.

HALL, D. J.; FORD, T. Q. **A quality approach to factory design? Industrial Management and Data Systems**; Volume 11 No. 6; 1998.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Oramentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: LTC, 1996. 225p.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplo.** São Paulo: Editora Pini, 2006. 281p.

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

MORO, L. F. C. **Análise do *layout* de canteiro de obras visando o processo produtivo.** Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia. Trabalho de conclusão de curso. Santa Maria, 2015. 50p.

NASCIMENTO, V. M.; CRUZ, A. L. G.; ABREU, A. F. **O sistema de comunicação e a gestão dos fluxos logísticos na construção civil: estudo aplicado ao gerenciamento de processos empresariais.** XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: Avanço no desempenho das construções: Pesquisa, Inovação e Capacitação Profissional. Artigo científico, Maceio, 2014.

NETO, J. C. **Logística de canteiro de obra, aumento de produtividade e redução de desperdício.** Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas. Trabalho de conclusão de curso. Brasília, 2014. 61p.

NOGUEIRA, M. **Mobilização de canteiro.** Revista Técnica, Ed 164, Novembro/10. São Paulo: Editora Pini, 2010.

NOVAES, C. C. **Um enfoque diferenciado para o projeto de edificações: projetos para produção.** Revista Produto & Produção do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1998.

OLIVEIRA, O. J. de. **Influências do projeto de produção e do projeto de canteiro no sistema no sistema logístico da construção de edifícios.** Artigo científico, São Paulo, 2001.

PERLINGEIRO, C. A. G. **Engenharia de processo: Análise, simulação, otimização e síntese de processos químicos.** São Paulo: Blucher, 2005.

SAURIN, T. A. **Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de obras de edificações.** Porto Alegre, 1997. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção;** tradução Eduardo Schaan. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.

SILVA, F. B.; CARDOSO, F. F. **Ferramentas e diretrizes para a gestão da logística no processo de produção de edifícios.** Boletim técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2000.

SILVA, F. B.; CARDOSO, F. F. **Qualidade no processo produtivo.** Florianópolis, 1998.

SILVA, M. A. C.; SOUZA, R. **Gestão de processo do projeto de edificações**. São Paulo: O nome da Rosa, 2003. 180p.

SIMCSIK, T. OMIS: **Organização. Métodos, informação e sistemas**. Makron Books: São Paulo, 1992.

SIMS, R.JR. **“MH problems are business problems”**, Industrial Engineering. 1996.

SLACK N.; CHAMBERS, S.; HARRISON A. **Administração da Produção**. Editora Atlas, segunda edição, 2002. 749p.

TCPO. **Tabela de composições de preços para orçamentos**. São Paulo: PINI, 2010. 640p.

TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A. et.al. **“Facilities Planning”**. 2nd Edition. New York: John Willey & Sons, Inc. . p.734, 1996.

YANG, Taho; SU, Chao-Ton; HSU, Yuan-Ru. **Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities**, International Journal of Operations and Production Management; Volume 20 No. 11; 2000.

ANEXO A – PLANTA BAIXA DE PILARES

