



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL – DECA

MATHEUS MENDES CABRAL GONDIM

**ANÁLISE DE CUSTO DA UTILIZAÇÃO DO AÇO CORTADO E DOBRADO
EM CONSTRUÇÕES SITUADAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA - ESTUDO
DE CASO**

JOÃO PESSOA

2020

MATHEUS MENDES CABRAL GONDIM

**ANÁLISE DE CUSTO DA UTILIZAÇÃO DO AÇO CORTADO E DOBRADO
EM CONSTRUÇÕES SITUADAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA - ESTUDO
DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, da Universidade Federal da Paraíba – Campus João Pessoa – como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Enildo Tales Ferreira

JOÃO PESSOA

2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

G637a Gondim, Matheus Mendes Cabral.

Análise de custo da utilização do aço cortado e dobrado em construções situadas na cidade de João Pessoa - Estudo de Caso / Matheus Mendes Cabral Gondim. - João Pessoa, 2020.

87 f. : il.

Orientação: Enildo Tales Ferreira.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Mão de obra. 2. Produtividade. 3. Armação. 4. Custo.
I. Ferreira, Enildo Tales. II. Título.

UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

MATHEUS MENDES CABRAL GONDIM

ANÁLISE DE CUSTO DA UTILIZAÇÃO DO AÇO CORTADO E DOBRADO EM CONSTRUÇÕES SITUADAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA - ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso em 24/03/2020 perante a seguinte Comissão Julgadora:



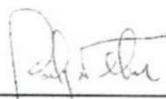
Enildo Tales Ferreira
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



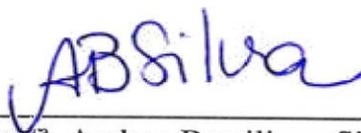
Hidelbrando J. F. Diógenes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Paulo Germano Toscano Moura
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Prof.ª Andrea Brasiliano Silva
Matrícula Siape: 1549557
Coordenadora do Curso de
Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso e toda jornada concluída para receber o tão esperado diploma de engenheiro civil contou com a presença de pessoas fundamentais durante esse caminho. Eu gostaria de agradecer e dedicar essa conquista às seguintes pessoas:

Minha família, em especial aos meus pais, Eloiza e Cabral que me incentivaram e acreditaram em mim todos os dias da minha vida e aos meus irmãos, Nathan e Gabriel.

A minha namorada, Rebecca, que acompanhou e aguentou essa correria e ausência no final dessa jornada e me ajudou bastante com dicas para execução do trabalho, lendo pacientemente todo o trabalho mesmo não sendo da área.

Aos amigos que o curso me trouxe Adelle, Camila, Isabela, Anny, Amanda, Ramon, Afonso, Mariana, Lucas Matheus, Berg, etc.

Agradeço também aos colegas da PLANEJ por todo aprendizado e vivência empresarial mesmo dentro da universidade.

Ao meu orientador Enildo Tales por toda paciência e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

Por último, a todas as pessoas que contribuíram para o meu crescimento profissional durante este período e não estão listadas aqui, mesmo com uma pequena palavra gentil.

RESUMO

Assim como todos os setores existentes regidos pelas regras do capitalismo, o setor da construção civil tem seu crescimento atrelado pela economia de mercado, em especial a dois fatores: a livre concorrência e a lei da oferta e da procura. Com o grande aumento do número de empresas nesse setor, principalmente durante o período intitulado como “boom da construção civil”, acompanhado por uma crise que atingiu todo o Brasil, as empresas que estavam no mercado viram a necessidade de produzir mais com menos recursos financeiros. A mão de obra é um dos recursos mais dispendiosos do setor, em especial na etapa da execução do serviço de armação, que representa uma parcela significativamente alta do valor total do empreendimento. Diante disso, este trabalho tem como objetivo estudar e comparar, em termos de produtividade e de custo, diferentes processos de fabricação de armaduras como o fornecimento do aço em barras e o fornecimento do aço pré-cortado e dobrado. Através de uma ferramenta de coleta de dados, desenvolvida a partir da revisão bibliográfica, serão gerados indicadores de produtividade de uma obra utilizada para estudo de caso. Tais indicadores serão comparados com índices de outras duas obras da mesma construtora e com fornecimento de aço diferente da primeira. Pode-se concluir deste trabalho que, mesmo com o custo mais elevado, o fornecimento pré-cortado e dobrado foi mais vantajoso para a obra do estudo de caso em relação a produtividade, em processos logísticos e outros apresentados ao longo da presente pesquisa.

Palavras-chave: Mão de obra. Produtividade. Armação. Custo.

ABSTRACT

Like all existing sectors governed by the rules of capitalism, the civil construction sector's growth is linked to the market economy, in particular to two factors: free competition and the law of supply and demand. With the great increase in the number of companies in this sector, mainly during the period called the "construction boom", accompanied by a crisis that hit the entirety of Brazil, the companies that were in the market saw the need to produce more with less financial resources. Labor is one of the most expensive resources in the sector, especially in the stage of carrying out the frame service, which represents a significantly high portion of the total value of the project. Therefore, this work aims to study and compare, in terms of productivity and cost, different processes of fabrication of reinforcement such as the supply of steel in bars and the supply of pre-cut and bent steel. Through a data collection tool, developed from the bibliographic review, productivity indicators of a work used for case study will be generated. Such indicators will be compared with indices for two other works by the same construction company and with a different steel supply than the first. It can be concluded from this work that, even with the highest cost, the pre-cut and folded supply was more advantageous for the work of the case study in terms of productivity, in logistical and other processes presented throughout this research.

Keywords: Labor. Productivity. Frame. Cost.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema genérico da produção de elementos de concreto armado.....	17
Figura 2 – Elementos estruturais e identificações	18
Figura 3 – Perfil do Setor Siderúrgico do Brasil	18
Figura 4 – Empresas Produtoras de Aço Bruto Ranking 2017.....	19
Figura 5 – Empresas Produtoras de Aço Longo Ranking 2017	19
Figura 6 – Fluxo simplificado do processo siderúrgico de alguns produtos planos.....	20
Figura 7 – Principais etapas do PCPA.....	23
Figura 8 – Fluxograma de atividades para aço em barras	26
Figura 9 – Descarregamento de aço com o uso do guindaste	27
Figura 10 – Armazenamento de barras de aço	27
Figura 11 – Dobramento de barras	28
Figura 12 – Fluxograma de atividades fornecimento de aço cortado e dobrado.....	30
Figura 13 – Estoque de carretéis (bobinas)	31
Figura 14 – Estoque de barras da fábrica	31
Figura 15 – Transporte de bobinas através de pontes rolantes.....	32
Figura 16 – Pinos de dobramento.....	33
Figura 17 – Máquinas de dobra.....	33
Figura 18 – Etiqueta de identificação das peças.....	33
Figura 19 – Estoque de aço cortado e dobrado na fábrica.....	34
Figura 20 – Estoque de ganchos.....	34
Figura 21 – Carga de aço cortado e dobrado.....	35
Figura 22 – Descarregamento do aço cortado e dobrado	35
Figura 23 – Produtividade da mão-de-obra.....	36
Figura 24 – Aspectos a padronizar quanto à mensuração da RUP.....	37
Figura 25 – Classificação da mão-de-obra envolvida	38
Figura 26 – Representação do processo de produção com representação dos fatores influenciadores de produtividade.....	40
Figura 27 – Croqui da planta baixa do canteiro de obra com anexo da casa alugada....	44
Figura 28 – Mobilização do guindaste	45
Figura 29 – Descarregamento do aço cortado e dobrado com guindaste	45
Figura 30 – Estoque de aço cortado e dobrado.....	46
Figura 31 – Pré-montagem de pilar	46

Figura 32 – Esquema de setores	46
Figura 33 – Vista aérea do canteiro de obra.....	47
Figura 34 – Exemplo de tabela de aço de projetos estruturais	49
Figura 35 – Modelo de formulário utilizado para coleta de dados.....	50
Figura 36 – Estruturação dos dados coletados	51
Figura 37 – Gráfico de RUPd e RUPcum para montagem da segunda laje	52
Figura 38 – Gráfico de RUPd e RUPcum para pilares.....	53
Figura 39 – Detalhamento da armadura da seção transversal do pilar P7.....	54
Figura 40 – Gráfico de RUPd e RUPcum para vigas	55
Figura 41 – Gráfico de RUPd e RUPcum para lajes	56
Figura 42 – Produtividade da mão-de-obra na armação de pilares (Hh/t)	57
Figura 43 – Produtividade da mão-de-obra na armação de vigas (Hh/t).....	57
Figura 44 – Produtividade da mão-de-obra na armação de lajes (Hh/t).....	58
Figura 45 – Comparação do resultado obtido para armação de pilares (Hh/t).....	58
Figura 46 – Comparação do resultado obtido para armação de vigas (Hh/t).....	59
Figura 47 – Comparação do resultado obtido para armação de lajes (Hh/t).....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características das barras	20
Tabela 2 – Características dos fios	21
Tabela 3 – Dados estatísticos para perda do insumo aço	25
Tabela 4 – Diâmetro dos pinos de dobramento	28
Tabela 5 – Custo do insumo aço para os dois tipos de fornecimento (R\$/kg por bitola)42	
Tabela 6 – Valores brutos da hora dos profissionais de armação	42
Tabela 7 - Dados coletados de montagem e indicadores para o ciclo da segunda laje ..	52
Tabela 8 – Dados coletados para montagem e indicadores de pilares	53
Tabela 9 – Dados coletados para montagem e indicadores de vigas	55
Tabela 10 – Dados coletados para montagem e indicadores de lajes.....	56
Tabela 11 – Fatores influenciadores da produtividade no serviço de armação.....	58
Tabela 12 – Dados das obras da empresa de estudo	60
Tabela 13 – CPU do serviço de armação utilizando fornecimento em barras da obra Y62	
Tabela 14 – CPU do serviço de armação utilizando o fornecimento pré-cortado e dobrado da obra Z.....	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos.....	13
1.1.1	Objetivos específicos	14
1.2	Metodologia geral.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	<i>Atividade de armação em estruturas de concreto armado.....</i>	<i>15</i>
2.1.1	Características do concreto armado.....	15
2.1.2	Aço longo	18
2.2	<i>Fornecimento de aço</i>	<i>22</i>
2.3	<i>Produtividade da mão-de-obra.....</i>	<i>35</i>
2.3.1	Indicadores para estudo da produtividade	36
2.3.2	Mão-de-obra envolvida.....	37
2.3.3	Horas de trabalho consideradas	38
2.3.4	Medição dos serviços realizados	38
2.3.5	Período de tempo referente a RUP	39
2.3.6	Fatores influenciadores da variação da produtividade	40
2.3.7	Banco de dados utilizado como referência	41
2.4	<i>Custo dos insumos que serão utilizados</i>	<i>41</i>
2.4.1	Custo do aço	42
2.4.2	Custo da mão-de obra	42
2.4.3	Encargos sociais considerados	42
3	METODOLOGIA UTILIZADA PARA O ESTUDO DE CASO	43
3.1	<i>Descrição do canteiro de obra utilizado para estudo de caso</i>	<i>43</i>
3.2	<i>O que motivou a empresa a escolher o fornecimento de aço cortado e dobrado industrialmente?.....</i>	<i>44</i>

3.3	<i>Descrição da logística de produção das armaduras</i>	44
3.4	<i>Mão-de-obra utilizada</i>	47
3.4.1	Carga horária diária da mão-de-obra	47
3.4.2	Delimitação do tempo da coleta	48
3.4.3	Coleta da quantidade de serviço	48
3.5	<i>Formulário para coleta de dados</i>	49
4	ANÁLISE DE DADOS	50
4.1	<i>Análise geral do ciclo do segundo pavimento (subsolo 1)</i>	52
4.2	<i>Análise específica do ciclo do segundo pavimento</i>	53
4.2.1	Análise específica de dados para pilares	53
4.2.2	<i>Análise específica de dados para vigas</i>	54
4.2.3	Análise específica de dados para lajes.....	56
5	COMPARAÇÃO DAS RUPS OBTIDAS	57
5.1	<i>Análise específica de pilares</i>	58
6	COMPARAÇÃO DOS CUSTOS ENVOLVIDOS	61
7	CONCLUSÃO	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
	APÊNDICE A - DADOS LEVANTADOS DURANTE O ESTUDO	67

1 INTRODUÇÃO

No século XX no Japão, ocorreu o início do que podemos chamar de produção moderna, inovações tecnológicas e organizacionais foram desenvolvidas com o intuito de aumentar a produtividade e eliminar o desperdício de uma matéria-prima escassa após duas guerras mundiais, o que viria a ser conhecido como Lean Manufacturing.

Na construção civil, o pensamento Lean foi adaptado para o setor em 1992 pelo finlandês Lauri Koskela e chamado de Lean Construction (Construção Enxuta), a qual define como “nova filosofia de uma gestão de produção, originada do Sistema Toyota de Produção – STP e adaptada para construção civil”.

Desde meados de 2014, o setor da construção civil brasileiro vem enfrentando dificuldades devido à crise que atinge o país e apresentou em 2018 a quinta retração anual consecutiva. Até o início de 2019, o PIB desse segmento acumulou uma queda de 27,7%, segundo dados das Contas Nacionais Trimestrais do IBGE.

Com os enormes gastos investido de recursos financeiros no setor da construção civil, causados por um custo elevado de mão-de-obra e materiais, e em meio a atual crise que atinge todo o setor, a competitividade do mercado imobiliário se intensificou ainda mais. As empresas foram obrigadas a estudar novos métodos e tecnologias para reduzir despesas e racionalizar os processos produtivos. Segundo SCARDOELLI (1995), as empresas habituadas a compor o preço de venda a partir da soma do custo de produção e do lucro já estipulado, passaram a enfrentar uma realidade diferente, a qual o preço do produto final é definido pelo mercado, resultando em uma redução drástica das margens de lucro, obrigando as empresas a voltarem-se para a redução dos custos de produção.

No cenário nacional, estruturas de concreto armado são mais utilizadas para a construção de edifícios comerciais e residenciais. Segundo BATLOUNI NETO (2003), essa afinidade pelo concreto armado em comparação às estruturas metálicas, se dá pelo domínio tecnológico nacional na execução desse tipo de estrutura e pela abundância das matérias-primas necessárias à sua produção.

Segundo FAJERSZTAIN¹ apud SALIM NETO (2009), a etapa de estruturas tem um peso considerável no orçamento da obra, o conjunto da estrutura de concreto armado representa cerca de 20% do custo de uma construção.

¹ FAJERSZTAIN, H. Fôrmas para concreto armado: aplicação para o caso do edifício. 1987. 247p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

Das atividades que constituem a execução da estrutura, podemos destacar o serviço da armação. O desperdício em cima do aço estrutural se tornou algo comum entre as construtoras, assim como aceitar perdas de até 15% em cima desse insumo. Nas fases preliminares de estudo de viabilidade de um empreendimento, os orçamentos já incluem um gasto extra para compensar o desperdício, que são repassadas ao consumidor como custo de produção. Na maioria das empresas, o processo de corte e dobra do aço realizado no próprio canteiro não apresenta um plano de corte ou qualquer orientação aos armadores para tentar reduzir custos com desperdícios.

Deste modo, destacam-se quatro diferentes tipos de fornecimentos de aço: o aço em barras, aço pré-cortado e pré-dobrado, o pré-armado e o com telas eletrosoldadas. Respectivamente, o primeiro e o segundos são os mais usuais na maioria das construções; o terceiro, apresenta limitação quanto ao tamanho das peças montadas, devido ao peso total do elemento montado; o quarto geralmente é utilizado como malhas de lajes nervuradas e bastante utilizada em estruturas de parede de concreto.

Portanto, devido ao constante crescimento da utilização do aço pré-cortado e pré-dobrado e da necessidade de redução de gastos para poder sobreviver a um mercado extremamente competitivo, há uma demanda de conhecimento sobre produtividade da mão-de-obra da armação em comparação com o método tradicional de corte e dobra no canteiro. Nesta dissertação, será dada ênfase aos processos produtivos de execução das armaduras. Os dois métodos de produção de armadura citados serão comparados utilizando um estudo de caso com aço cortado e dobrado industrialmente e dados de outras duas obras da mesma construtora com utilização do aço em barras.

1.1 Objetivos

Realizar um estudo comparativo de viabilidade econômica na região da grande João Pessoa, entre o processo tradicional de corte e dobra de aço dentro do canteiro de obra e o fornecimento do aço cortado e dobrado através de um processo otimizado industrializado externo a obra, utilizando projetos e dados atuais de uma obra que emprega o sistema industrializado que serão comparados com outras duas obras da mesma construtora que utiliza o fornecimento em barras.

Através da análise de variáveis como insumos, processos envolvidos, mão-de-obra e tempo, a expectativa do trabalho é apresentar uma economia significativa do custo global do

sistema industrializado frente ao processo tradicional devido a utilização de métodos otimizados que eliminam os processos que não agregam valor ao produto final.

1.1.1 Objetivos específicos

- Descrever para cada tipo de sistema (tradicional e industrializado) as vantagens e desvantagens, assim como todas as etapas envolvidas até a produção final do elemento;
- Levantar dados de produtividade do estudo de caso que poderão ser utilizados como referências em estudos futuros ou banco de dados;
- Comparar índices de produtividades e custos totais entre os dois sistemas em estudo.

1.2 Metodologia geral

Inicialmente para desenvolvimento do trabalho, procurou-se entender o processo de produção do sistema industrializado de fornecimento de barras moldadas através de uma visita à siderúrgica da Gerdau Aço Norte e da fábrica de corte e dobra também da Gerdau, ambas em Pernambuco. Durante a visita, o mais importante foi identificar quais as atividades do canteiro de obra foram supridas pelo processo industrial, para então poder quantificar e detalhar as vantagens do corte e dobra em fábricas em comparação com o modelo tradicional de corte e dobra de barras no canteiro de obra.

Para estudos de produtividade e quantificação de materiais, foi utilizada uma obra para coleta de dados de produtividade do aço cortado e dobrado industrialmente e dados de outras duas obras da mesma empresa para o fornecimento em barras. Os dados obtidos e utilizados neste trabalho serão comparados com faixas de referências para indicadores de produtividade da TCPO (2010), garantindo assim a confiabilidade dos resultados obtidos.

Para comparar a viabilidade econômica de um processo sobre o outro, será realizada a comparação entre os dois fatores que variam entre os tipos de fornecimento, o preço do aço e a produtividade da mão-de-obra acrescentada dos encargos sociais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi utilizada durante toda elaboração do trabalho de conclusão de curso para compreender melhor certos assuntos, como a atividade de armação das estruturas de concreto armado, tipos de fornecimento de aço, produtividade da mão-de-obra e levantamento de custo dos insumos envolvidos. Com a falta de revisões recentes a respeito das etapas do processo do aço cortado e dobrado em fabricas, foi realizada uma visita ao setor de corte e dobra da fábrica Gerdau em Recife.

2.1 Atividade de armação em estruturas de concreto armado

2.1.1 Características do concreto armado

O concreto é a mistura formada pela associação de agregados miúdos, agregados graúdos, cimento e água. Já o concreto armado é o material composto, obtido pelo acréscimo de barras de aço ao concreto no seu interior. Devido à baixa resistência à tração do concreto (cerca de 10% da resistência à compressão), as barras de aço são responsáveis por absorver os esforços de tração das estruturas de concreto armado. Também ajudam a aumentar a capacidade de carga das peças comprimidas. (ARAÚJO L. 2014)

O desempenho do concreto armado só ocorrerá quando o aço e o concreto trabalharem em conjunto quando submetidos aos esforços solicitantes. O aço só começa a trabalhar quando o concreto que o envolve começa a se alongar e por meio de aderência, transmite os esforços as barras. (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2016)

ARAÚJO L. (2014, p.2) menciona as principais vantagens da estrutura de concreto armado:

- Na maioria das vezes é mais econômico;
- Facilidade de execução em diversos tipos de formas;
- Resistência ao fogo, agentes atmosféricos e ao desgaste mecânico;
- Geralmente não requer manutenção ou conservação;
- Permite facilmente a construção de estruturas hiperestáticas (estruturas mais seguras);

ARAÚJO L. (2014, p.2) menciona as principais desvantagens da estrutura de concreto armado:

- São construções com elevado peso;

- Dificuldade na execução de reformas ou demolições;
- Não apresenta boa proteção térmica;

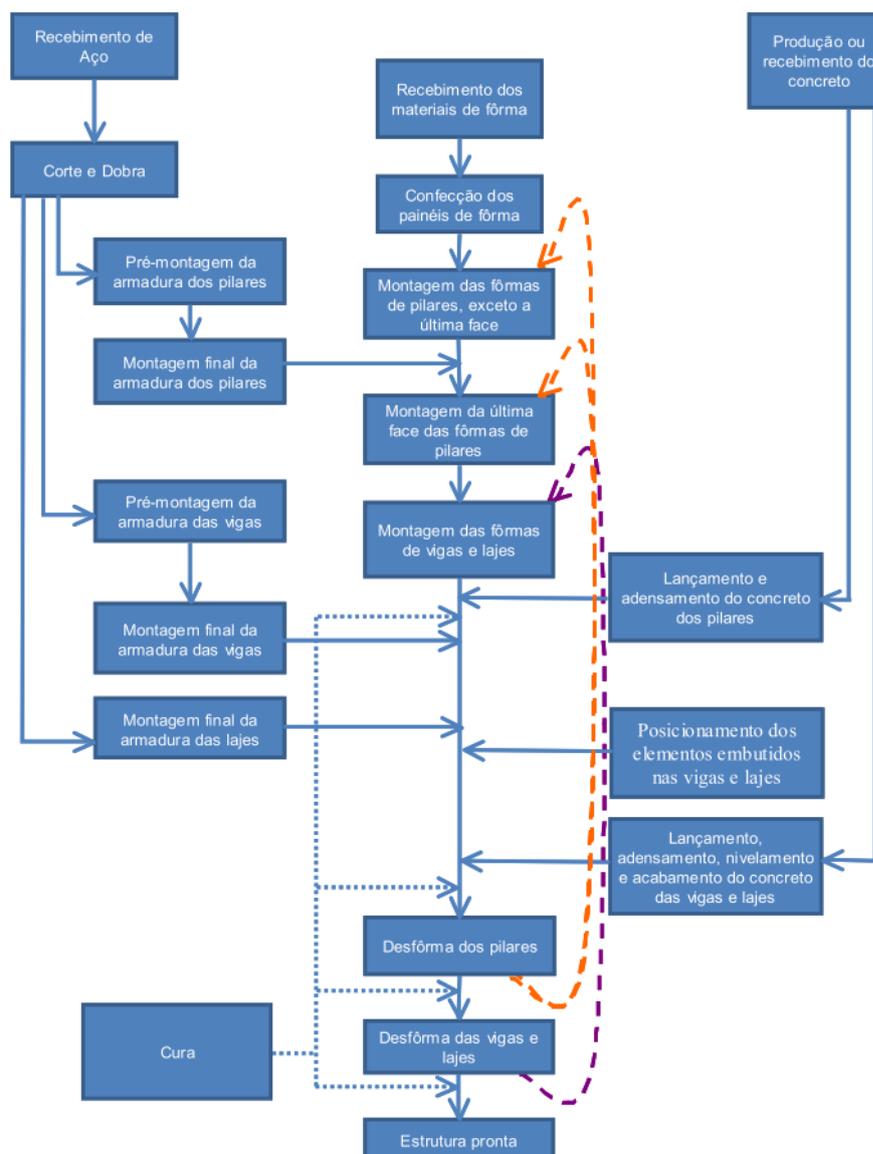
Uma das características mais importantes das estruturas de concreto é a durabilidade. As exigências relacionadas a durabilidade estão cada vez mais rígidas em todas as etapas da obra. Destinam-se a garantir a conservação das estruturas ao longo de toda a sua vida útil. Período o qual não são necessárias medidas extras de manutenção ou reparo.

SALIM NETO (2009) destaca que o concreto armado não é constituído apenas pelo concreto armado, mas também por fôrmas, que são definidas por FAJERSZTAJN (1987, apud SALIM NETO, 2009) como “estruturas provisórias e servem para suportar o concreto no estado plástico”, e também pelos embutidos, definidos por FREIRE² (2001, apud SALIM NETO, 2009) como “elementos que, posicionados dentro do concreto, permitem a integração da estrutura com outros subsistemas, além de auxiliarem na execução desta”.

A Figura 1 representa um fluxograma detalhado das atividades envolvidas em um esquema genérico da produção de elementos de concreto armado.

² FREIRE, T.M. Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo. 2001. 325p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

Figura 1 — Esquema genérico da produção de elementos de concreto armado



Fonte: FREIRE (2001, apud SALIM NETO, 2009)

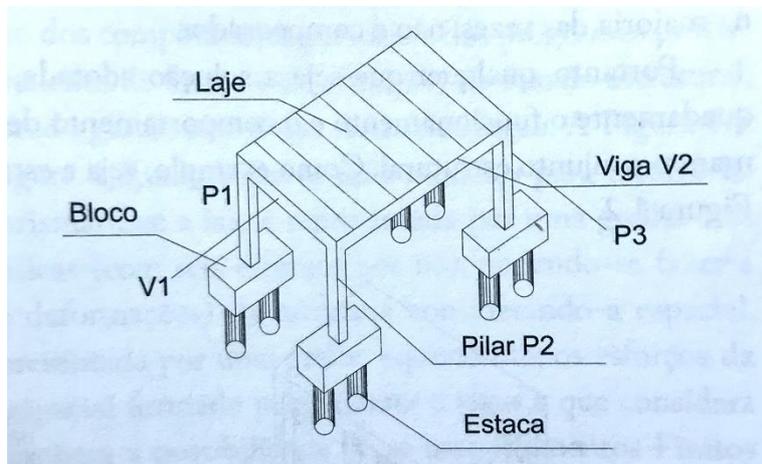
2.1.1.1 Peças estruturais

CARVALHO, FIGUEIREDO FILHO (2014) assevera que, elementos estruturais são peças, geralmente com uma ou duas dimensões preponderantes sobre as demais (vigas, lajes, pilares, etc.), que compõem uma estrutura.

CARVALHO, FIGUEIREDO FILHO (2014) afirma que o comportamento da estrutura real envolve cálculos detalhados e por vezes impossíveis. Para o cálculo de construções de concreto armado, é necessário fazer uma discretização e analisar separadamente os elementos

da estrutura em peças com comportamentos conhecidos de modelagem física e matemática. Elementos estruturais apresentados na Figura 2.

Figura 2 — Elementos estruturais e identificações

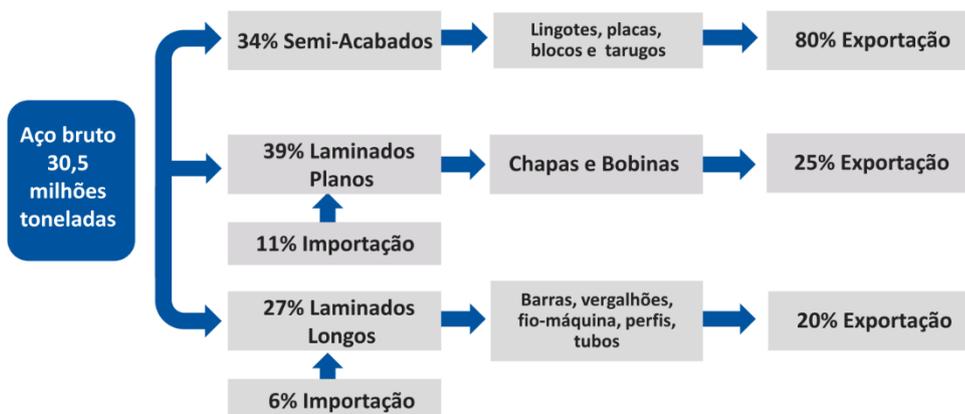


FONTE: CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO (2014, p.24)

2.1.2 Aço longo

As usinas produtoras de aço do Brasil podem ser divididas nas que produzem aços planos, que são chapas e bobinas; nas usinas que produzem os aços longos, que são barras, fios, vergalhões, arames e perfis; e nas que produzem aço semiacabado, que são lingotes, placas, blocos e tarugos. O perfil do setor siderúrgico está representado na Figura 3.

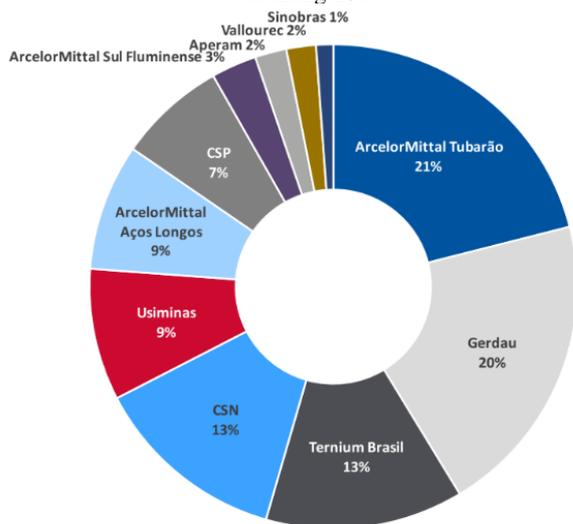
Figura 3 — Perfil do Setor Siderúrgico do Brasil



FONTE: Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos – DEPEC (Bradesco).

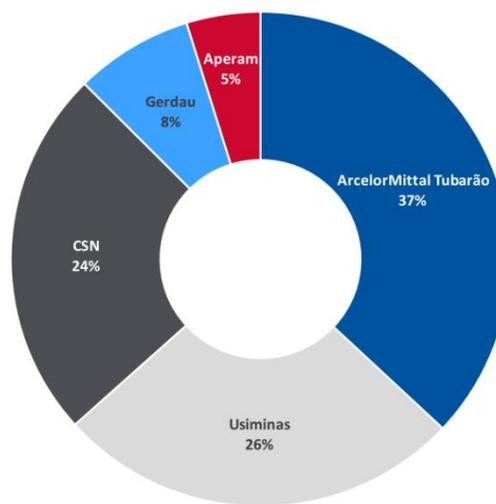
De acordo com pesquisa do DEPEC, utilizando dados do Instituto Aço Brasil, as empresas que dominam o mercado da produção do aço laminado plano e o aço laminado longo (estão relacionados com o presente trabalho) são as empresas ArcelorMittal, Gerdau, Usiminas e a CSN (Figura 4 e Figura 5).

Figura 4 — Empresas Produtoras de Aço Bruto Ranking 2017



Fonte: DEPEC (Bradesco)

Figura 5 — Empresas Produtoras de Aço Longo Ranking 2017



Fonte: DEPEC (Bradesco)

Segundo dados divulgados pelo WORLD STEEL (2019), o Brasil é o nono produtor de aço do mundo com 34,9 toneladas no ano de 2018. Em primeiro lugar, neste mesmo ano, a China foi responsável pela produção de 928,3 toneladas. A produção anual brasileira equivale a aproximadamente 14 dias de produção chinesa.

De acordo com dados do Instituto Aço Brasil presentes na pesquisa do DEPEC (2019), o setor da construção civil representou 13,2% do consumo dos produtos siderúrgicos produzidos no Brasil e em seguida, com 10,1%, o setor de peças automobilísticas.

2.1.2.1 Aço destinado para construção civil

A norma NBR 7480 (ABNT, 2007) define os tipos, as características e outros itens sobre as barras e fios de aços para utilização em concreto armado. Na designação desses fios e barras utiliza-se o prefixo CA, para indicar o uso em concreto armado, e em seguida o número ou categoria para indicar a resistência de escoamento mínima, em kN/cm².

De acordo com a NBR 7480 (ABNT,2007), as barras especificadas como CA25 e CA50, devem ser obrigatoriamente produzidas por laminação a quente, e que todos os fios, característicos do CA60, devem ser fabricados por trefilação ou laminação a frio. A Figura 6 apresenta um fluxograma simplificado do processo siderúrgico.

Figura 6 – Fluxo simplificado do processo siderúrgico de alguns produtos planos



Fonte: SILVA (2015)

As características das barras e as características dos fios são apresentadas na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente.

Tabela 1 – Características das barras

Diâmetro nominal (mm)	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
	Massa Nominal	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção	Perímetro
Barras	kg/m		mm ²	mm
6.3	0.245	± 7%	31.2	19.8
8	0.395	± 7%	50.3	25.1
10	0.617	± 6%	78.5	31.4
12.5	0.963	± 6%	122.7	39.3
16	1.578	± 5%	201.1	50.3
20	2.466	± 5%	314.2	62.8
22	2.984	± 4%	380.1	69.1
25	3.853	± 4%	490.9	78.5

32	6.313	± 4%	804.2	100.5
40	9.865	± 4%	1256.6	125.7

Fonte: Adaptado NBR 7480 (ABNT, 2007)

Tabela 2 – Características dos fios

Diâmetro nominal (mm)	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
	Fios	Massa Nominal kg/m	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção mm ²
2.4	0.036	± 6%	4.5	7.5
3.4	0.071	± 6%	9.1	10.7
3.8	0.89	± 6%	11.3	11.9
4.2	0.109	± 6%	13.9	13.2
4.6	0.13	± 6%	16.6	14.5
5.0	0.154	± 6%	19.6	15.7
5.5	0.187	± 6%	23.8	17.3
6.0	0.222	± 6%	28.3	18.8
6.4	0.253	± 6%	32.2	20.1
7.0	0.302	± 6%	39.5	22.0
8.0	0.395	± 6%	50.3	25.1
9.5	0.558	± 6%	70.9	29.8
10.0	0.617	± 6%	78.5	31.4

Fonte: adaptado NBR 7480 (ABNT, 2007)

Os diâmetros comerciais mais utilizados na construção civil são 4,2 mm; 5,0 mm; 6,3 mm; 8 mm; 10 mm; 12,5mm; 16 mm; 20 mm; 25 mm.

Ainda na NBR 7480 (ABNT, 2007), há uma indicação de como deve ser feita a encomenda de barras e fios, o comprador deve indicar:

- Número desta norma;

- Diâmetro nominal, categoria da barra ou do fio, característica na superfície (liso ou nervurado);
- Quantidade, em massa ou peças;
- Comprimento das peças;
- Embalagem (feixe, feixe dobrado, rolo);
- Outros requisitos adicionais aos indicados nesta Norma.

Os procedimentos para execução de estrutura de concreto estão presentes na NBR 1493 (ABNT,2004). O item 6.3.2, desta mesma norma, descreve como deve ser feito o armazenamento do aço para armaduras:

Devem ser estocados de forma a manterem inalteradas suas características geométricas e suas propriedades, desde o recebimento na obra até seu posicionamento final na estrutura. Cada tipo e classe de barra, tela soldada, fio ou cordoalha utilizado na obra deve ser claramente identificado logo após seu recebimento, de modo que não ocorra troca involuntária quando de seu posicionamento na estrutura. Para os aços recebidos cortados e dobrados, valem as mesmas prescrições para as diferentes posições. A estocagem deve ser feita de modo a impedir o contato com qualquer tipo de contaminante (solo, óleos, graxas, entre outros). (ABNT, 2004, p. 5).

Além dos fios e barras de aço, existem as telas soldadas. A norma referente às telas soldadas é NBR 7481(ABNT,1990, p. 1), que as define como “armadura pré-fabricada, destinada a armar concreto, em forma de rede de malhas retangulares, constituídas de fios de aço longitudinais e transversais, sobrepostos e soldados em todos os pontos de contato”. As telas soldadas não serão objeto de estudo deste trabalho.

SOUZA e PALIARI³ (2004, apud SALIM NETO, 2009, p.23), por meio de um cálculo rápido, demonstram a ordem de grandeza para o consumo de aço de armaduras utilizadas em concreto armado, através do seguinte raciocínio: “considerando-se que um metro quadrado de construção demande 0,25 m³ de estrutura e que o aço seja utilizado numa taxa de 100 Kg por m³ de estrutura de concreto armado, chega-se a uma necessidade de 25kg de aço por m² de construção”.

2.2 Fornecimento de aço

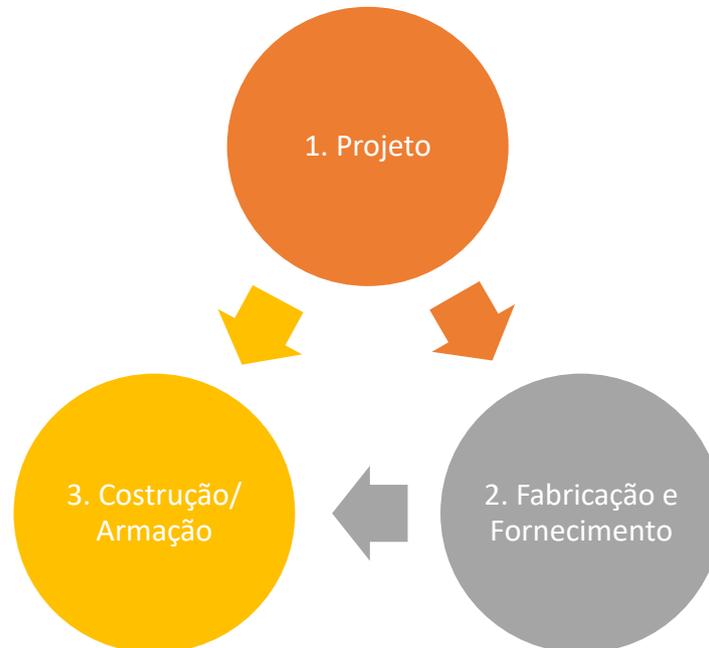
Para facilitar o entendimento deste trabalho, será descrita algumas definições:

³ SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C. Método para o prognóstico do consumo de aço para estruturas de concreto armado. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRÍDO, 10., 2004. São Paulo. Anais... São Paulo:ANTAC. P.1-8. 1 CD-ROM

- Armadura ou ferragem: “Associação de diversas peças de aço, formando um conjunto para um determinado componente estrutural”. FREIRE (2001, apud SALIM NETO, 2009)
- Armação: “conjunto de atividades que engloba administração de documentos, o planejamento e a programação do serviço, as operações de produção, a inspeção das armaduras, o controle de estoques, entre outras”. ÁRAUJO L. (2005).
- Vergalhão: “barra ou fio de aço com comprimento aproximado de 12m.” FREIRE (2001, apud SALIM NETO, 2009).
- Bitola: “um número correspondente ao valor arredondado, em milímetros, do diâmetro da seção transversal nominal do fio ou da barra” (FUSCO, 1995, p. 3).

KALIAN et al. (2000, apud ARAÚJO,2005, p.53) divide o processo de armação em três etapas: 1) projeto; 2) fabricação e fornecimento; 3) construção/armação. Kalian também propõe a utilização do termo “Processo de Concepção e Produção de Armaduras” (PCPA), que está representado pela Figura 7.

Figura 7 – Principais etapas do PCPA



FONTE: Do autor (2019)

Segundo ARAÚJO (2005), os projetos de estrutura (tanto o de forma como o de detalhamento de armaduras), que forem executados levando em consideração facilitar a

execução, têm grandes chances de influenciarem positivamente a produtividade da mão-de-obra, conseqüentemente, reduzindo os custos da etapa de estrutura.

A etapa de fabricação e fornecimento, consiste na preparação da peça/armadura, em fábricas, podendo incluir ou não as operações de corte e dobra por máquinas automatizadas fora do canteiro de obras.

O fornecimento de aço pode ser feito em barras, pré-cortado e pré-dobrado, em telas soldadas e pré-armado. Porém, o enfoque deste trabalho não engloba a utilização dos dois últimos, pois a grande demanda do setor para a região está relacionada ao fornecimento em barras e pré-cortado e pré-dobrado.

A escolha do sistema de fornecimento deve ser escolhida levando em conta algumas variáveis próprias de cada obra. Cada sistema tem suas particularidades e etapas distintas de processo, que também são importantes durante o planejamento do serviço. De acordo com a ABCP (2002, apud ARAÚJO L. 2005, p. 78) a demanda necessária e a área de aço disponível no canteiro para recebimento do material, em alguns casos, podem determinar o tipo de fornecimento do aço.

FORNECIMENTO DE AÇO EM BARRAS:

É o método mais utilizado na construção civil no Brasil, foi a primeira alternativa existente de fornecimento de aço disponível no mercado, e por muito tempo a única. O aço fornecido em barras é utilizado pelos construtores que preferem cortar e dobrar no canteiro de obras, necessita de uma central de corte e dobra de aço. (SALIM NETO, 2009).

Segundo SALIM NETO (2009), as vantagens citadas desse tipo de fabricação são:

- Espaço solicitado para estocagem reduzido, uma vez que o aço é armazenado em baias por tipo de bitola;
- Rapidez de conferência no recebimento;

Para fabricação da peça conforme detalhamento do projeto, é necessário que o profissional envolvido tenha habilidade e cuidados para realizar a operação. A qualidade e precisão estão relacionadas diretamente com esse profissional.

Ainda que o profissional envolvido com o corte tenha experiência e cuidados, ele deve receber orientações para o processo de corte do mestre/encarregados de armação, que empregarão um tempo significativo na interpretação e posterior transcrição das informações em ordens de corte.

De acordo com ARAÚJO L. (2005), a ordem de corte nada mais é do que uma listagem simples com as peças que deverão ser produzidas para uma determinada etapa da obra, com função principal de orientar o armador em relação a necessidade da obra. Além disso, a ordem de corte também pode contemplar aspectos ligados a racionalização do material. Nesta situação, outro profissional (as vezes até o engenheiro da obra) seria responsável por elaborar a ordem de corte ou plano de corte (quando está relacionado a racionalização), através de softwares, planilhas ou tentativas.

Uma das principais desvantagens do fornecimento em barras é a perda envolvida no processo. AGOPYAN et al. (1998) apresenta o estudo de índices de perdas de materiais/componentes em canteiros de obras. O autor utilizou como amostra obras brasileiras que utilizam o fornecimento em barras. Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados estatísticos para perda do insumo aço

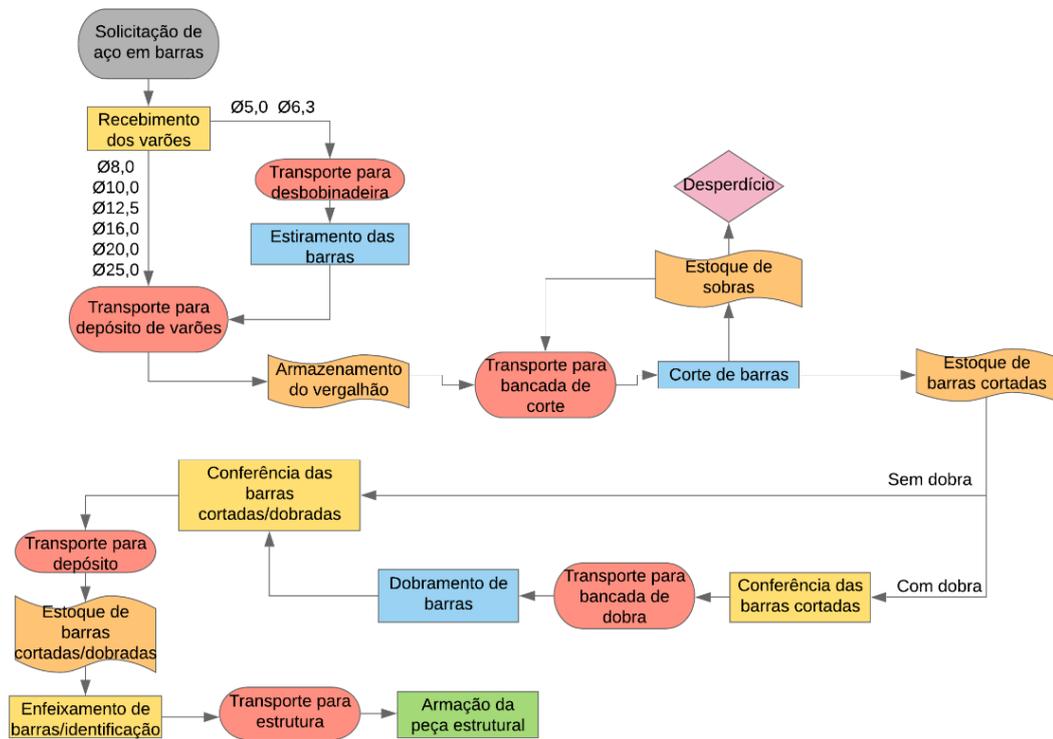
Média (%)	Mediana (%)	Desvio P.	Dif. Quartis (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
10	11	4	6	4	16	12

FONTE: AGOPYAN et al (1998, p. 110)

O processo de produção da armadura no canteiro de obras envolve um conjunto de atividades, que se iniciam pela reunião de documentos (projetos, cronograma, formulários de pedidos, procedimentos de execução, fichas de treinamento, etc.), que virão a ser essenciais para o andamento do que ARAÚJO L. (2005) vem a chamar de “operações de produção”. As operações de produção envolvem todas as etapas do processo produtivo, por exemplo o recebimento do material, o armazenamento, os transportes, o corte e a dobra das barras, a pré-montagem das peças e a montagem final.

As operações de produção variam de acordo com o método de trabalho escolhido pelas pessoas responsáveis. As decisões a respeito do método devem ser embasadas em critérios técnicos e operacionais que mais se adequem as condições físicas e financeiras da obra. A Figura 8 apresenta um fluxograma das atividades que geralmente ocorrem na maioria dos canteiros de obra que adotam o fornecimento em barras.

Figura 8 – Fluxograma de atividades para aço em barras



FONTE: Do autor (2019)

No caso do aço em barra, depois de solicitado, o material é entregue em caminhões com capacidade de 12,5t ou carretas com capacidade de 25t. Deve ser feita a conferência do material conforme pedido e nota fiscal. Em comparação com o pré-cortado e dobrado, a conferência deste tipo de fornecimento é realizada de maneira ágil, pois, geralmente, as principais especificações são apenas comprimento (12 metros), diâmetro e quantidade.

A questão da operação de descarga depende de algumas variáveis, como mão-de-obra envolvida, tempo gasto, logística do canteiro, etc. Pode ser realizada manualmente ou com o auxílio de equipamentos mecânicos (como grua ou guindaste móvel). A descarga manual do aço na construção mobiliza uma grande quantidade de trabalhadores, que desempenham a atividade em condições ergonômicas bastante desfavoráveis e expostos a riscos físicos elevados. A descarga mecanizada utilizando grua ou guindaste (Figura 9) torna a operação bem mais rápida e eficiente, diminuindo problemas ergonômicos. (ARAÚJO L., 2005)

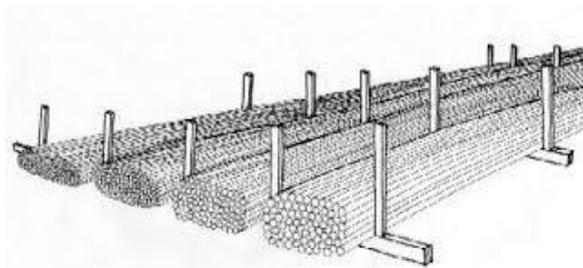
Figura 9 — Descarregamento de aço com o uso do guindaste



FONTE: Do autor (2019)

Outro aspecto negativo associado ao aço em barras, é o número de operações de deslocamento e armazenamento que o material necessita. Como já mencionado anteriormente, varia de acordo das atividades desenvolvidas para a operação de produção. É estocado após ser descarregado, novamente, após o corte, dobra e pré-montagem, como mostrado anteriormente no fluxograma da Figura 8, nas quais as atividades de transporte e armazenamento estão destacadas nas cores vermelho e laranja, respectivamente. Um aspecto positivo importante a respeito do aço em barras é o espaço reduzido necessário para estocagem do material, como mostra a Figura 10.

Figura 10 — Armazenamento de barras de aço

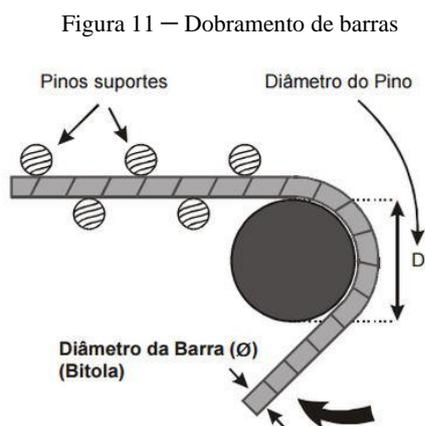


FONTE: Catálogo de Materiais CM .01 da Latache Engenharia⁴

⁴ Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2403/3/CM%20-%20Catalogo%20de%20Materiais.pdf>>. Acesso em: 17/08/2019

A próxima etapa se trata do corte dos varões visando a produção das armaduras. Como já mencionado anteriormente, esta operação requer um certo nível de cuidados, pois é necessária para que a peça assuma a configuração prevista em detalhamento e tem relação direta com as perdas do insumo aço no canteiro de obra.

A dobra das barras, de aço no canteiro de obra também requer cuidados especiais pois é um ponto preocupante. A NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece que o diâmetro interno da curvatura dos ganchos das armaduras longitudinais de tração deve ser como estar indicado na Tabela 4. Na maioria dos canteiros é utilizado pinos de 10mm (3/8”) ou 12,5mm (1/2”) para dobrar todos os diâmetros de barras. O dobramento com pinos incorretos pode fragilizar o material na parte da dobra, visto que a região da dobra sofre um maior esforço, que provoca pequenas trincas ou fissuras nas bases das nervuras, diminuindo a área resistente da barra. A Figura 11 apresenta um esquema ilustrativo de elementos de uma bancada de dobra.



FONTE: Artigo da ArcelorMittal⁵

Tabela 4 – Diâmetro dos pinos de dobramento

Bitola mm	Tipo de aço		
	CA-25	CA-50	CA-60
< 20	4 ϕ	5 ϕ	6 ϕ
\geq 20	5 ϕ	8 ϕ	-

FONTE: Tabela 9.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014)

De acordo com SALIM NETO (2009), após a produção das peças, armazenamento e identificação dos itens produzidos, ocorre também o transporte para o local de pré-montagem

⁵ Disponível em: < <https://www.belgo.com.br/pro/dobramento.pdf>>. Acesso em: 17/08/2019

e/ou para o local de montagem final, que depende do sistema de transporte instalado no canteiro de obras.

Segundo BARROS E MELHADO⁶ apud SALIM NETO (2009), os fatores que devem ser considerados para definir se haverá ou não pré-montagem são:

- “as dimensões das peças”;
- “o sistema de transporte disponível na obra”
- “a espessura das barras para resistir aos esforços de transporte de peça montada, entre outros”.

Conforme ARAÚJO L.(2005), as principais vantagens da pré-montagem são:

- “otimizar o ciclo de execução da estrutura ao se eliminar o tempo que seria gasto com a montagem das armaduras no pavimento em execução”
- “antecipar a confecção das gaiolas para elementos dos trechos seguintes, diminuindo as chances de atrasar uma atividade que é um caminho crítico da obra”
- “garantir, ao armador, frente de serviço nos momentos em que ele não está envolvido nas operações de montagem”;
- “aumentar a qualidade das armaduras produzidas”
- “aumentar o tempo em que os armadores permanecem sob melhores condições (locais protegidos, posições ergonômicas) de trabalho”;
- “minimizar as situações de trabalho em locais de maior risco de acidente, etc.”.

FORNECIMENTO DE AÇO PRÉ-CORTADO E PRÉ-DOBRADO:

O fornecimento de aço cortado e dobrado industrialmente, consiste na solicitação do material por meio do envio do projeto com a disposição e detalhamento da armadura desejada. Este método, necessita de uma área maior de estocagem de peças, quando comparado ao fornecimento em barras, e um planejamento associando o tempo de necessidade da armadura com o tempo de produção da fábrica.

As principais vantagens desse tipo de fornecimento:

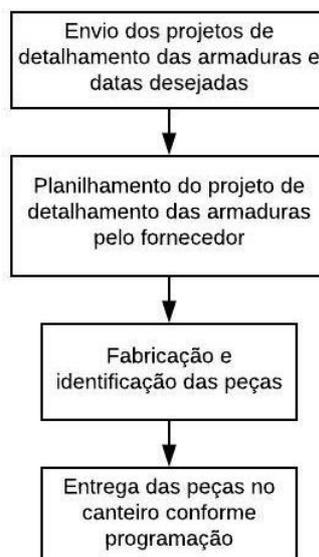
⁶ BARROS, M.M.S.B.; MELHADO, S.B. Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios. São Paulo: Projeto Epusp/Senai. 1998. 40p.

- Redução da mão-de-obra no canteiro, devido a eliminação dos processos de corte e dobra dentro do canteiro. Consequentemente, redução de acidentes de trabalho no setor, entre outros;
- Ganho de produtividade;
- Redução das perdas de material, pois não há necessidade de corte;
- Maior qualidade do produto final, devido a execução através de máquinas;

O primeiro passo é o contato com o fornecedor para negociação dos valores para o serviço de corte e dobra, expresso em reais por toneladas (R\$/ton). Os valores não variam em função da dificuldade de execução do produto desejado, como se era de esperar. Deste modo, mesmo com projetos mais complexos (com um número elevado de peças distintas, que exigem mais produtividade das máquinas), o custo para o contratante permanece o mesmo valor, que projetos mais simples (maior número de peças repetidas).

Após fechar contrato, o contratante encaminha os projetos de detalhamento da armadura para o fornecedor, juntamente com a data desejada para recebimento do material. É importante lembrar que o tempo para a produção das peças pode variar de fornecedor para fornecedor, devendo o contratante verificar os prazos e se programar para que não ocorra falta de material. A Figura 12 representa um fluxograma de atividades seguidas para a solicitação do aço cortado e dobrado industrialmente.

Figura 12 — Fluxograma de atividades fornecimento de aço cortado e dobrado



FONTE: ÁRAUJO L. (2005)

Durante a visita ao setor de corte e dobra da Gerdau Aço Norte, foi apresentado pela equipe todo o processo desde a solicitação até o envio do material. Atualmente, o contato entre fornecedor e contratante é feito através de um formulário no site, onde são inseridos os arquivos dos projetos detalhados, data desejada e alguma especificação ou observação a respeito do pedido ou da entrega, quando necessário. Além das peças do projeto, o contratante também pode solicitar outros elementos, como barras extras, caranguejos⁷, etc.

Após o preenchimento correto do formulário com os dados necessários, é realizada uma pré-análise nos projetos para fazer um mapeamento dos tipos de peças, bitolas e quantidades. O termo “pré-análise” se deve ao fato de que essa etapa não apresenta todas as informações exatas de programação e quantificação, só será precisa na etapa de planilhamento. O mapeamento é fundamental para identificar qual é a máquina que será utilizada para confeccionar determinado elemento. A equipe de programação é responsável pela alocação da produção dos pedidos nas máquinas, gerenciando a disponibilidade na fila de produção.

A próxima etapa é a atividade de planilhamento, que consiste em transformar cada peça em informações que serão impressas em etiquetas e servirão como ordens de produção para as máquinas de corte e dobra. Nesta etapa, os projetos de cada pedido são plotados e analisados por uma equipe técnica, que verifica a presença de erros ou a incoerência de alguma informação.

O aço utilizado nas fábricas pode ser enrolado em carretéis (Figura 13) ou em barras com comprimento de 12m (Figura 14). Para a fábrica de corte e dobra visitada, o aço fornecido em carretéis limita-se ao diâmetro 25 mm.

Figura 13 — Estoque de carretéis (bobinas)



FONTE: Do autor (2019)

Figura 14 — Estoque de barras da fábrica



FONTE: Do autor (2019)

⁷ Caranguejo: tipo de espaçador para armaduras, com função principal de separar as armaduras negativas das positivas.

Para a utilização de aço em carretéis, é necessário a disposição de máquinas de “polidobra” (capaz de dobrar vários formatos diferentes) que são abastecidas por estruturas mecânicas chamadas de pontes rolantes (Figura 15). Com a máquina abastecida com o carretel, o operador faz a leitura do código de barras da etiqueta com a ordem de produção (produzida na etapa de planilhamento) para iniciar o processo.

Figura 15 — Transporte de bobinas através de pontes rolantes



FONTE: Do autor (2019)

Para a utilização de aço em barras, a máquina de corte e dobra deve ser abastecida com feixes de barras de diâmetro adequados a atividade que será executada. Em comparação a utilização de carretéis, a utilização em barras gera uma perda de material significativa. As pontas que não são reaproveitadas, provenientes do corte, são vendidas como sucata para a siderúrgica. A entrada da ordem de produção é similar à da utilização com carretéis.

Algumas máquinas não são totalmente automáticas, por realizar apenas a ação de corte, faz-se necessário a utilização de máquinas de dobra separadas.

Como já mencionado anteriormente, uma das vantagens desse tipo de fornecimento é a qualidade final do produto, devido a utilização de máquinas no processo de produção. As peças são produzidas exatamente como detalhada em projeto, respeitando todas as normas ABNT. Em relação ao dobramento da barra, o processo respeita a NBR 6118 (ABNT, 2014), os pinos de dobras (Figura 16) são substituídos nas máquinas de dobra (Figura 17) ou nas máquinas de polidobras em função da peça que está sendo produzida.

Figura 16 — Pinos de dobramento



FONTE: Do autor (2019)

Figura 17 — Máquinas de dobra



FONTE: Do autor (2019)

A identificação das peças é realizada assim que ocorre a confecção das mesmas. A própria etiqueta de ordem de produção identifica o feixe produzido, a obra de destino, projeto a que pertencente, posição, informações geométricas, diâmetro, quantidade, etc. (Figura 18).

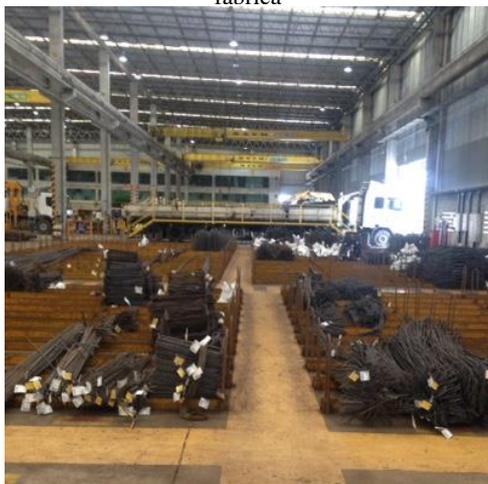
Figura 18 — Etiqueta de identificação das peças



Fonte: Do autor (2019)

Logo após a fabricação de todo o pedido, o aço estocado (Figura 19 e Figura 20) é conduzido até as carretas ou caminhões também por meio das pontes rolantes. No momento do carregamento, é realizada novamente a leitura de todos os códigos de barras das etiquetas, para garantir que todo o pedido esteja completo. O setor de logística da fábrica fica responsável pela organização da carga em cima dos caminhões, que varia em função do número de cargas, sequência de entregas, etc.

Figura 19 – Estoque de aço cortado e dobrado na fábrica



FONTE: Do autor (2019)

Figura 20 – Estoque de ganchos



FONTE: Do autor (2019)

O recebimento do aço no canteiro de obra é composto por duas etapas: conferência e descarregamento do aço.

Na conferência deve ser verificado as informações da nota e do romaneio⁸ para ver se é condizente com o carregamento e o pedido solicitado. Também deve ser observado o aspecto geral das peças no que diz respeito à integridade dos formatos, danificação das nervuras, sinais de corrosão, etc. Em relação a verificação quanto a formato, diâmetro, dimensões e quantidade de peças, o contratante não precisa conferir no ato da entrega. A conferência pode ocorrer durante e/ou após o seu descarregamento.

No caso da empresa Gerdau, a contratada fornece um prazo de 48 horas para questionamentos quanto a elementos faltantes e um prazo com tempo indeterminado caso ocorra erros na etapa de planilhamento (que é o caso de erros no formato, diâmetro, dimensões e quantidades), facilitando o descarregamento para o contratante e agilizando o transportador para outras entregas. Em síntese, o contratante deve destacar a parte inferior da etiqueta de identificação (já mostrada na Figura 18) e conferir se todos os elementos do romaneio foram entregues.

O trabalho de conferência do fornecimento do aço cortado e dobrado é mais trabalhoso quando comparado ao fornecimento de barras, devido à grande quantidade diferente de peças de aço que chega em um único pedido. Em uma carreta de 25t, é normal a presença de dezenas e até centenas de feixes (Figura 21 e Figura 22). A grande quantidade de feixes dificulta

⁸ De acordo com SOUZA (2005), é um documento que contém informações sobre todas as peças que foram solicitadas pelo contratante, como identificação da etiqueta, formato, diâmetro e dimensões das peças, e que, teoricamente, deveriam apresentar-se no carregamento a que se refere.

também o destacamento de todas as etiquetas para conferência. Algumas só são encontradas ao longo da utilização do pedido.

Figura 21 — Carga de aço cortado e dobrado



FONTE: Do autor (2019)

Figura 22 — Descarregamento do aço cortado e dobrado



FONTE: Do autor (2019)

Semelhante ao fornecimento em barras, o tipo de descarregamento (Figura 22) e transporte (manual ou mecanizada) é em função de fatores logísticos do canteiro de obra e o que julgar ser mais viável economicamente. No descarregamento e em qualquer etapa que envolve transporte das peças, é necessária mais atenção, pois os feixes que são abertos para possibilitar o transporte não devem ser misturados, devendo ser fechados e identificados novamente.

O espaço necessário para armazenamento é uma desvantagem, visto que não é mais possível o armazenamento em baias como o fornecimento em barras, devido à grande quantidade de dobras e peças diferentes que ocupam um volume consideravelmente maior.

A etapa de montagem e/ou pré-montagem para o fornecimento do aço pré-cortado e pré-dobrado assim como suas vantagens e desvantagens é idêntica à do fornecimento em barras, assim como as vantagens envolvidas e quando é recomendável realizar.

As perdas de material nesse tipo de fornecimento estão relacionadas apenas a questão de organização do canteiro. Quanto maior a desorganização no armazenamento e transporte do material, maior será o índice de perdas.

2.3 Produtividade da mão-de-obra

Para poder comparar os tipos de fornecimento de aço, é necessário conhecer individualmente cada serviço e seus indicadores.

SOUZA (2006, p. 25) define produtividade como “a eficiência (e, na medida do possível, a eficácia) na transformação do esforço dos trabalhadores em produtos de construção (a obra ou suas partes)”. A Figura 23 apresenta a definição de produtividade da mão-de-obra.

Figura 23 – Produtividade da mão-de-obra



2.3.1 Indicadores para estudo da produtividade

Para mensurar a produtividade de uma equipe, é necessário um indicador, porém não existe uma padronização de como deve ser executada. Um mesmo serviço pode apresentar grandes variações de produtividade, por exemplo, um pedreiro trabalhando sem condições favoráveis de equipamentos e segurança (no caso de uma obra informal) realizando o assentamento de uma alvenaria mais complexa tende a ter uma produtividade bem inferior a um mesmo profissional que trabalha no mesmo tipo de serviço com uma equipe, com todos os equipamentos adequados (em uma obra formal) e em um assentamento de alvenaria mais simples.

O TCPO (2010) apresenta, para alguns serviços, uma produtividade variável para uma unidade de produto em vez de citar um valor médio histórico. Os valores foram obtidos com base em observações real do desempenho ocorrido em obras de construções. Os intervalos são apresentados em faixas com os valores de máximo, mínimo e mediano.

Será utilizado neste trabalho o indicador razão unitária de produção (RUP), proposto por SOUZA (2006), para mensurar a produtividade. Este indicador é a razão do esforço humano, avaliado em Homens x hora (Hh), sobre a quantidade de serviço (QS).

$$RUP = \frac{Hh}{QS}$$

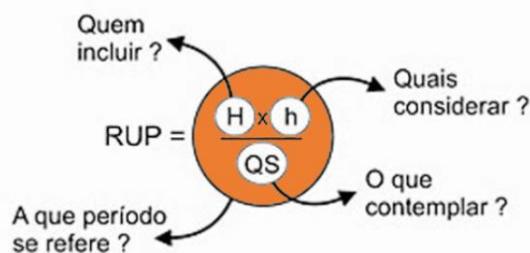
A RUP é inversamente proporcional a quantidade produzida, ou seja, quanto mais alto o valor, menor é a produtividade.

O serviço de armação de estrutura de concreto armado será contabilizado em peso (Kg) de aço produzido, para ser comparados com os resultados obtidos de outras bibliografias.

Para poder padronizar a avaliação do RUP, SOUZA (2006) apresentou quatro aspectos (Figura 24) que devem ser padronizados:

- “A definição de quais homens estão inseridos”;
- “a quantificação das horas de trabalho a considerar”;
- “a quantificação do serviço”;
- “a definição do período de tempo ao qual as mensurações de entradas e saídas se referem”.

Figura 24 — Aspectos a padronizar quanto à mensuração da RUP.



FONTE: SOUZA (2006, p. 32)

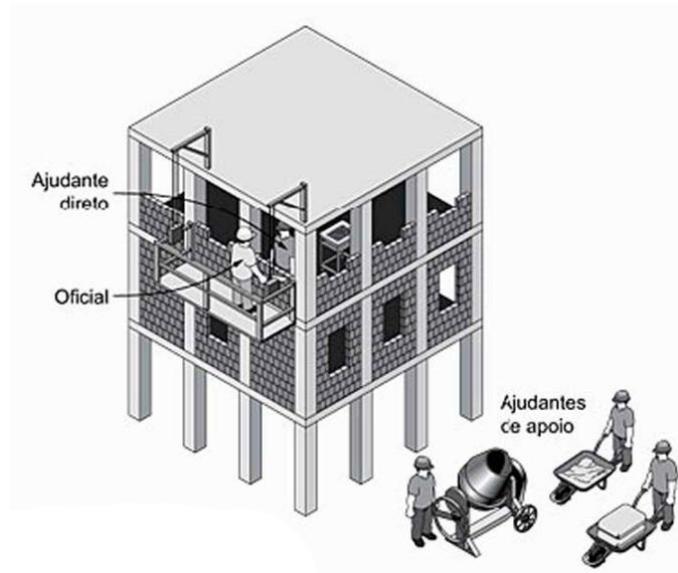
2.3.2 Mão-de-obra envolvida

A coleta de dados da mão-de-obra deve ser padronizada, para isso SOUZA (2006) limita os dados apenas aos operários que estão diretamente relacionadas a produção, que agregam valor à obra, ou ainda, os operários que “põem a mão na massa”.

SOUZA (2006) divide a mão-de-obra contemplada em três setores (Figura 25):

- **Oficiais:** São considerados os que estão diretamente envolvidos com o serviço executado;
- **Mão-de-obra direta:** São os ajudantes diretos acrescentados ao grupo dos oficiais no serviço executado;
- **Mão-de-obra global:** São acrescentados os esforços de apoio a da mão-de-obra direta no serviço executado.

Figura 25 – Classificação da mão-de-obra envolvida



FONTE: TCPO (2010, p. 48)

É objeto de estudo deste trabalho apenas a mão-de-obra dos oficiais. Assim, para mensurar a produtividade deste trabalho só será necessário a razão unitária de produção (RUP) que avalia a produtividade dos oficiais.

2.3.3 *Horas de trabalho consideradas*

Segundo SOUZA (2006), o tempo dedicado ao serviço são as horas disponíveis para o trabalho, assim sendo é o tempo total que o operário está presente no canteiro e pronto para trabalhar. Não é descontado o tempo que o funcionário ficou paralisado por culpa de outros (por exemplo, falta de material, de instrução ou de frente de serviço, etc.); não é válido a contabilização apenas das horas produtivas (deve ser considerado todas as horas de disposição do operário, independente do engajamento em diferentes momentos do dia).

2.3.4 *Medição dos serviços realizados*

A unidade de mensuração é em função do serviço executado. Por exemplo, para serviços de forma e alvenaria, a medição é feita em área; para serviços de concretagem, é em volume; no caso do aço, a medição será realizada pelo seu peso em quilogramas.

SOUZA (2006) define que é necessário a medição da quantidade “líquida” de serviço e não a quantidade “bruta” ou “equivalente”. No caso do serviço de alvenaria, a quantidade líquida seria a área de execução da alvenaria subtraindo as aberturas (janelas, portas, etc.).

Deste modo, a quantidade de serviço utilizada nesse trabalho será em peso (kg) de aço empregado na fabricação de armaduras previstas em projeto.

2.3.5 Período de tempo referente a RUP

SOUZA (2006) reconhece que existe diferentes períodos de tempo relacionados a mensuração da RUP e dos dados das entradas (H e h) e saídas (QS):

- a diária, caracterizada pelo cálculo da medição em cada dia de trabalho, denominada de RUP diária (RUP_d);
- um período acumulado, a qual as entradas e saídas são aquelas acumuladas deste o dia inicial do estudo até a data de sua avaliação, denominada RUP cumulativa (RUP_{cum});
- um ciclo do serviço, é utilizada quando o serviço possui ciclos bem definidos, como o serviço de formas ou armação em andares repetitivos, o ciclo seria o tempo da conclusão dos serviços para um pavimento, denominada RUP cíclica (RUP_{cic});
- um período determinado, o qual se deseja saber o valor da RUP periódica (RUP_{per}).

Ainda de acordo com SOUZA (2006), além das RUPs citadas, define-se a RUP potencial (RUP_{pot}) como “ um valor da RUP diária (RUP_d) associados à sensação de bom desempenho e que, ao mesmo tempo, mostra-se factível em função dos valores de RUP_d detectados”. A RUP_{pot} é obtida matematicamente com o valor da mediana das RUP_d inferiores ao valor da RUP_{cum} ao final do período de estudo.

SOUZA (2006) afirma que a RUP_{pot} pode servir de “referência de produtividade teoricamente alcançável” e que a diferença da RUP_{cum} e a RUP_{pot} representa uma divergência entre o valor real e o ideal, que pode ser definido como uma perda percentual de produtividade da mão-de-obra (Perda M.O.mo) e calculada pela fórmula:

$$\text{Perda M. O. (\%)} = \frac{RUP_{cum} - RUP_{pot}}{RUP_{pot}}$$

Ao longo deste trabalho, será utilizada as RUP_d , RUP_{cum} e a RUP_{cic} .

2.3.6 Fatores influenciadores da variação da produtividade

SOUZA (2006) reconhece que mesmo com a padronização de indicadores a produtividade da mão-de-obra é mostrada através de faixas de amplitude bem elevadas. Na tentativa de explicar essa variação, Thomas; Yakoumis (1987) propõem o que chamaram de “modelo de fatores”:

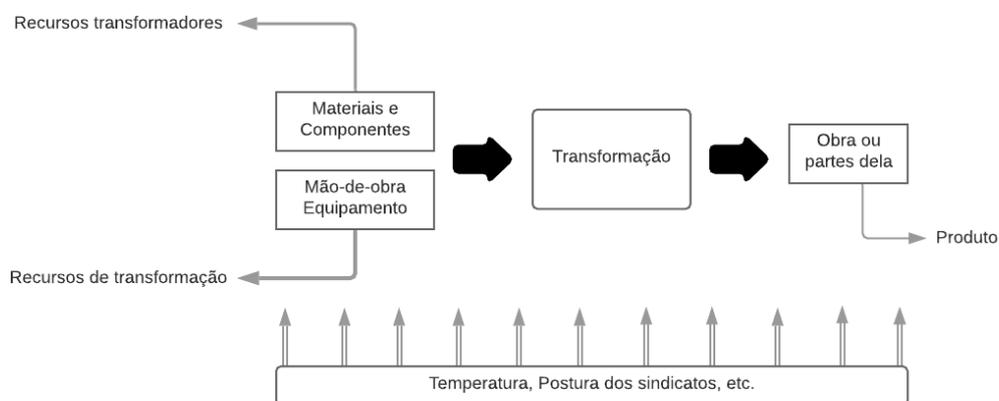
A razão para a variação da produtividade é em função de todas as características relativas ao serviço que está sendo executado. No caso da Construção Civil, a estabilidade é muito menor quando comparada a Indústria Seriada; o mesmo serviço varia de uma obra em relação a outra e de um dia em relação a outro na mesma obra. Desta maneira, a variações das características tem consequência direta nas variações de produtividade. A essas características que estão relacionadas a variação de produtividade se descreitas como fatores. (THOMAS; YAKOUMIS, 1987 apud SOUZA, 2006).

Os fatores influenciadores de produtividade descritos por SOUZA (2006) são:

- da obra em estudo, por exemplo, condições climáticas da região, frente de trabalho suficiente para o serviço, etc.;
- da comparação da obra com outras obras, como, complexidade do serviço, utilização de grua, remuneração dos funcionários, etc.;
- da comparação entre diferentes regiões de conjunto de obras, que envolve o nível de empregado vigente na região, ações do sindicato local, etc.

Aos fatores influenciadores e onde podem interferir estão representados na Figura 26.

Figura 26 – Representação do processo de produção com representação dos fatores influenciadores de produtividade



FONTE: SOUZA (2006, p. 44)

Na tentativa de classificação dos fatores influenciadores da produtividade, SOUZA (2006) os divide em dois tipos:

Condições normais: São aquelas que já se espera a alteração de produtividade. Estão relacionados a fatores ligados ao conteúdo (diz respeito as características do produto sendo executado e dos recursos transformados, como tamanho do pilar, densidade de armadura, abatimento do concreto, etc.) ou então relacionados ao contexto (associados aos recursos de transformação e as condições de contorno, por exemplo, equipamentos de transportes interno, número de vibradores, antecedência de solicitações, etc.).

Condições anormais: Fatores que não se encaixam nas características regulares do conteúdo e contexto citados anteriormente. Existem os fatores que podem deteriorar diretamente a produtividade, os primários ou diretos (por exemplo, variação de temperatura, atrasos, eventos atmosféricos), e também há os fatores causados por via indireta que tendem a facilitar a ocorrência das causas primárias, como aceleração da obra, excesso de horas extras, alteração de projeto, jornada de trabalho elevada, etc.

2.3.7 Banco de dados utilizado como referência

Os dados obtidos neste trabalho serão comparados a um dos mais conceituados manuais orçamentários e por essa razão, bastante utilizados no setor da construção civil, a Tabela de Composições e Preços para Orçamentos (TCPO).

A TCPO constitui uma das principais referências para preparação de orçamentos de obras no Brasil, uma publicação da editora PINI com inúmeras composições baseadas em banco de dados atuais de construtoras para auxiliar no levantamento de orçamentos, custos e indicadores de produtividade.

2.4 Custo dos insumos que serão utilizados

Neste capítulo será apresentado os valores atuais (fevereiro/20) dos insumos aço, da mão-de-obra e os encargos sociais para a região de João Pessoa. Não será realizado o levantamento do custo dos demais insumos envolvidos no processo de armação (arame, espaçadores, etc.), pois são insumos que não variam em função do tipo de fornecimento escolhido.

2.4.1 Custo do aço

Os valores médios apresentados na Tabela 5 para o insumo aço são dados referentes ao mês de fevereiro/20 da empresa Gerdau, tanto o preço para o aço cortado e dobrado industrial como o aço em barras. As fábricas mais próximas da Gerdau ficam em Recife e os valores das tabelas geralmente já inclui o transporte, que depende da quantidade de aço total da obra e negociação com o vendedor.

Tabela 5 – Custo do insumo aço para os dois tipos de fornecimento (R\$/kg por bitola)

Bitola (mm)	Fornecimento em barras	Fornecimento cortado e dobrado	Diferença Percentual (%)
	Valor (R\$/kg)	Valor (R\$/kg)	
5,0	3.92	4.53	15.6%
6,3	3.77	4.28	13.5%
8,0	3.77	4.28	13.5%
10,0	3.66	4.15	13.4%
12,5	3.49	3.95	13.2%
16,0	3.49	3.95	13.2%
20,0	3.49	3.95	13.2%
25,0	3.49	3.95	13.2%

FONTE: Fornecedor da Gerdau (fev/2020)

2.4.2 Custo da mão-de obra

A mão-de-obra envolvida diretamente para o serviço de armação é composta por armadores e ajudantes de armadores. Os valores brutos da hora salarial destes profissionais foram retirados do site do SINDUSCON de João Pessoa e estão presentes na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores brutos da hora dos profissionais de armação

Profissional	Valor da Hora Normal (R\$)
Armador	6.96
Ajudante de armador	5.17

FONTE: SINDUSCON (fev/2020)

2.4.3 Encargos sociais considerados

Os encargos sociais utilizados para realização deste trabalho também foram retirados do site do SINDUSCON de João Pessoa⁹ e corresponde ao valor de 153.98%..

⁹ Disponível em: < <https://sindusconjp.com.br/encargos-sociais/>>. Acesso em: 05/02/2020

3 METODOLOGIA UTILIZADA PARA O ESTUDO DE CASO

Para realizar os objetivos propostos neste trabalho foi necessário a escolha de uma obra para estudo de caso que utilizasse o fornecimento de aço já cortado e dobrado com objetivo de realizar a coleta de dados e gerar os índices de produtividade necessários. Procurou-se entender os motivos da escolha do tipo de fornecimento de aço utilizado, as etapas de execução e os fatores que poderiam influenciar nos dados de produtividade da mão-de-obra estudada.

Foi desenvolvida uma ferramenta para coleta de dados através do estudo de bibliografias de referência, como as já citadas ao longo do trabalho, e será apresentada nos próximos capítulos. Os dados coletados de produtividade devem seguir as considerações realizadas na TCPO (2010), visto que será utilizado faixas de produtividade desta bibliografia para enquadramento dos valores obtidos neste estudo de caso.

3.1 Descrição do canteiro de obra utilizado para estudo de caso

Os dados contidos nesse trabalho foram obtidos de um empreendimento comercial em execução, localizado na cidade de João Pessoa da construtora Z. A execução da obra iniciou-se em julho de 2018, neste presente momento está na etapa da estrutura e tem previsão de entrega para 2021.

A edificação será composta por 15 pavimentos distribuídos da seguinte forma:

- 3 pavimentos no subsolo para garagem;
- 10 pavimentos tipo destinados as 80 salas comerciais
- 1 pavimento térreo;
- 1 pavimento mezanino;

A estrutura se classifica como independente (laje, é com viga e pilar) e apresenta as seguintes características:

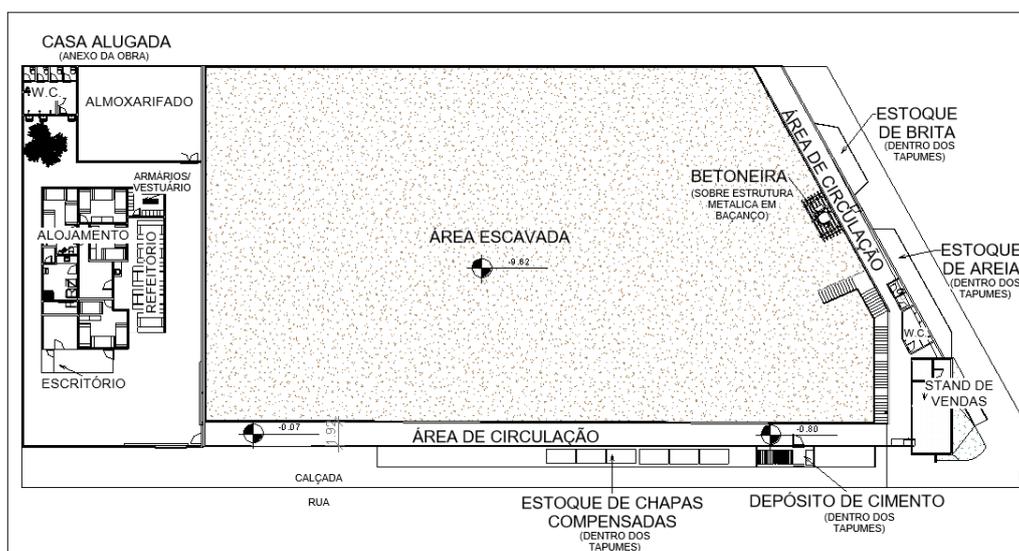
- Fundação com estacas hélice-contínua;
- Parede de contenção tipo solo grampeado (profundidade do último subsolo 9.62m);
- Laje nervurada com cubetas e vigas faixas protendidas;
- Subsolos com três setores divididos por juntas de dilatação horizontal (setor torre, setor rampa e setor externo).

A escolha da obra como objeto de estudo se deu pelo fato de que a obra utiliza o fornecimento de aço cortado e dobrado industrialmente e é local de estágio do autor deste trabalho.

3.2 O que motivou a empresa a escolher o fornecimento de aço cortado e dobrado industrialmente?

Os principais motivos para escolha do fornecimento de aço pré-cortado e pré-dobrado pela equipe técnica da obra foram: a limitação apresentada devido a área livre disponível no canteiro de obra, a dificuldade logística de transporte interno de material e, por fim, um cronograma apertado para conclusão da obra. A Figura 27 apresenta um croqui da planta baixa atual do canteiro de obras com o anexo do terreno ao lado da obra, que serve de instalação para alojamento, almoxarifado e escritório.

Figura 27 – Croqui da planta baixa do canteiro de obra com anexo da casa alugada



FONTE: Do autor (2019)

3.3 Descrição da logística de produção das armaduras

A contratada escolhida para fornecer o aço cortado e dobrado para a obra foi a Gerdau Aço Norte de Recife. Os pedidos com projetos e data desejada são enviados através do portal e, normalmente, possuem prazo de entrega de 30 dias (prazo de agosto de 2019, pois varia conforme a demanda).

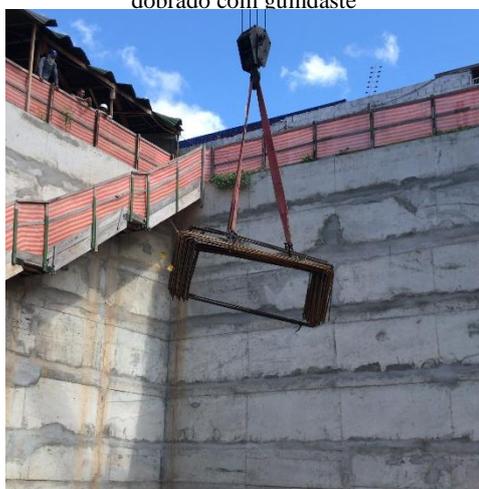
A logística de recebimento é bem complexa, pois envolve mobilização de guindaste que interrompe totalmente o trânsito da rua (Figura 28), sendo necessário autorização do órgão de trânsito local com hora de início e fim para execução do descarregamento. É de fundamental importância o cumprimento do cronograma pela contratada, devido ao envolvimento de outras empresas e a questão de disponibilidade do guindaste. O não cumprimento do cronograma acarretará em ônus para a construtora. Todas as peças são descarregadas utilizando o guindaste (Figura 29) e organizadas pelos próprios ajudantes de armadores, armadores e encarregado de armação.

Figura 28 — Mobilização do guindaste



FONTE: Do autor (2019)

Figura 29 — Descarregamento do aço cortado e dobrado com guindaste



FONTE: Do autor (2019)

A conferência do material é realizada pelos estagiários que acompanham o processo de descarregamento dando baixa no romaneio, mediante a apresentação da etiqueta destacada de cada feixe de peças durante e após o descarregamento. Caso ocorra algum problema quanto a falta de peças, quantidade incorreta ou medidas não coerentes com o projeto, é reportado ao setor técnico do corte e dobra da contratante a qual envia corretamente a peça incorreta/faltante.

Após a conclusão do descarregamento, as peças ficam organizadas até sua utilização (Figura 30), que pode acontecer com uma pré-montagem (Figura 31) para depois ser transportada para o local que será concretada ou pode ser montada diretamente no local.

Figura 30 – Estoque de aço cortado e dobrado



FONTE: Do autor (2019)

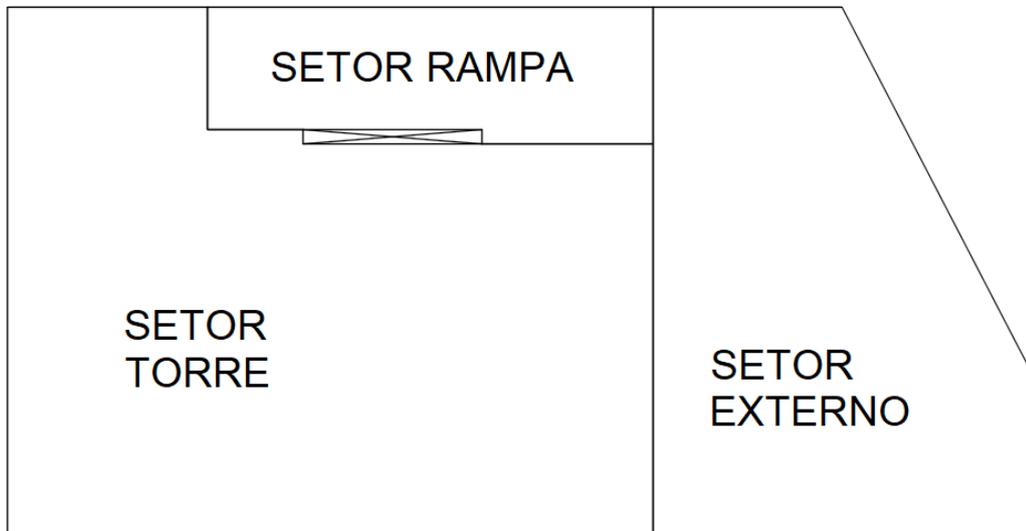
Figura 31 – Pré-montagem de pilar



FONTE: Do autor (2019)

Mesmo utilizando o aço cortado e dobrado industrialmente foi necessário um espaço para armazená-lo. A solução foi a utilização de um dos setores da estrutura, o setor externo. Como dito anteriormente a estrutura é composta por três setores divididos por juntas de dilatações horizontais estruturais, representados pelo croqui da Figura 32 e uma foto área real do armazenamento na Figura 33.

Figura 32 – Esquema de setores



FONTE: Do autor (2019)

Figura 33 – Vista aérea do canteiro de obra



FONTE: Do autor (2019)

3.4 Mão-de-obra utilizada

Toda mão-de-obra da empresa é própria. O serviço de armação da empresa é composto por 1 encarregado de armação, 4 armadores e 4 ajudantes de armadores.

Assim como SOUZA (2006), o TCPO (2010) também considera que a equipe seja constituída somente por oficiais, a favor da segurança em termos de previsão de custo, que são os profissionais que estão diretamente ligados a execução do serviço. No caso da obra em estudo, os armadores e ajudantes de armadores realizam os mesmos serviços (recebimento de material, separação das peças, transporte e montagem), assim, serão considerados como oficiais tanto os armadores como os ajudantes de armadores, totalizando 8 oficiais. O encarregado de armação fica responsável por interpretar os projetos, organizar e localizar os materiais, e coordenar a equipe, ele não está ligado diretamente a produção, por isso não foi contabilizado no número de oficiais.

3.4.1 Carga horária diária da mão-de-obra

A carga horária do serviço de armação é igual ao horário normal do canteiro de obras, totalizando 44 horas semanais. O horário da jornada de trabalho é:

- De segunda-feira a quinta-feira: das 07:00 até as 12:00, com uma pausa para almoço de uma hora e retorno as 13:00 até 17:00. Totalizando 9 horas diárias trabalhadas;

- Sexta-feira: das 07:00 até as 12:00, com uma pausa para almoço de uma hora e retorno as 13:00 até 16:00. Totalizando 8 horas diárias trabalhadas.

Caso ocorra algum acréscimo de hora extra, será informado na coletada de dados.

3.4.2 Delimitação do tempo da coleta

Desde o início do serviço de armação da etapa de estrutura do setor torre, foi realizado um acompanhamento superficial do RUP_{mensal} e o RUP_{cum}. Os dados iniciais da etapa de fundação e primeira laje foram utilizados para aperfeiçoar as ferramentas de coleta de dados e obter dados precisos na etapa da segunda concretagem que serão utilizados para desenvolvimento deste trabalho.

Os dados da segunda laje são mais precisos, pois o ciclo está mais bem definido que o da primeira laje e não há tanta variação com relação ao ciclo anterior, ou seja, são necessários apenas pequenos ajustes nas formas e os profissionais envolvidos já estão “mais acostumados” aos projetos.

A primeira concretagem ocorreu no dia 30/08/2019, no mesmo dia iniciou-se o serviço de armação da segunda laje, o qual foi acompanhado até o dia da segunda concretagem 19/09/2019. Totalizando um ciclo de 15 dias uteis, com acompanhamento diário de quantidade de homens realizando o serviço, anormalidades, horas trabalhadas e quantidade de serviço montado em peso (kg) de aço.

3.4.3 Coleta da quantidade de serviço

A coleta de dados contou com a colaboração do encarregado de armação para melhor precisão na coletada nos dados. Diariamente, o encarregado de armação informava as peças estruturais produzidas durante o dia. No caso de pilares e vigas, as peças informadas eram convertidas em peso (kg), utilizando os comprimentos totais das posições dos elementos estruturais presentes nos projetos estruturais (Figura 34), multiplicados pelo peso específico referente a cada bitola. No caso das lajes, como a montagem da ferragem completa de cada laje não acontecia no mesmo dia (positivos primeiros, depois tela e em seguida os negativos), a quantidade de serviço executada foi acompanhada através da execução de cada posição. No final de cada dia durante o ciclo, o autor realizava a conferência do serviço executado e

preenchia o formulário que será mostrado a seguir com as posições executadas durante o dia e para em seguida fazer a conversão para kg (da mesma maneira que pilares e vigas).

Figura 34 — Exemplo de tabela de aço de projetos estruturais

AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
P2						
50	1	12.5	20	250	5000	
50	2	12.5	20	136	2720	
50	3	6.3	356	282	100392	
50	4	6.3	1246	41	51086	
50	5	12.5	20	356	7120	
50	6	12.5	20	356	7120	
50	7	12.5	20	410	8200	
50	8	12.5	60	392	23520	
50	9	12.5	20	397	7940	

FONTE: Do autor (2019)

Assim como lajes, algumas vigas não eram executadas completamente em apenas um dia (por motivos de fim de expediente ou dificuldade de transporte), então o peso do elemento foi dividido igualmente nos dias em que foi executado. Por exemplo, a viga V217 pesa 345 kg e foi dividida em quatro trechos para facilitar deslocamento horizontal, vertical e facilitar a montagem, dois trechos da V217 foram executados em um dia e os outros dois no outro dia, assim dividiu-se igualmente o seu peso total para os dois dias, resultando em 172,5 kg em cada dia de execução. Essa metodologia adotada foi utilizada para amenizar as grandes variações de RUP diário de um dia para o outro.

3.5 Formulário para coleta de dados

Para realizar a coleta das informações necessárias para desenvolvimento deste trabalho, foram desenvolvidas tabelas as quais foram preenchidas diariamente com informações como: quantidade de horas trabalhadas, número de armadores, identificação do elemento, intervalo executado do elemento, peso (obtida através dos projetos), porcentagem do peso das barras com diâmetro maiores que 16 mm e observações ou anormalidades no horário de trabalho. O modelo de formulário está representado na Figura 35.

Figura 35 – Modelo de formulário utilizado para coleta de dados

Data:	
Dia do ciclo:	
Observador:	
Horas trabalhadas:	
Número de oficiais:	
Observações ou anormalidades do dia:	

Identificação de projeto	Estrutura	Intervalo executado	Peso (kg)	Ø ≥16mm (% peso)	%
TOTAL					

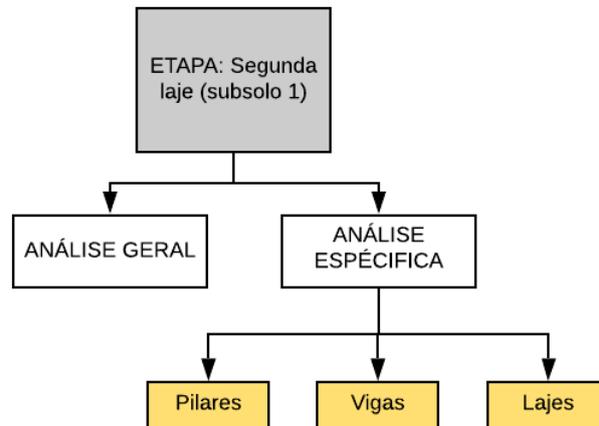
INFORMAÇÕES DIÁRIAS	
Horas trabalhadas	
Total de homens	
Hh	
Quantidade de Serviço (kg)	

FONTE: Do autor (2019)

4 ANÁLISE DE DADOS

As análises dos dados foram realizadas de duas maneiras. A primeira se trata de uma análise geral sem separar os dados por elemento estrutural, considerando a estrutura como um todo. A segunda é uma análise específica que divide os dados por elemento estrutural (pilar, viga e laje). Segue na Figura 36 estruturação da análise de dados realizada.

Figura 36 – Estruturação dos dados coletados



Fonte: Do autor (2019)

Para levantamento dos dados, fez-se necessário realizar algumas considerações:

- A coleta de dados foi realizada no segundo pavimento da estrutura (1º subsolo)
- Os dados são referentes aos serviços necessários apenas para a montagem do elemento estrutural (corte e dobra industrial);
- O pagamento da mão-de-obra é realizado por salário mensal e ao longo do ciclo foi acertado um valor por tarefa realizada.
- O transporte horizontal e vertical é realizado manualmente pelos armadores e seus ajudantes.
- Como já mencionado, o descarregamento é realizado através de guindaste e parte da equipe de armação é mobilizada para auxiliar no processo.

Para comparar o valor de produtividade entre as obras será utilizada a RUP_{cic} obtida através da análise geral, devido ao fato de que as duas outras obras da empresa só possuem dados que possibilitam a análise geral.

Já o valor que será utilizado para enquadramento com as faixas de produtividade do TCPO (2010) será através do valor mediano da RUP_{cum} . De acordo com SOUZA (2006) a RUP_{cum} “esconde” as grandes variações dos desempenhos diários, apresentando uma curva mais uniforme nos gráficos.

4.1 Análise geral do ciclo do segundo pavimento (subsolo 1)

Os dados referentes a etapa da execução da armação do segundo pavimento (subsolo 1) e os indicadores de produtividade diário (RUP_d) e cumulativo (RUP_{cum}) estão apresentados na Tabela 7.

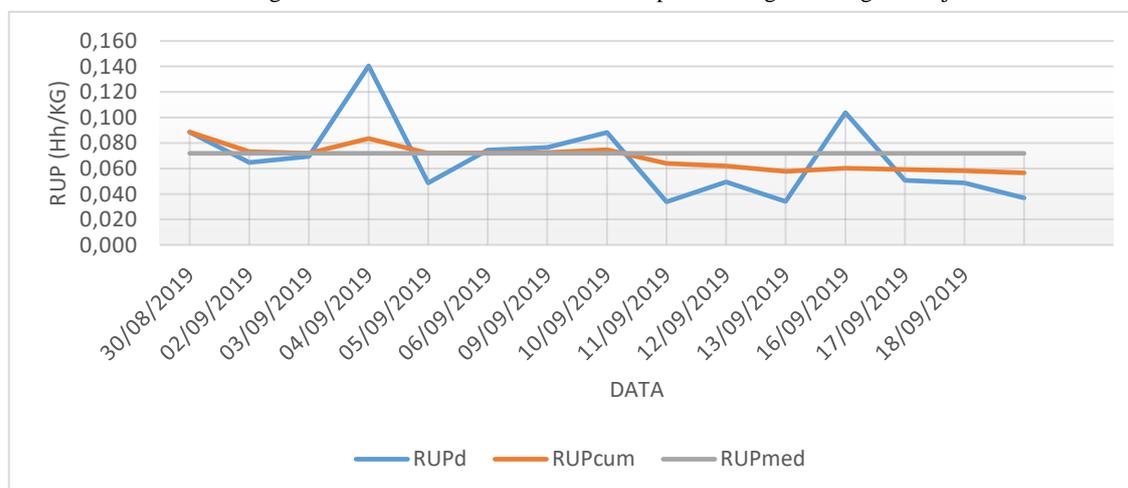
Tabela 7 - Dados coletados de montagem e indicadores para o ciclo da segunda laje

Data	Hh diário	QS (kg)	RUP d (Hh/kg)	QS cum (kg)	Hh cum	RUP cum (Hh/kg)	Ø>16mm (% peso)
30/08/2019	56	632.2	0.089	632.24	56	0.089	0%
02/09/2019	72	1115.0	0.065	1747.26	128	0.073	58%
03/09/2019	72	1035.9	0.070	2783.13	200	0.072	60%
04/09/2019	80	569.4	0.141	3352.48	280	0.084	32%
05/09/2019	80	1645.7	0.049	4998.17	360	0.072	33%
06/09/2019	32	430.3	0.074	5428.50	392	0.072	5%
09/09/2019	32	419.0	0.076	5847.45	424	0.073	12%
10/09/2019	80	907.3	0.088	6754.78	504	0.075	8%
11/09/2019	80	2365.7	0.034	9120.51	584	0.064	28%
12/09/2019	80	1622.3	0.049	10742.82	664	0.062	40%
13/09/2019	64	1874.1	0.034	12616.91	728	0.058	3%
16/09/2019	72	693.9	0.104	13310.78	800	0.060	0%
17/09/2019	80	1580.1	0.051	14890.84	880	0.059	14%
18/09/2019	80	1641.0	0.049	16531.82	960	0.058	18%
19/09/2019	48	1300.2	0.037	17832.06	1008	0.057	2%
TOTAL	1008	17832.06			RUP_{cic} =	0.057	

FONTE: Do autor (2019)

Com os dados da Tabela 7, tem-se o gráfico da Figura 37:

Figura 37 – Gráfico de RUPd e RUPcum para montagem da segunda laje



Fonte: Do autor (2019)

O valor da RUP_{cic} é igual ao último valor da RUP_{cum} ou então a razão do somatório da coluna de Hh pelo somatório da coluna de QS. Então $RUP_{cic}=0,057Hh/kg$ ou $RUP_{cic}=57Hh/t$.

4.2 Análise específica do ciclo do segundo pavimento

A análise específica tem como finalidade verificar a influência separadamente de cada tipo de elemento estrutural (pilar, viga e laje) na produtividade da mão-de-obra.

4.2.1 Análise específica de dados para pilares

A partir da coleta de dados foi gerada a Tabela 8 com os dados e indicadores RUP_d e RUP_{cum} somente para o elemento estrutural pilar:

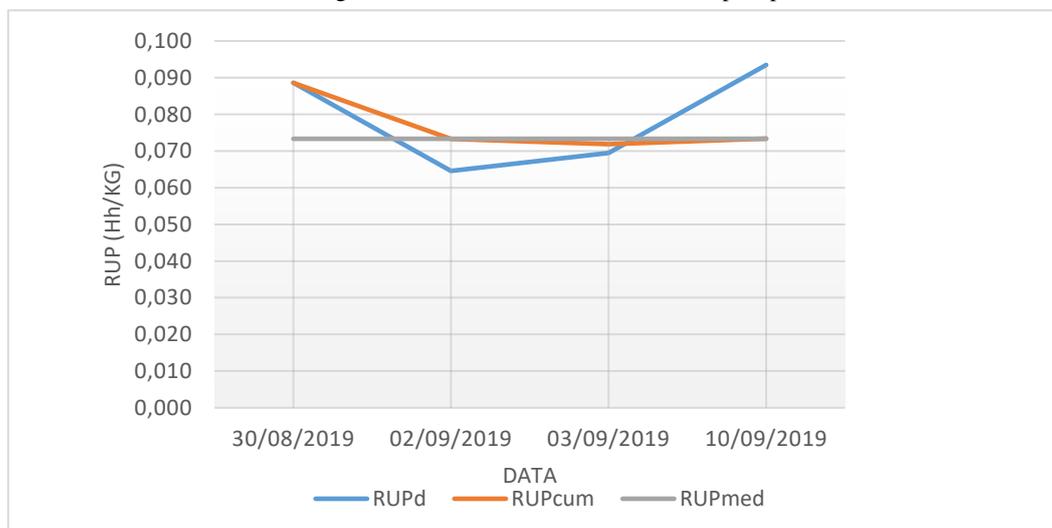
Tabela 8 – Dados coletados para montagem e indicadores de pilares

Data	Hh diário	QS (kg)	RUP d (Hh/kg)	QS cum (kg)	Hh cum	RUP cum (Hh/kg)	Ø>16mm (% peso)
30/08/2019	56	632.2	0.089	632.24	56	0.089	0%
02/09/2019	72	1115.0	0.065	1747.26	128	0.073	58%
03/09/2019	72	1035.9	0.070	2783.13	200	0.072	60%
10/09/2019	20	214.0	0.093	2997.13	220	0.073	0%
TOTAL	220	2997.1					

FONTE: Do autor (2019)

O gráfico gerado com os dados da Tabela 8 podem ser vistos na Figura 38:

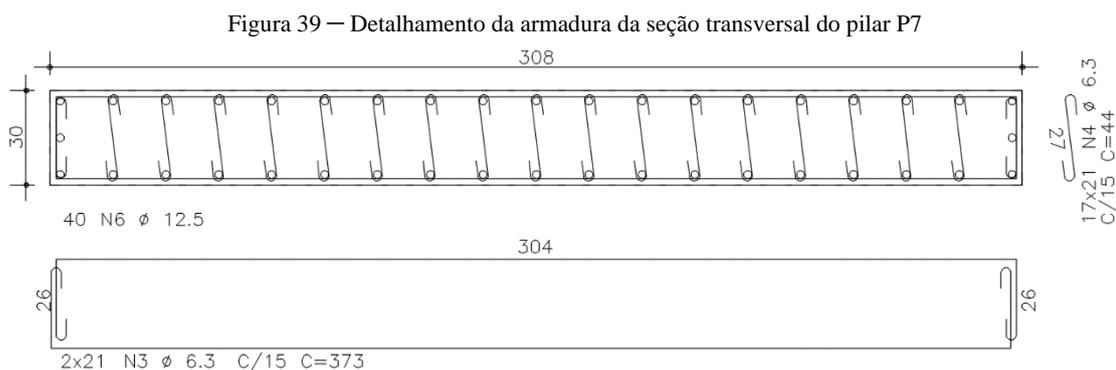
Figura 38 – Gráfico de RUP_d e RUP_{cum} para pilares



FONTE: Do autor (2019)

Podemos observar um gráfico consideravelmente uniforme nos primeiros dias de montagem de pilares. O motivo da pequena diferença do dia 30/08/2019 pode ter sido consequência de um conjunto de fatores como: a concretagem que ocorreu neste dia; baixa densidade dos elementos armados, que pode ser observado na coluna que representa as porcentagens de massa maiores que 16 mm; necessidade da separação do material que seria utilizado para produção dos pilares.

O resultado de baixa produtividade do dia 10/09/2019, quando comparado com os demais, foi consequência da montagem de apenas um pilar, cujo detalhamento da seção transversal está representado na Figura 39. O pilar é composto por uma grande quantidade de barras longitudinais, estribos e ganchos que exigirão uma grande quantidade de pontos, consequentemente, mais trabalho.



FONTE: Projeto estrutural do empreendimento (2019).

O valor obtido para a mediana da RUP_{cum} foi de 0,073 Hh/kg ou 73Hh/t para montagem dos pilares.

4.2.2 Análise específica de dados para vigas

Os dados referentes apenas aos elementos estruturais de vigas estão apresentados na Tabela 9 com seus respectivos indicadores de produtividade RUP_d e RUP_{cum} :

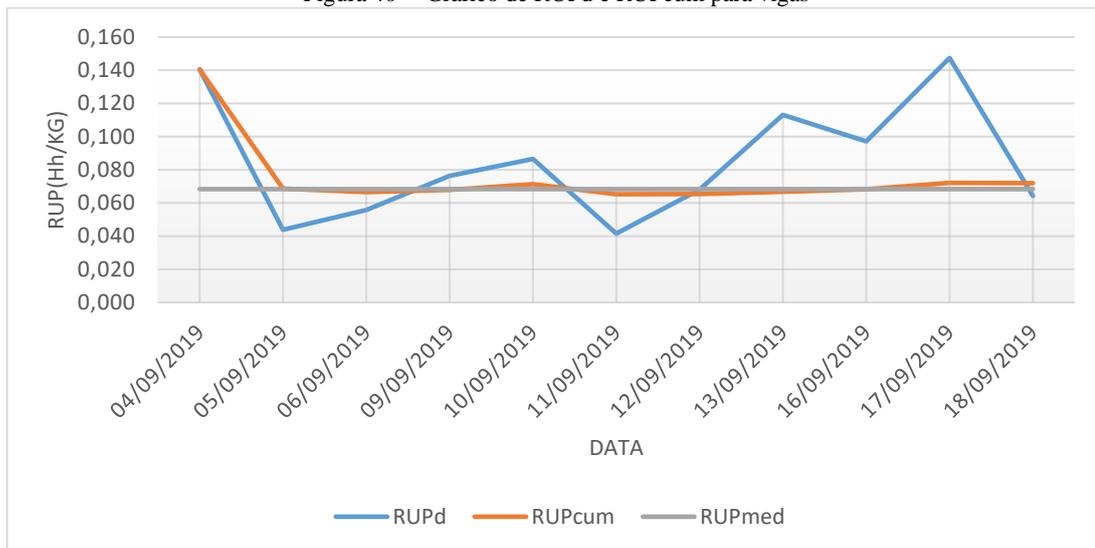
Tabela 9 – Dados coletados para montagem e indicadores de vigas

Data	Hh diário	QS (kg)	RUP d (Hh/kg)	QS cum (kg)	Hh cum	RUP cum (Hh/kg)	Ø>16mm (% peso)
04/09/2019	80	569.4	0.141	569.4	80	0.141	31.6%
05/09/2019	72	1645.7	0.044	2215.0	152	0.069	33.1%
06/09/2019	24	430.3	0.056	2645.4	176	0.067	4.7%
09/09/2019	32	419.0	0.076	3064.3	208	0.068	12.3%
10/09/2019	60	693.3	0.087	3757.6	268	0.071	10.9%
11/09/2019	40	963.1	0.042	4720.8	308	0.065	19.8%
12/09/2019	20	293.8	0.068	5014.5	328	0.065	11.7%
13/09/2019	16	141.4	0.113	5155.9	344	0.067	0.0%
16/09/2019	28	288.0	0.097	5444.0	372	0.068	0.0%
17/09/2019	40	271.3	0.147	5715.3	412	0.072	7.2%
18/09/2019	6	93.6	0.064	5808.9	418	0.072	25.6%
TOTAL	418	5808.9					

FONTE: Do autor (2019)

O gráfico da Figura 40 foi gerado a partir dos dados da Tabela 9:

Figura 40 – Gráfico de RUPd e RUPcum para vigas



FONTE: Do autor (2019)

No primeiro dia de armação de vigas (04/09/2019) podemos perceber uma produtividade bastante baixa, causada pela separação do material que seria utilizado na produção das vigas, também pelo transporte horizontal e vertical para o local onde seriam pré-armado, no caso, em cima da primeira laje. A separação do aço que ocorreu no primeiro dia se reflete no ganho de produtividade do segundo dia (05/09/2019), que também pode ter sido influenciada pelo diâmetro elevado das barras das vigas armadas.

No dia 10/09/2019, iniciou-se o transporte e posicionamento das vigas pré-montadas no local definitivo, o que pode ter reduzido um pouco a produtividade deste dia. Já no dia 11/09/2019, o ganho de produtividade pode estar associado a densidade de algumas vigas que foram montadas durante o dia.

Para a montagem das vigas, o valor obtido para a mediana da RUP_{cum} das vigas foi de 0,072 Hh/kg ou 72Hh/t.

4.2.3 Análise específica de dados para lajes

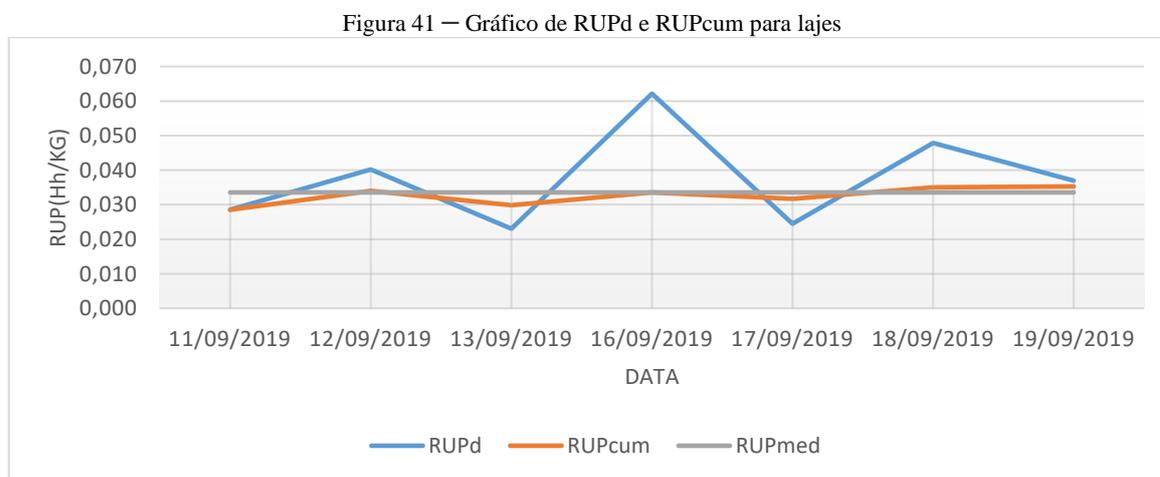
Por último, os dados referentes ao elemento estrutural laje com os seus indicadores RUP_d e RUP_{cum} estão representados na Tabela 10:

Tabela 10 – Dados coletados para montagem e indicadores de lajes

Data	Hh diário	QS (kg)	RUP_d (Hh/kg)	QS cum (kg)	Hh cum	RUP_{cum} (Hh/kg)	$\varnothing > 16mm$ (% peso)
11/09/2019	40	1402.6	0.029	1402.60	40	0.029	33%
12/09/2019	50	1244.1	0.040	2646.65	90	0.034	49%
13/09/2019	38	1648.2	0.023	4294.87	128	0.030	4%
16/09/2019	35	563.5	0.062	4858.36	163	0.034	0%
17/09/2019	30	1224.2	0.025	6082.59	193	0.032	16%
18/09/2019	74	1547.4	0.048	7629.99	267	0.035	17%
19/09/2019	48	1300.2	0.037	8930.24	315	0.035	2%
TOTAL	315	8930.2					

FONTE: Do autor (2019)

Tem-se o gráfico da Figura 41, gerado a partir dos valores da Tabela 10:



FONTE: Do autor (2019)

Com exceção do dia 16/09, os dados de produtividade apresentaram uma pequena variação que pode ter sido causada pelo transporte manual das telas eletrosoldadas utilizadas na laje nervurada.

O valor obtido para mediana da RUP_{cum} foi de 0,035 Hh/kg ou 35Hh/t

5 COMPARAÇÃO DAS RUPS OBTIDAS

Os dados obtidos e analisados anteriormente serão comparados com faixas de produtividade da mão-de-obra presentes na TCPO (2010).

Algumas considerações foram realizadas nas faixas de valores de produtividade do TCPO (2010), como:

- Dividiu-se os tipos de fornecimento de aço (barras e pré-cortado/dobrado);
- Apresentou-se dados em função do elemento moldado (pilares, vigas e laje).
- Foram apresentados valores mínimos, mediano e máximo baseado em dados de várias empresas do mercado, e também, os fatores envolvidos na variação de produtividade;
- A favor da segurança do contratado em relação a previsão de custos, considerou-se que a equipe seja constituída somente por oficiais;

A seguir, a Figura 42, Figura 43 e Figura 44 representam respectivamente as faixas de produtividades do TCPO (2010) para a execução de pilares, vigas e lajes, , utilizando o fornecimento do aço cortado e dobrado.

Figura 42 — Produtividade da mão-de-obra na armação de pilares (Hh/t)



FONTE: (TCPO, 2010, p. 174)

Figura 43 — Produtividade da mão-de-obra na armação de vigas (Hh/t)



FONTE: (TCPO, 2010, p. 174)

Figura 44 – Produtividade da mão-de-obra na armação de lajes (Hh/t)



FONTE: (TCPO, 2010, p. 175).

Além das faixas de produtividades, o TCPO (2010) apresenta a Tabela 11 com os principais fatores influenciadores de produtividade no serviço de armação:

Tabela 11 – Fatores influenciadores da produtividade no serviço de armação

Diâmetro das barras longitudinais elevada	Diâmetro das barras longitudinais pequeno
Quantidade de peças transversais da armadura não muito elevada	Grande quantidade de peças transversais na armadura
Diâmetro elevado das peças transversais	Diâmetro baixo das peças transversais
Facilidade de descarregamento do aço pré-cortado/dobrado	Condições não favoráveis para o descarregamento
Há pré-montagem de armadura em central na obra	Montagem é toda no local final da armadura
Proximidade entre locais de estocagem e de processamento	Locais de estocagem e de processamento distantes
Equipamento de transporte vertical adequado (grua ou minigrua)	Equipamento de transporte vertical não favorável
Há possibilidade de realocação de armadores durante dias ociosos do ciclo	Equipe fixa durante o ciclo
Paga-se tarefa atraente	Trabalho sem incentivo
Serviço em condições favoráveis: ciclos curtos; pouco retrabalho; fatores climáticos favoráveis; baixa rotatividade; operários satisfeitos	Serviço em condições desfavoráveis: ciclos longos; muito retrabalho; fatores climáticos desfavoráveis; alta rotatividade; operários insatisfeitos

FONTE: TCPO (2010).

5.1 Análise específica de pilares

Comparando os valores da mediana das RUP_{cum} já apresentados nas análises específicas de cada tipo de elemento com as faixas de produtividade presentes no TCPO (2010) temos para pilares, vigas e lajes, respectivamente, a Figura 45, Figura 46 e Figura 47:

Figura 45 – Comparação do resultado obtido para armação de pilares (Hh/t)



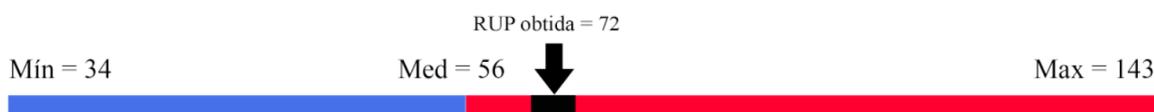
FONTE: Adaptado de TCPO (2010).

O ciclo de estudo contou com a presença de uma grande quantidade de pilares pequenos exclusivamente dos subsolos, que serão executados até o pavimento térreo e, na sua maioria,

são elementos leves e podem ter refletido nesse resultado negativo distante do valor da mediana. Também é importante lembrar que o transporte das peças e elementos pré-montados foram realizados manualmente. Outro fato que devemos considerar foi que não havia sido acertado um valor de tarefa cumprida durante a etapa da montagem dos pilares, o que pode ter desestimulado os trabalhadores.

Para as etapas futuras de pavimento tipo, acredita-se que os índices serão mais favoráveis devido as melhorias referentes as dificuldades encontradas citadas anteriormente.

Figura 46 – Comparação do resultado obtido para armação de vigas (Hh/t)



FONTE: Adaptado de TCPO (2010).

O valor obtido para medir a produtividade dos armadores com relação as vigas foi bem próximo ao valor da mediana, mesmo com algumas dificuldades encontradas como transporte de material e organização do material recebido.

Figura 47 – Comparação do resultado obtido para armação de lajes (Hh/t)



FONTE: Adaptado de TCPO (2010).

Com relação as lajes, o valor encontrado também foi bem próximo ao da mediana do TCPO (2010).

5.2 Comparação dos dados de produtividade obtidos com os dados das outras obras

Devido a variabilidade da eficiência de transformações de entradas em saídas e por não ter uma formula exata para previsão de índices de produtividades, uma das grandes dificuldades deste trabalho foi obter parâmetros para comparação de produtividade entre os dois tipos de fornecimento. Para isso, utilizou-se dados de outras duas obras da mesma construtora que realizaram a etapa de corte e dobra dentro do canteiro de obra. Os dados estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Dados das obras da empresa de estudo

	Obra X	Obra Y	Obra Z (obra do estudo de caso)
Local	Tambaú, João Pessoa, PB	Bessa, João Pessoa, PB	Bancários, João Pessoa, PB
Tipo de fornecimento de aço:	Fornecimento de aço em barras	Fornecimento de aço em barras	Fornecimento de aço pré-cortado e pré-dobrado
Tipologia	Edifício Residencial Multifamiliar	Edifício Residencial Multifamiliar	Edifício Comercial
Número de blocos	1	2	1
Número de pavimentos tipo	18	9	10
Fase em que se encontra a obra (agosto/2019)	Serviços de estrutura	Serviços de acabamento	Serviços de estrutura
Fase da coleta de dados	Estrutura do pavimento tipo	Estrutura do pavimento tipo	Estrutura do primeiro subsolo
Tipo de mão de obra	Própria	Própria	Própria
Equipe de armação	1 encarregado de armação	1 encarregado de armação	1 encarregado de armação
	3 armadores	5 armadores	4 armadores
	2 ajudantes de armador	3 ajudantes de armador	4 ajudantes de armador
Tipo de transporte do insumo dentro do canteiro	Mini grua e transporte horizontal manual	Grua	Transporte vertical e horizontal manual
Relação Hh (Homem x hora)	572	1478	1008
Quantidade de serviço do ciclo (kg)	5649	22202	17832
RUP_{CIC} (Hh/kg)	0,101	0,066	0,057

FONTE: Do autor (2019)

De acordo com a Tabela 12, analisando a RUP_{CIC} das obras apresentadas, podemos perceber que a obra utilizada para estudo de caso apresentou a melhor produtividade entre as

três apresentadas. A utilização do aço cortado e dobrado industrialmente apresentou uma redução de aproximadamente 15% quando comparada a obra que se mostrou mais produtiva utilizando o aço em barras.

É importante destacar que a obra em estudo apresenta uma desvantagem com relação ao transporte do insumo, pois conta apenas com o transporte manual, já as outras duas obras da construtora trabalham com transporte mecanizado. Também é necessário levar em conta que a obra em estudo está executando os pavimentos do subsolo, que geralmente apresentam baixa produtividade enquanto as outras duas obras de referência da construtora apresentam índices do pavimento tipo.

6 COMPARAÇÃO DOS CUSTOS ENVOLVIDOS

Neste capítulo, serão utilizados os indicadores de produtividade da obra do estudo de caso e da obra que mostrou melhor produtividade trabalhando com o fornecimento em barras dos índices da empresa, os custos dos insumos (material e mão-de-obra) para a região da cidade de João Pessoa e os encargos sociais presentes no capítulo 4.4 deste trabalho, para gerar tabelas de Composição de Preço Unitário (CPU) do serviço de armação do aço em barras e do serviço armação com o pré-cortado e dobrado.

Para gerar as composições unitárias abaixo foram necessárias algumas considerações:

- Utilizou-se uma perda de 10% para o fornecimento em barras e 1% para o aço cortado e dobrado industrialmente (valor obtido na obra do estudo de caso).
- Como o kg do aço varia conforme a bitola, foi utilizado o preço para o diâmetro de 12,5mm por apresentar o mesmo valor em relação as bitolas maiores e também é o diâmetro utilizado entre os representantes do setor para comparação de preço entre diferentes fornecedores.
- Os coeficientes de produtividade foram divididos proporcionalmente entre a quantidade de armadores e a quantidade de ajudante de armadores de cada obra.

A obra Y com fornecimento do aço em barras, $RUP_{cic} = 0,066Hh/kg$ e com equipe de 5 armadores e 3 ajudantes de armador apresentou a composição de preços unitários como mostra a Tabela 13.

Tabela 13 – CPU do serviço de armação utilizando fornecimento em barras da obra Y

Armação com aço em barras da obra Y (5 armadores e 3 ajudantes)				
Unidade: kg				
Descrição	UND	Consumos	Valor (R\$)	Custo (R\$)
Ajudante de armador sem encargos	h	0.025	5.17	0.13
Armador sem encargos	h	0.041	6.96	0.29
Aço em barras CA-50 (Ø=12.5mm)	kg	1.1	3.49	3.84
Encargos Sociais (153,98%)				0.64
TOTAL (R\$/kg)				4.90

FONTE: Do autor (2019).

Já a obra Z com fornecimento do aço cortado e dobrado industrialmente, RUP_{pic} = 0,056Hh/kg e com equipe de 4 armadores e 4 ajudantes de armador apresentou a composição de preços unitários como mostra a Tabela 14.

Tabela 14 – CPU do serviço de armação utilizando o fornecimento pré-cortado e dobrado da obra Z

Armação com aço pré-cortado e dobrado da obra Z (4 armadores e 4 ajudantes)				
Unidade: kg				
Descrição	UND	Consumos	Valor (R\$)	Custo (R\$)
Ajudante de armador sem encargos	h	0.028	5.17	0.15
Armador sem encargos	h	0.028	6.96	0.20
Aço cortado e dobrado CA-50 (Ø=12.5mm)	kg	1.01	3.95	3.99
Encargos Sociais (153,98%)				0.53
TOTAL (R\$/kg)				4.86

FONTE: Do autor (2019).

Os valores obtidos foram bem próximos com uma diferença de apenas 1% a favor do aço cortado e dobrado industrialmente, mesmo este sendo 13% mais caro que o fornecimento em barras.

Apesar do preço mais elevado do aço entregue já cortado e dobrado, o ganho de produtividade e a redução das perdas foram fatores significantes para o resultado obtido.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou um aprendizado mais detalhado sobre cada tipo de fornecimento de aço, em especial o fornecimento em barras e o pré-cortado e dobrado, assim como vantagens, desvantagens e viabilidade econômicas em um estudo de caso de um empreendimento na região de João Pessoa. É importante salientar a dificuldade do tema com

relação a indicadores de produtividade, já que cada obra apresenta inúmeras variáveis diferentes, como as já citadas ao longo deste trabalho.

Para aprofundar o conhecimento sobre o tema foram definidos três objetivos específicos. O primeiro foi descrever todo o processo envolvido por trás de cada tipo de fornecimento para saber quais etapas existem ou deixam de existir em função da escolha. Com a visita realizada a fábrica da Gerdau e o acompanhamento do estudo de caso, percebeu-se que muitas das atividades antes executadas dentro do próprio canteiro foram realizadas por máquinas nas grandes fábricas de corte e dobra, diminuindo o número de atividades que não agregam valor como transporte de material, armazenamento e conferência. Devido a diminuição de etapas no serviço de armação, a mão de obra se tornou mais produtiva, possibilitando uma economia no insumo mão de obra.

O segundo objetivo foi levantar dados de produtividade do estudo de caso, para isso, foi necessário criar uma ferramenta de coleta de dados para gerar os índices da obra em estudo.

Com os índices gerados mais os índices fornecidos pela construtora das outras obras, percebeu-se que o fornecimento de aço cortado e dobrado industrialmente apresentou uma produtividade cerca de 15% melhor que o fornecimento em barras. É importante lembrar que essa diferença foi obtida comparando dados do serviço de armação do subsolo com índices de outras obras do pavimento tipo. Dessa maneira, acredita-se que a diferença de produtividade será maior quando ambos os índices do pavimento tipo forem comparados.

Também foi objetivo deste trabalho a comparação dos custos totais entre os dois sistemas em estudo para a região de João Pessoa. Para isso, foi necessária uma pesquisa de mercado do preço dos insumos e os encargos sociais da região. Assim, através da CPU gerada dos custos e coeficientes de representatividade, viu-se que o aço cortado e dobrado industrialmente mostrou-se mais viável economicamente diante dos dados obtidos e dos índices das outras obras da construtora.

Deve-se salientar que cada obra apresenta inúmeras variáveis diferentes e a melhor solução para uma nem sempre é a melhor para outra. Este trabalho tentou diminuir essas variáveis e utilizou empreendimentos da mesmmESa construtora, pois apresentam procedimentos semelhantes, corpo técnico tomando decisões conjuntas e uma cultura semelhante em relação a tomada de decisões.

A principal sugestão para empresa é manter o acompanhamento dos próximos ciclos do serviço de armação, colhendo pelo menos os dados gerais de armação que possibilitará a criação de um banco de dados da empresa.

Para aumentar o banco de dados e estudos a respeito do serviço de armação, é recomendado outros trabalhos com mais dias úteis e ao longo de cada etapa da superestrutura, sempre mostrando os fatores que influenciaram na variação de produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR. 14724. Associação Brasileira de Normas Técnicas: informação e documentação – Trabalhos acadêmicas-Apresentação.** Rio de Janeiro. 2005.

_____. **NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro. 2014

_____. **NBR 7481. Tela de aço soldada – Armadura para concreto.** Rio de Janeiro. 1990.

_____. **NBR 7480. Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação.** Rio de Janeiro. 2007.

_____. **NBR 14931. Execução de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro. 2004.

AGOPYAN, V.; SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C. ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras:** Relatório Final. V.2. 1998. Departamento de Engenharia de Construção Civil – PCC/EPUSP São Paulo, 1998. Disponível em: < <http://perdas.pcc.usp.br/>>. Acesso em: 13/08/2019.

ARAÚJO, José Milton de. **Curso de Concreto Armado.** Editora Dunas, Rio Grande do Sul. 4ª Edição.2014.

ARAÚJO, Luís Otávio Cocito. **Método para a proposição de diretrizes para melhoria da produtividade da mão-de-obra na produção de armaduras.** 515p. Dissertação (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2005.

BATLOUNI NETO, J. **Projeto de estruturas de concreto armado:** diretrizes para otimização do desempenho e do custo do edifício. 2000. 166p Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2003.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado.** São Carlos: EdUFSCAR, 4ª Edição, 2016.

DEPEC (Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos). **Mineração e Siderurgia,** 2019. Disponível em:

https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_mineracao_siderurgia.pdf. Acesso em: 05/08/2019.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Técnica de armar as estruturas de concreto.** São Paulo, Pini, 1995.

SALIM NETO, Jamil José. **Diretrizes de projeto para melhorar a produtividade na montagem de componentes pré-cortados e pré-dobrados de aço para estruturas de concreto armado de edifícios.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2009.

SCARDOELLI, L. S. **Iniciativas de Melhorias Voltadas à Qualidade e à Produtividade Desenvolvidas por Empresas de Construção de Edificações**. Dissertação (Pós Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.1995.

SILVA, F. D. A. **Otimização da Qualidade no Lingotamento Contínuo de Tarugos Através da Utilização de Modelos Matemáticos**. 114 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, 2015.

SINDUSCON (Sindicato da Indústria da Construção Civil de João Pessoa). 2019. Disponível em: <<https://sindusconjp.com.br/>>. Acesso em: 20/08/2019.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como aumentar a eficiência da Mão-de-obra: manual de gestão da produtividade na construção civil**. São Paulo: PINI, 1ª edição, 2006.

TCPO. **Tabela de Composição de Preços para Orçamentos**. São Paulo: PINI, 13ª edição, 2010, 630p.

WORD STEEL, Association. **World Steel In Figures 2019**. Bélgica. 2019. Disponível em: <<https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:96d7a585-e6b2-4d63-b943-4cd9ab621a91/World%20Steel%20in%20Figures%202019.pdf>>. Acesso em: 08/08/2019.

Data:	12/09/2019 (quinta-feira)
Dia do ciclo:	10º Dia
Observador:	Matheus Mendes
Horas trabalhadas:	10 horas
Número de oficiais:	8
Observações ou anormalidades do dia:	> 4 oficiais durante 5 horas nas vigas e 5 horas nas lajes > 3 oficiais na laje durante 10 horas > 1 oficial na escada durante 10 horas > Horário de trabalho: 07:00 as 18:00

Identificação de projeto	Estrutura	Intervalo	Peso (kg)	Ø ≥16mm (% peso)	%	
V211*	VIGA	Um terço do elemento	242.20	14.2%	14.9%	
V201*		Metade do elemento	51.56	0.0%	3.2%	
POS.H-N09	LAJE	Posição completa	6.79	0.0%	0.4%	
POS.H-N10		Posição completa	16.03	0.0%	1.0%	
POS.H-N12		Posição completa	8.11	0.0%	0.5%	
POS.H-N14		Posição completa	2.81	0.0%	0.2%	
POS.H-N19		Posição completa	40.45	0.0%	2.5%	
POS.H-N23		Posição completa	16.57	100.0%	1.0%	
POS.H-N28		Posição completa	165.69	100.0%	10.2%	
POS.H-N29		Posição completa	1.74	0.0%	0.1%	
POS.H-N38		Posição completa	107.94	100.0%	6.7%	
POS.H-N40		Posição completa	129.43	0.0%	8.0%	
POS.H-N45		Posição completa	68.22	0.0%	4.2%	
POS.H-N48		Posição completa	2.32	0.0%	0.1%	
POS.H-N52		Posição completa	10.98	0.0%	0.7%	
POS.V-N01		Posição completa	7.54	0.0%	0.5%	
POS.V-N27		Posição completa	44.20	0.0%	2.7%	
POS.V-N37		Posição completa	14.65	100.0%	0.9%	
POS.V-N38		Posição completa	18.27	100.0%	1.1%	
POS.V-N40		Posição completa	39.45	100.0%	2.4%	
POS.V-N41		Posição completa	140.32	100.0%	8.6%	
POS.V-N42		Posição completa	28.02	0.0%	1.7%	
POS.V-N43		Posição completa	103.77	100.0%	6.4%	
POS.V-N44		Posição completa	1.95	0.0%	0.1%	
POS.V-N48		Posição completa	13.40	0.0%	0.8%	
POS.V-N49		Posição completa	3.33	0.0%	0.2%	
POS.V-N54		Posição completa	9.92	0.0%	0.6%	
Tela Q92			Um quarto das telas	242.17	0.0%	14.9%
Escada 1		Escada	Metade do elemento	84.50	0.0%	5.2%
TOTAL			1622.3		100.00%	

INFORMAÇÕES DIÁRIAS	
Horas trabalhadas	10
Total de homens	8
Hh	80
Quantidade de Serviço (kg)	1622.3

*: elemento executado em mais de um dia de produção.

Data:	13/09/2019 (sexta-feira)
Dia do ciclo:	11º Dia
Observador:	Matheus Mendes
Horas trabalhadas:	8 horas
Número de oficiais:	8
Observações ou anormalidades do dia:	> 2 oficiais durante 1 horas na viga e 7 horas nas lajes > 3 oficiais na laje durante 8 horas > 1 oficial na escada durante 8 horas > Horário de trabalho: 07:00 as 16:00

Identificação de projeto	Estrutura	Intervalo	Peso (kg)	Ø ≥16mm (% peso)	%
V214*	VIGA	Metade do elemento	106.98	0.0%	5.7%
V219		Elemento completo	34.38	0.0%	1.8%
NEG.H-N07	LAJE	Posição completa	40.13	0.0%	2.1%
NEG.H-N11		Posição completa	85.32	0.0%	4.6%
NEG.H-N13		Posição completa	48.10	0.0%	2.6%
NEG.H-N18		Posição completa	21.61	0.0%	1.2%
NEG.H-N20		Posição completa	6.91	0.0%	0.4%
NEG.H-N21		Posição completa	9.44	0.0%	0.5%
NEG.H-N25		Posição completa	47.76	0.0%	2.5%
NEG.H-N34		Posição completa	32.51	100.0%	1.7%
NEG.H-N41		Posição completa	50.53	0.0%	2.7%
NEG.H-N42		Posição completa	107.22	0.0%	5.7%
NEG.H-N43		Posição completa	41.43	0.0%	2.2%
NEG.H-N55		Posição completa	20.94	0.0%	1.1%
NEG.H-N56		Posição completa	42.04	0.0%	2.2%
NEG.H-N57		Posição completa	8.85	0.0%	0.5%
NEG.H-N62		Posição completa	3.46	0.0%	0.2%
NEG.V-N09		Posição completa	41.48	0.0%	2.2%
NEG.V-N10		Posição completa	90.04	0.0%	4.8%
NEG.V-N42		Posição completa	18.13	0.0%	1.0%
NEG.V-N43		Posição completa	5.53	0.0%	0.3%
NEG.V-N44		Posição completa	8.14	0.0%	0.4%
NEG.V-N45		Posição completa	14.13	0.0%	0.8%
NEG.V-N46		Posição completa	72.62	0.0%	3.9%
NEG.V-N47		Posição completa	96.75	0.0%	5.2%
NEG.V-N48		Posição completa	17.64	0.0%	0.9%
NEG.V-N49		Posição completa	43.51	0.0%	2.3%
NEG.V-N50		Posição completa	16.87	0.0%	0.9%
NEG.V-N51		Posição completa	15.12	0.0%	0.8%
NEG.V-N52		Posição completa	32.93	0.0%	1.8%
NEG.V-N53	Posição completa	53.48	0.0%	2.9%	
NEG.V-N54	Posição completa	35.08	0.0%	1.9%	
NEG.V-N55	Posição completa	96.54	0.0%	5.2%	

NEG.V-N56		Posição completa	17.67	100.0%	0.9%
NEG.V-N57		Posição completa	25.60	0.0%	1.4%
NEG.V-N65		Posição completa	10.27	0.0%	0.5%
NEG.V-N66		Posição completa	18.17	0.0%	1.0%
NEG.V-N67		Posição completa	33.52	0.0%	1.8%
NEG.V-N68		Posição completa	47.64	0.0%	2.5%
NEG.V-N69		Posição completa	16.54	0.0%	0.9%
NEG.V-N70		Posição completa	12.44	0.0%	0.7%
Tela Q92		Um quarto das telas	242.17	0.0%	12.9%
Escada 1	Escada	Metade do elemento	84.50	0.0%	4.5%
TOTAL			1874.1		100.00%

INFORMAÇÕES DIÁRIAS	
Horas trabalhadas	8
Total de homens	8
Hh	64
Quantidade de Serviço (kg)	1874.1

*: elemento executado em mais de um dia de produção.

Data:	16/09/2019 (segunda-feira)
Dia do ciclo:	12º Dia
Observador:	Matheus Mendes
Horas trabalhadas:	9 horas
Número de oficiais:	8
Observações ou anormalidades do dia:	> 4 oficiais durante 7 horas nas vigas e 2 horas nas lajes > 3 oficiais na laje durante 9 horas > 1 oficial na escada durante 9 horas > Horário de trabalho: 07:00 as 17:00

Identificação de projeto	Estrutura	Intervalo	Peso (kg)	Ø ≥16mm (% peso)	%
V202	VIGA	Elemento completo	196.33	0.0%	28.3%
V209*		Metade do elemento	91.72	0.0%	13.2%
POS.H-N03	LAJE	Posição completa	21.66	0.0%	3.1%
POS.H-N34		Posição completa	4.50	0.0%	0.6%
POS.H-N35		Posição completa	4.01	0.0%	0.6%
POS.H-N37		Posição completa	47.40	0.0%	6.8%
POS.H-N42		Posição completa	7.42	0.0%	1.1%
POS.H-N44		Posição completa	46.40	0.0%	6.7%
POS.H-N46		Posição completa	20.36	0.0%	2.9%
POS.H-N47		Posição completa	46.56	0.0%	6.7%
POS.H-N51		Posição completa	2.23	0.0%	0.3%
POS.V-N02		Posição completa	3.04	0.0%	0.4%
POS.V-N03		Posição completa	51.67	0.0%	7.4%
POS.V-N23		Posição completa	15.22	0.0%	2.2%
POS.V-N24		Posição completa	18.49	0.0%	2.7%
POS.V-N31		Posição completa	17.42	0.0%	2.5%
POS.V-N34		Posição completa	5.34	0.0%	0.8%
POS.V-N35		Posição completa	9.63	0.0%	1.4%
Escada 2		Escada	Metade do elemento	84.50	0.0%
TOTAL			693.9		100.00%

INFORMAÇÕES DIÁRIAS	
Horas trabalhadas	9
Total de homens	8
Hh	72
Quantidade de Serviço (kg)	693.9

*: elemento executado em mais de um dia de produção.

Data:	17/09/2019 (terça-feira)
Dia do ciclo:	13º Dia
Observador:	Matheus Mendes
Horas trabalhadas:	10 horas
Número de oficiais:	8
Observações ou anormalidades do dia:	> 4 oficiais durante 10 horas nas vigas > 3 oficiais na laje durante 10 horas > 1 oficial na escada durante 10 horas > Horário de trabalho: 07:00 as 18:00

Identificação de projeto	Estrutura	Intervalo	Peso (kg)	Ø ≥16mm (% peso)	%
V203*	VIGA	Metade do elemento	38.10	0.0%	2.4%
V224		Elemento completo	34.53	56.4%	2.2%
V214*		Metade do elemento	106.98	0.0%	6.8%
V209*		Metade do elemento	91.72	0.0%	5.8%
POS.H-N20	LAJE	Posição completa	29.06	0.0%	1.8%
POS.H-N22		Posição completa	12.73	0.0%	0.8%
POS.H-N31		Posição completa	53.65	100.0%	3.4%
POS.H-N32		Posição completa	30.58	100.0%	1.9%
POS.H-N33		Posição completa	10.76	0.0%	0.7%
POS.H-N36		Posição completa	130.78	0.0%	8.3%
POS.H-N41		Posição completa	15.46	100.0%	1.0%
POS.V-N04		Posição completa	6.79	0.0%	0.4%
POS.V-N05		Posição completa	26.07	0.0%	1.6%
POS.V-N11		Posição completa	182.97	0.0%	11.6%
POS.V-N18		Posição completa	19.73	100.0%	1.2%
POS.V-N30		Posição completa	0.16	0.0%	0.0%
POS.V-N36		Posição completa	2.01	0.0%	0.1%
POS.V-N53		Posição completa	1.63	0.0%	0.1%
NEG.H-N35		Posição completa	43.61	0.0%	2.8%
NEG.H-N36		Posição completa	35.45	100.0%	2.2%
NEG.H-N37		Posição completa	18.96	0.0%	1.2%
NEG.H-N38		Posição completa	9.09	0.0%	0.6%
NEG.H-N39		Posição completa	15.15	100.0%	1.0%
NEG.H-N40		Posição completa	46.45	0.0%	2.9%
NEG.H-N46		Posição completa	44.49	0.0%	2.8%
NEG.H-N47		Posição completa	56.91	0.0%	3.6%
NEG.H-N48		Posição completa	20.67	100.0%	1.3%
NEG.H-N49		Posição completa	15.31	0.0%	1.0%
NEG.H-N50		Posição completa	36.26	0.0%	2.3%
NEG.H-N51		Posição completa	12.44	0.0%	0.8%
NEG.H-N52		Posição completa	24.66	0.0%	1.6%

NEG.H-N53		Posição completa	18.57	0.0%	1.2%
NEG.V-N29		Posição completa	8.61	0.0%	0.5%
NEG.V-N30		Posição completa	16.35	0.0%	1.0%
NEG.V-N31		Posição completa	22.49	0.0%	1.4%
NEG.V-N39		Posição completa	14.22	0.0%	0.9%
Tela Q92		Um quarto das telas	242.17	0.0%	15.3%
Escada 2	Escada	Metade do elemento	84.50	0.0%	5.3%
TOTAL			1580.1		100.00%

INFORMAÇÕES DIÁRIAS	
Horas trabalhadas	10
Total de homens	8
Hh	80
Quantidade de Serviço (kg)	1580.1

*: elemento executado em mais de um dia de produção.

Data:	18/09/2019 (quarta-feira)
Dia do ciclo:	14º Dia
Observador:	Matheus Mendes
Horas trabalhadas:	10 horas
Número de oficiais:	8
Observações ou anormalidades do dia:	> 2 oficiais durante 3 horas nas vigas e 7 horas nas lajes > 6 oficiais na laje durante 10 horas > Horário de trabalho: 07:00 as 18:00

Identificação de projeto	Estrutura	Intervalo	Peso (kg)	Ø ≥16mm (% peso)	%
V222	VIGA	Elemento completo	12.05	0.0%	0.7%
V223		Elemento completo	43.42	55.2%	2.6%
V203		Metade do elemento	38.10	0.0%	2.3%
POS.H-N06	LAJE	Posição completa	112.34	0.0%	6.8%
POS.H-N07		Posição completa	81.86	0.0%	5.0%
POS.H-N08		Posição completa	199.37	0.0%	12.1%
POS.H-N16		Posição completa	20.26	0.0%	1.2%
POS.H-N17		Posição completa	14.20	0.0%	0.9%
POS.H-N18		Posição completa	20.25	100.0%	1.2%
POS.H-N21		Posição completa	47.44	0.0%	2.9%
POS.H-N25		Posição completa	11.26	0.0%	0.7%
POS.H-N30		Posição completa	56.40	0.0%	3.4%
POS.H-N49		Posição completa	2.27	0.0%	0.1%
POS.H-N50		Posição completa	3.57	0.0%	0.2%
POS.V-N06		Posição completa	20.79	0.0%	1.3%
POS.V-N07		Posição completa	4.46	0.0%	0.3%
POS.V-N09		Posição completa	17.30	0.0%	1.1%
POS.V-N12		Posição completa	39.03	0.0%	2.4%
POS.V-N13		Posição completa	171.83	100.0%	10.5%
POS.V-N15		Posição completa	35.29	0.0%	2.2%
POS.V-N19		Posição completa	2.78	0.0%	0.2%
POS.V-N20		Posição completa	13.49	0.0%	0.8%
POS.V-N21		Posição completa	20.26	0.0%	1.2%
POS.V-N22		Posição completa	56.82	100.0%	3.5%
POS.V-N25		Posição completa	14.74	0.0%	0.9%
POS.V-N26		Posição completa	25.17	0.0%	1.5%
POS.V-N28		Posição completa	9.48	0.0%	0.6%
POS.V-N32		Posição completa	37.32	0.0%	2.3%
POS.V-N33		Posição completa	61.79	0.0%	3.8%
POS.V-N39		Posição completa	7.74	0.0%	0.5%
NEG.H-N30		Posição completa	9.21	0.0%	0.6%

NEG.H-N31	Posição completa	13.51	100.0%	0.8%
NEG.H-N44	Posição completa	18.60	0.0%	1.1%
NEG.H-N45	Posição completa	7.56	0.0%	0.5%
NEG.H-N58	Posição completa	12.14	0.0%	0.7%
NEG.V-N01	Posição completa	3.92	0.0%	0.2%
NEG.V-N11	Posição completa	52.16	0.0%	3.2%
NEG.V-N16	Posição completa	12.96	0.0%	0.8%
NEG.V-N23	Posição completa	20.74	0.0%	1.3%
NEG.V-N34	Posição completa	26.78	0.0%	1.6%
NEG.V-N36	Posição completa	13.14	0.0%	0.8%
NEG.V-N40	Posição completa	7.01	0.0%	0.4%
Tela Q92	Um quarto das telas	242.17	0.0%	14.8%
TOTAL		1641.0		100.00%

INFORMAÇÕES DIÁRIAS	
Horas trabalhadas	10
Total de homens	8
Hh	80
Quantidade de Serviço (kg)	1641.0

*: elemento executado em mais de um dia de produção.

Data:	19/09/2019 (quinta-feira)
Dia do ciclo:	15º Dia
Observador:	Matheus Mendes
Horas trabalhadas:	6 horas
Número de oficiais:	8
Observações ou anormalidades do dia:	> 2 oficiais durante 1 horas na viga e 7 horas nas lajes > 3 oficiais na laje durante 8 horas > 1 oficial na escada durante 8 horas > Horário de trabalho: 07:00 as 13:00

Identificação de projeto	Estrutura	Intervalo	Peso (kg)	Ø ≥16mm (% peso)	%
POS.H-N01	LAJE	Posição completa	8.55	0.0%	0.7%
POS.H-N02		Posição completa	4.26	0.0%	0.3%
POS.H-N04		Posição completa	22.04	0.0%	1.7%
POS.H-N05		Posição completa	4.65	0.0%	0.4%
POS.H-N26		Posição completa	2.79	0.0%	0.2%
POS.H-N27		Posição completa	7.28	0.0%	0.6%
POS.V-N08		Posição completa	7.08	0.0%	0.5%
POS.V-N10		Posição completa	5.95	0.0%	0.5%
POS.V-N14		Posição completa	3.83	0.0%	0.3%
POS.V-N16		Posição completa	14.21	0.0%	1.1%
POS.V-N29		Posição completa	3.79	0.0%	0.3%
POS.V-N50		Posição completa	1.92	0.0%	0.1%
POS.V-N51		Posição completa	0.76	0.0%	0.1%
POS.V-N52		Posição completa	2.04	0.0%	0.2%
NEG.H-N01		Posição completa	25.68	0.0%	2.0%
NEG.H-N02		Posição completa	20.97	0.0%	1.6%
NEG.H-N03		Posição completa	6.87	0.0%	0.5%
NEG.H-N04		Posição completa	2.89	0.0%	0.2%
NEG.H-N05		Posição completa	57.97	0.0%	4.5%
NEG.H-N06		Posição completa	29.31	0.0%	2.3%
NEG.H-N08		Posição completa	30.51	0.0%	2.3%
NEG.H-N09		Posição completa	46.14	0.0%	3.5%
NEG.H-N10		Posição completa	12.64	0.0%	1.0%
NEG.H-N12		Posição completa	24.69	0.0%	1.9%
NEG.H-N14		Posição completa	8.79	0.0%	0.7%
NEG.H-N15		Posição completa	21.19	0.0%	1.6%
NEG.H-N16		Posição completa	5.64	0.0%	0.4%
NEG.H-N17		Posição completa	28.47	0.0%	2.2%
NEG.H-N19		Posição completa	15.15	0.0%	1.2%
NEG.H-N22		Posição completa	1.82	0.0%	0.1%
NEG.H-N23		Posição completa	21.78	100.0%	1.7%

NEG.H-N24	Posição completa	14.45	0.0%	1.1%
NEG.H-N26	Posição completa	21.05	0.0%	1.6%
NEG.H-N27	Posição completa	6.57	0.0%	0.5%
NEG.H-N28	Posição completa	16.04	0.0%	1.2%
NEG.H-N29	Posição completa	50.59	0.0%	3.9%
NEG.H-N32	Posição completa	15.83	0.0%	1.2%
NEG.H-N33	Posição completa	36.93	0.0%	2.8%
NEG.H-N54	Posição completa	37.19	0.0%	2.9%
NEG.H-N59	Posição completa	2.40	0.0%	0.2%
NEG.H-N60	Posição completa	3.57	0.0%	0.3%
NEG.H-N61	Posição completa	2.60	0.0%	0.2%
NEG.H-N63	Posição completa	14.41	0.0%	1.1%
NEG.H-N64	Posição completa	7.90	0.0%	0.6%
NEG.V-N02	Posição completa	38.67	0.0%	3.0%
NEG.V-N03	Posição completa	8.69	0.0%	0.7%
NEG.V-N04	Posição completa	22.59	0.0%	1.7%
NEG.V-N05	Posição completa	13.11	0.0%	1.0%
NEG.V-N06	Posição completa	28.84	0.0%	2.2%
NEG.V-N07	Posição completa	53.80	0.0%	4.1%
NEG.V-N08	Posição completa	5.62	0.0%	0.4%
NEG.V-N12	Posição completa	46.14	0.0%	3.5%
NEG.V-N13	Posição completa	103.51	0.0%	8.0%
NEG.V-N14	Posição completa	16.10	100.0%	1.2%
NEG.V-N15	Posição completa	26.92	0.0%	2.1%
NEG.V-N17	Posição completa	29.07	0.0%	2.2%
NEG.V-N18	Posição completa	43.82	0.0%	3.4%
NEG.V-N19	Posição completa	7.82	0.0%	0.6%
NEG.V-N20	Posição completa	4.54	0.0%	0.3%
NEG.V-N21	Posição completa	16.57	0.0%	1.3%
NEG.V-N22	Posição completa	8.10	0.0%	0.6%
NEG.V-N24	Posição completa	2.57	0.0%	0.2%
NEG.V-N25	Posição completa	3.88	0.0%	0.3%
NEG.V-N26	Posição completa	19.53	0.0%	1.5%
NEG.V-N27	Posição completa	9.09	0.0%	0.7%
NEG.V-N28	Posição completa	5.68	0.0%	0.4%
NEG.V-N32	Posição completa	30.26	0.0%	2.3%
NEG.V-N33	Posição completa	4.57	0.0%	0.4%
NEG.V-N35	Posição completa	10.74	0.0%	0.8%
NEG.V-N37	Posição completa	3.12	0.0%	0.2%
NEG.V-N38	Posição completa	4.27	0.0%	0.3%
NEG.V-N41	Posição completa	13.38	0.0%	1.0%
NEG.V-N58	Posição completa	1.02	0.0%	0.1%
NEG.V-N59	Posição completa	1.92	0.0%	0.1%
NEG.V-N60	Posição completa	2.04	0.0%	0.2%

NEG.V-N61		Posição completa	1.63	0.0%	0.1%
NEG.V-N62		Posição completa	14.92	0.0%	1.1%
NEG.V-N63		Posição completa	16.42	0.0%	1.3%
NEG.V-N64		Posição completa	2.16	0.0%	0.2%
TOTAL			1300.2		100.00%

INFORMAÇÕES DIÁRIAS	
Horas trabalhadas	6
Total de homens	8
Hh	48
Quantidade de Serviço (kg)	1300.2

*: elemento executado em mais de um dia de produção.