

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

GUILHERME BRUM MARCHIORI DE FRANCESCHI

**ESTUDO COMPARATIVO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE  
ANDAIMES SUSPENSOS E ANDAIMES FACHADEIROS  
PARA EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO EXTERNO EM  
ARGAMASSA**

Avaliador:
Defesa: dia __/__/2016 às _____ horas
Local: UFRGS / Engenharia Nova Osvaldo Aranha, 99, sala 304
<b>Anotações com sugestões para qualificar o trabalho são bem-vindas. O aluno fará as correções e lhe passará a versão final do trabalho, se for de seu interesse.</b>

Porto Alegre  
Novembro 2016



**GUILHERME BRUM MARCHIORI DE FRANCESCHI**

**ESTUDO COMPARATIVO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE  
ANDAIMES SUSPENSOS E ANDAIMES FACHADEIROS  
PARA EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO EXTERNO EM  
ARGAMASSA**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da  
Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como  
parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Ruy Alberto Cremonini**  
**Orientadora: Luciani Somensi Lorenzi**

Porto Alegre  
Novembro 2016



**GUILHERME BRUM MARCHIORI DE FRANCESCHI**

**ESTUDO COMPARATIVO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE  
ANDAIMES SUSPENSOS E ANDAIMES FACHADEIROS  
PARA EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO EXTERNO EM  
ARGAMASSA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Eduardo Luís Isatto, pelo Professor Ruy Alberto Cremonini e pela Professora Luciani Somensi Lorenzi, Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, novembro de 2016

Prof. Ruy Alberto Cremonini  
Dr. pela USP  
Orientador

Profa. Luciani Somensi Lorenzi  
Dra. pela UFRGS  
Orientadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Eduardo Luis Isatto**  
**UFRGS**  
Dr. pela UFRGS

**Prof. Tarcisio Abreu Saurin**  
**UFRGS**  
Dr. pela UFRGS

**Prof. Ruy Alberto Cremonini**  
**UFRGS**  
Dr. pela USP

**Profa. Luciani Somensi Lorenzi**  
**UFRGS**  
Dra. Pela UFRGS



Dedico este trabalho a meus pais, Cristiane e Vlademir, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos Professores Ruy Alberto Cremonini e Luciani Somensi Lorenzi, orientadores deste trabalho, pela atenção e disponibilidade. Agradeço minha família, mãe, pai, irmãos e vó pela compreensão. Agradeço a Anelise pela ajuda, compreensão e carinho. Agradeço aos amigos pelo entendimento de minha ausência.



Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.

*Leonardo da Vinci*



## RESUMO

O revestimento externo em argamassa, que tem como objetivo regularizar e revestir as superfícies externas de uma edificação, é amplamente usado no mercado da construção civil no Brasil. Decorrente da demanda de engenheiros e construtoras, atualmente existem diversos equipamentos que auxiliam a execução desse serviço, facilitando sua produção em diversos quesitos, como: produtividade, segurança, custos e prazo de obra. O trabalho a seguir busca comparar dois equipamentos que auxiliam a execução desse serviço: os andaimes suspensos e os andaimes fachadeiros. O trabalho terá como base de dados documentos e materiais, tais como: planejamento físico, planilhas de custos, plano de ataque, plantas de fachada, referentes a uma obra que se utilizou dos andaimes suspensos. Da compilação da documentação fornecida pela obra foram extraídos os principais indicadores de custos e de planejamento referentes à execução do revestimento externo em argamassa. Na sequência, foi realizada uma simulação para a obra do estudo de caso, dessa vez, usando andaimes fachadeiros. A simulação teve como base as entrevistas com engenheiros que se utilizam ou se utilizaram de andaimes fachadeiros com o intuito de conhecer melhor seu uso e o seu funcionamento, com o objetivo de desenvolver indicadores de custos e de planejamento. Na conclusão, a partir das pesquisas e dos resultados de ambos andaimes, foram traçados comparativos entre os equipamentos, com os quais buscou-se especificar as vantagens e as desvantagens de cada um e, igualmente, analisar seu desempenho perante a obra do estudo de caso.

Palavras-chave: *andaimes suspensos, andaimes fachadeiros, construção civil, custos, planejamento, produtividade.*



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Foto ilustrativa - Obra do estudo de caso.....	28
Figura 2 – Etapas da pesquisa.....	30
Figura 3 – Cronograma das etapas.....	30
Figura 4 – Exemplo de andaime suspenso usado para serviços em fachada.....	41
Figura 5 – Andaimos suspensos para serviços em fachada.....	43
Figura 6 – Ilustração sobre metodologia dos andaimes fachadeiros.....	45
Figura 7 – Obra utilizando andaimes fachadeiros do tipo modular.....	46
Figura 8 – Obra utilizando andaimes fachadeiros do tipo multidirecional.....	48
Figura 9 – Implantação do empreendimento.....	53
Figura 10 – Planta das fachadas principal/fundos e planta das fachadas laterais.....	54
Figura 11 – Áreas de atuação de cada andaime sobre cada fachada.....	55
Figura 12 – Corte esquemático de andaime suspenso 6,0m.....	57
Figura 13 – Esquema do caminho crítico nos serviços fachada Torre I.....	59
Figura 14 – Cronograma de execução do serviço em estudo para a Torre I.....	61
Figura 15 – Esquema ilustrativo com andaimes fachadeiros.....	66
Figura 16 – Execução do revestimento externo em argamassa com andaime fachadeiro	66
Figura 17 – Modelo de andaime para o estudo.....	68
Figura 18 – Fixação dos andaimes.....	68
Figura 19 – Esquema do caminho crítico nos serviços fachada Torre I.....	71
Figura 20 - Cronograma desenvolvido para Andaimos fachadeiros.....	72
Figura 21 – Esquema ilustrativo da linha de balanço dos serviços.....	73



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de dados sobre andaimes suspensos.....	51
Tabela 2 – Pesquisa sobre o uso de andaimes fachadeiros.....	52
Tabela 3 – Áreas de revestimento externo em argamassa.....	55
Tabela 4 – Identificação de andaime e área correspondente do serviço em estudo.....	56
Tabela 5 – Divisão de equipes por andaime e por fachada.....	59
Tabela 6 – Indicadores de tempo e produtividade.....	62
Tabela 7 – Custos referentes aos andaimes suspensos para a Torre I.....	64
Tabela 8 – Custo do andaime suspenso / m <sup>2</sup> de revestimento externo em argamassa.....	65
Tabela 9 – A especificação dos andaimes usados e áreas de totais.....	69
Tabela 10 – Indicadores de tempo e produtividade.....	75
Tabela 11 – Custos referentes aos andaimes fachadeiros para a Torre I.....	77
Tabela 12 – Custo do andaime fachadeiro / m <sup>2</sup> de revestimento externo em argamassa..	77
Tabela 13 – Vantagens e desvantagens dos sistemas de andaimes.....	79



## **LISTA DE SIGLAS**

EPC – Equipamentos de Proteção Coletiva

EPI – Equipamento de Proteção Individual

PCMAT - Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho

ART - Anotação de Responsabilidade Técnica

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

PPC- Percentual de Pacotes Completos



## **LISTA DE SÍMBOLOS**

kg – Quilograma

m<sup>3</sup> - Metros Cúbicos

m<sup>2</sup> - Metros Quadrados

m – Metros

mm - Milímetros

3D – Três dimensões (comprimento, largura e profundidade)



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>2 DIRETRIZES DE PESQUISA.....</b>	<b>26</b>
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	26
2.2 OBJETIVOS DE PESQUISA.....	26
<b>2.2.1 OBJETIVO PPRINCIPAL.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS .....</b>	<b>27</b>
2.3 DELIMITAÇÕES.....	27
2.4 LIMITAÇÕES.....	28
2.5 MÉTODOS DE PESQUISA .....	28
2.6 DELINEAMENTO.....	29
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>31</b>
3.1 PLANEJAMENTO FÍSICO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	31
<b>3.1.1 LEAN CONSTRUCTION.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.2 DEFINIÇÕES DE PLANEJAMENTO.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1.4 SISTEMA LAST PLANNER.....</b>	<b>33</b>
3.1.4.1 <i>Planejamento de curto prazo.....</i>	33
3.1.4.2 <i>Planejamento de médio prazo.....</i>	34
3.1.4.3 <i>Planejamento de longo prazo.....</i>	36
3.2 GESTÃO DE CUSTOS.....	36
3.2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS .....	37
3.2.1.1 <i>Custos Diretos.....</i>	38
3.2.1.2 <i>Custos Indiretos.....</i>	39
3.2.1.3 <i>Custos fixos e variáveis .....</i>	40
3.3 Sistemas de andaimes .....	40
<b>3.3.1 ANDAIMES SUSPENSOS.....</b>	<b>40</b>
3.3.1.1 <i>Segurança do trabalho.....</i>	40
3.3.1.2 <i>Utilização e funcionamento.....</i>	42
<b>3.3.2 ANDAIMES FACHADEIROS.....</b>	<b>44</b>
3.3.2.1 <i>Segurança do trabalho.....</i>	44
3.3.2.2 <i>Utilização e funcionamento.....</i>	46
<b>4 ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....</b>	<b>52</b>

<b>4.2 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA.....</b>	<b>53</b>
<b>4.3 ANÁLISE DO ANDAIME SUSPENSO.....</b>	<b>54</b>
4.3.1 ANÁLISE DO PLANEJAMENTO FÍSICO.....	58
4.3.2 ANÁLISE DE CUSTOS.....	63
<b>4.4 ANÁLISE DO ANDAIME FACHADEIRO.....</b>	<b>65</b>
4.4.1 ANÁLISE DO PLANEJAMENTO FÍSICO.....	69
4.4.2 ANÁLISE DE CUSTOS.....	75
<b>5 CONCLUSÕES SOBRE OS ANDAIMES.....</b>	<b>78</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>80</b>
REFERÊNCIAS .....	82
APÊNDICE A .....	85
APÊNDICE B .....	86
APÊNDICE C.....	87
APÊNDICE D .....	88
APÊNDICE E .....	89





## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho teve como motivação entender como a escolha do sistema de andaimes pode trazer vantagens ou desvantagens para o processo construtivo de uma edificação, afim de proporcionar maiores recursos para futuras tomadas decisão. Os fatores que instigaram a realização desse trabalho foram o aumento da preocupação com o prazo de entrega de obras, resultante do crescimento do mercado imobiliário dos últimos anos, a inovação tecnológica proposta pelo setor da construção civil, aliada a diversidade de ofertas na escolha do sistema de andaimes para realização de trabalhos em fachada, e a busca pela diminuição de custos no processo de edificação.

Esse trabalho abordará uma análise técnica entre dois sistemas de andaimes, voltados para o âmbito da execução de revestimento externo em argamassa em fachadas, usados na construção civil em edificações verticais: andaimes suspensos e andaimes fachadeiros. O intuito dessa pesquisa é analisar como a escolha do tipo de andaime define positiva ou negativamente a obra em estudo para, ao fim disso, tecer considerações entre as tipologias de andaimes usadas.

Com a revisão bibliográfica foram abordados os conceitos que dão as diretrizes deste trabalho. Foram analisadas as principais técnicas e ferramentas sobre planejamento físico e o sistema da Construção Enxuta, conjuntamente com as características da gestão de custos. Foram citados autores como Koskela (1992), Formoso (1991), Laufer (1997), Bornia (2002), Kern (2005) e Mattos (2006). Os aspectos técnicos de cada andaime foram descritos detalhadamente, citando autores como: Figuerola (2013), Mossman (2015), Mattos (2015) e Faria (2007). Foi descrita a metodologia de cada andaime, suas questões referentes a segurança do trabalho, referenciando a NR 35(2012) e a NR 18 (2015), a utilização, a montagem, o funcionamento e ilustrando como o serviço de aplicação de revestimento de argamassa externo realizado na fachada é influenciado pela escolha da tipologia do andaime.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho foram descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

Partimos da seguinte questão de pesquisa: entre o uso de andaimes suspensos ou andaimes fachadeiros, quais as vantagens e desvantagens de cada sistema de andaime para a execução de revestimento de argamassa externo, na construção de uma edificação similar ao estudo de caso?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e elencados abaixo:

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal deste trabalho é analisar, por meio de comparação, quais as vantagens e desvantagens entre os sistemas de andaime, suspenso ou fachadeiro, na aplicação de revestimento de argamassa externo em uma edificação vertical similar ao estudo de caso.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

- Descrever os conceitos de planejamento usados na Construção Enxuta, referenciando as técnicas e ferramentas do Last Planner;
- Expor os conceitos e a metodologia sobre a Gestão de Custos na construção civil;
- Citar detalhadamente as características técnicas de utilização e funcionamento de cada andaime: suspenso e fachadeiro.

## 2.3 DELIMITAÇÕES

- O trabalho delimita-se a pesquisar a utilização de dois tipos de andaimes: suspenso e fachadeiros;
- O serviço analisado com o uso de andaimes será: execução de revestimento de argamassa externo;
- A execução do revestimento de argamassa externo irá ter como base as dimensões discriminadas nos projetos arquitetônicos da obra do estudo de caso;
- A análise será feita sobre as fachadas leste, oeste e laterais, referentes à Torre I do empreendimento;
- Os parâmetros teóricos para a simulação do andaime fachadeiro foram baseados nos conceitos do sistema da Construção Enxuta;
- Os custos referentes aos andaimes foram baseados sobre a forma de aluguel;
- Os custos referentes as bandejas de proteção, extraídos da documentação fornecida pela construtora não foram detalhados no trabalho. E sim, brevemente indicados nas considerações finais, afim de auxiliar em futuras tomadas de decisão;
- Os custos indiretos de cada andaime, não foram considerados para o comparativo entre ambos, devido a sua variabilidade, conforme foi explicado no capítulo 4.

Para melhor expor as delimitações do trabalho, e ilustrar com clareza a obra de estudo de caso, na figura 1, a seguir, está exposto o modelo 3D da edificação estudada, a qual será detalhada no capítulo 4.

Figura 1 – Foto ilustrativa da obra do estudo de caso



(fonte: disponibilizado pela empresa)

## 2.4 LIMITAÇÕES

As limitações que afetaram o desenvolvimento desta pesquisa foram os materiais técnicos disponibilizado pela construtora sobre a obra do estudo de caso. Assim como, os dados que foram obtidos a partir de pesquisas realizadas em obras que utilizam andaimes fachadeiros, e que serviram de referências para a simulação do planejamento físico da execução do serviço de revestimento externo em argamassa com o uso do andaime fachadeiro. Os orçamentos recebidos dos fornecedores, para realizar a simulação dos custos sobre o uso do andaime fachadeiro.

## 2.5 MÉTODO DE PESQUISA

Com a elaboração da pesquisa bibliográfica e a constituição de um corpo teórico sobre andaimes suspensos e fachadeiros, considerações sobre planejamento físico e sobre gestão de custos, a pesquisa buscou definir conceitos-chave para o entendimento da etapa proposta no estudo de caso. Na sequência, com as informações provenientes da obra do estudo de caso, fornecidas pela construtora, provenientes do planejamento físico da obra, planilhas de custos e orçamentos, plantas arquitetônicas, plano de ataque da obra, buscou-se a consolidação dos dados para elaboração de resultados sobre produtividade, custos, logísticas e estratégia do uso dos andaimes suspensos.

Após, foram elaboradas pesquisas em obras com intuito de obter uma base de dados para o planejamento da simulação do andaime fachadeiro. A pesquisa teve o foco em produtividade na execução do revestimento externo em argamassa, custos, logística e estratégia do uso do andaime fachadeiro. Assim, com informações sólidas, foi simulada a utilização do andaime fachadeiro na obra do estudo de caso, fornecendo resultados para as considerações do trabalho.

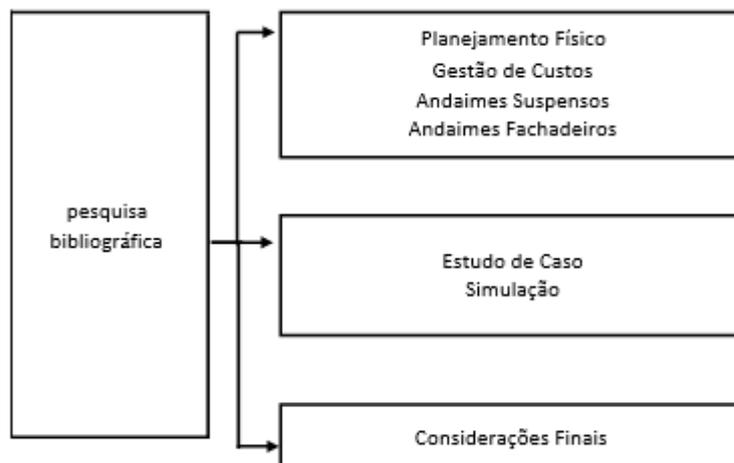
Por fim, com os resultados sobre andaimes suspensos e andaimes fachadeiros foram traçadas considerações acerca dos resultados obtidos sobre o planejamento físico e de custos de cada andaime. A metodologia escolhida é o estudo de caso, que será explicado em detalhes no capítulo 4.

## 2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 2, e descritas nos próximos parágrafos:

- a. Pesquisa bibliográfica: foi realizada durante toda a execução do trabalho, para coleta de informações e entendimento do assunto. A bibliografia principal a ser consultada refere-se a publicações sobre planejamento físico e custos em construções, andaimes suspensos e fachadeiros;
- b. Conceituação sobre o planejamento físico e custos em construções: com base na revisão bibliográfica, apresentar informações referentes aos conceitos, técnicas e ferramentas;
- c. Andaimes suspensos e andaimes fachadeiros: com base na revisão bibliográfica, mostrar as principais características dos sistemas de andaimes, abordando a metodologia de utilização, segurança do trabalho, montagem e funcionamento;
- d. Estudo de caso: a partir do material fornecido pela construtora sobre a obra do estudo de caso, analisar as informações obtidas na construção realizada com andaimes suspensos, e compará-la com a simulação desenvolvida do uso de andaimes fachadeiros;
- e. Considerações finais: buscar estabelecer relações entre qual sistema de andaime é mais eficiente para o estudo de caso e, assim, traçar considerações sobre o planejamento físico e o de custos para os dois tipos de andaimes.

Figura 2 – Etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A etapa de conceituação sobre o planejamento físico e gestão de custos na construção civil será exposta com a pesquisa bibliográfica. Para as referências sobre o uso de andaimes suspensos e andaimes fachadeiros será feito um levantamento em obras locais e em literaturas atuais. A análise sobre o estudo de caso, buscou, com o material fornecido pela construtora que utilizou de andaimes suspensos, mostrar um comparativo caso a mesma fosse realizada com andaimes fachadeiros. Ao fim, demonstrou-se considerações sobre as duas situações, uma com cada tipo de andaime, para mostrar a eficiência sobre o aspecto dos resultados obtidos. A seguir, o cronograma das atividades planejadas está demonstrado na figura 3.

Figura 3 – Cronograma das etapas

ETAPAS	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro
Pesquisa bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X
Planejamento físico	X	X					
Gestão de Custos	X	X					
Andaimes Suspensos Andaimes fachadeiros			X	X	X		
Estudo de caso						X	X
Considerações finais							X

(fonte: elaborado pelo autor)

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 PLANEJAMENTO FÍSICO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Neste capítulo, foram abordadas definições de planejamento da construção baseados na teoria da Construção Enxuta (Lean Construction)<sup>1</sup>. Foram explicitados também técnicas e ferramentas da teoria que sustentarão decisões futuras.

#### 3.1.1 LEAN CONSTRUCTION

A aplicação da metodologia da produção descrita por Koskela (1992) traz o conceito da Lean Construction. Esse novo modelo acrescenta ao modelo de produção, baseado na conversão, as atividades de fluxo e os critérios de valor. Enquanto o modelo de conversão utiliza a transformação de matérias-primas em produtos (*inputs* em *outputs*), o modelo novo proposto pelo autor se baseia também nas atividades de espera, inspeção e movimentação entre as diferentes conversões. A grande diferença é resultado da inclusão do critério de valor, que significa a busca pela minimização dos efeitos do peso das atividades de fluxo e tem como prioridade o encontro com a satisfação do cliente.

Segundo Koskela (1992), na construção civil, a implementação de um sistema de planejamento e controle, baseado no Lean Construction, visa a eficiência e eficácia para melhoras significativas nos processos. Executar obras civis dentro do prazo e dos custos previstos, atender a qualidade especificada em projeto, satisfazer as expectativas da organização e cliente são indicadores do sucesso no gerenciamento.

#### 3.1.2 DEFINIÇÕES DE PLANEJAMENTO

Segundo Formoso (1991), planejamento é um processo que propõe metas e estabelece meios de alcançá-las, sendo efetivo se atuar em conjunto com o processo de controle das atividades. Para Laufer e Tucker (1987), o planejamento segue diretrizes guiadas pelas seguintes questões norteadoras: a) o que deve ser feito; b) como as atividades devem ser feitas; c) quem deve executar cada atividade e com que meios deve executá-la; d) quando as atividades

---

<sup>1</sup> Lean Construction é usado na língua portuguesa como: Construção Enxuta

devem ser executadas. Cada uma dessas questões é uma parte do processo e cada resposta indica a tarefa a ser realizada, os meios a serem utilizados, os recursos disponíveis, o sequenciamento e o ritmo da atividade. Ainda, Laufer e Tucker (1987) afirmam que planejar se assemelha a tomada de decisões realizada para antecipar uma ação futura, na qual se utiliza de meios eficazes para realizá-la.

Para Ackoff (1976), de modo geral o planejamento pode ser resumido como a “definição de um futuro desejado e de meios eficazes de alcançá-lo”. Portanto, é possível destacar que o poder de traçar metas, baseia-se no planejamento, estando esses intrinsecamente correlacionados.

### **3.1.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE**

Para Goldman (2004), o planejamento e controle devem caminhar juntos, pois um sempre estará auxiliando o outro. O controle somente será bem feito se o planejamento estiver sido preparado corretamente. E, para se ter um controle satisfatório, também se deve conhecer tudo o que acontece em torno dos serviços a se controlar. A seguir estão listados os itens que devem ser supervisionados para otimizar o controle:

- a. materiais que serão utilizados na execução dos serviços;
- b. equipamentos auxiliares para execução;
- c. ferramentas de trabalho dos operários;
- d. mão de obra necessária à execução;
- e. prazo de execução do serviço;
- f. considerações sobre o método de trabalho empregado;
- g. quantidade produzida de serviço;
- h. custos correspondentes a cada insumo.

Segundo Formoso (1991), um dos problemas para o controle da produção e o planejamento da construção é a informalidade na troca de informações entre engenheiro e mestre de obra, o que dificulta o entendimento sobre a evolução dos serviços. A maneira como a troca de informações acontece, na maioria das vezes, é precária para a utilização de recursos,

pois visa somente um prazo curto de execução e não possui vínculos com o plano de longo prazo.

Assim, torna-se imprescindível o conhecimento detalhado dos projetos: ter informações sobre as especificações técnicas e de revestimentos, particularidades construtivas, orçamento detalhado, cronograma físico-financeiro e de execução, entre outros elementos que possam afetar direta ou indiretamente o andamento físico ou o custo da obra (GOLDMAN, 2004).

### 3.1.4 SISTEMA LAST PLANNER

Neste capítulo foram abordados os níveis hierárquicos do Last Planner, suas funções, conceitos, e ferramentas atreladas ao controle da produção. O Last Planner é constituído de três níveis, com objetivos diferentes ao processo de planejamento. Integra por meio de tarefas ou compromissos que são estabelecidos ao longo dos níveis hierárquicos. Contudo, objetivos gerais do empreendimento e suas respectivas restrições governam todo o processo de planejamento (PEREIRA, 2011).

Conforme Ballard (2000), o controle de produção proposto no Last Planner, vem da integração das ferramentas do plano de curto prazo com o de médio prazo. Afirma que essa filosofia visa aperfeiçoar processos e o desempenho do PPC, através de medidas que reduzam os efeitos de imprecisões. Pereira (2011), com base na pesquisa de Ballard (1994, 2000)<sup>2</sup>, afirma que:

esses objetivos são dirigidos por meio da remoção de suas restrições até os níveis mais baixos da estrutura hierárquica de planejamento e estas restrições, por sua vez, especificam meios para que se atinjam esses objetivos. Esse mesmo autor complementa que por último, uma pessoa (ou um grupo) decide o fluxo físico das atividades que serão exercidas num horizonte de tempo curto. Essa pessoa (ou grupo de pessoas) que é a última a tomar decisão é chamada de Last Planner (PEREIRA, 2011, p. 33).

---

<sup>2</sup> BALLARD, G. The last planner. In: SPRING CONFERENCE OF THE NORTHERN CALIFORNIA CONSTRUCTION INSTITUTE, 6., 1994, Monterey, CA. Proceedings... Monterey, CA: LCI, 1994. Disponível em: <[leanconstruction.org/pdf/LastPlanner.pdf](http://leanconstruction.org/pdf/LastPlanner.pdf)>. Acesso em 9 ago, 2016

### *3.1.4.1 PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO*

Segundo Bernardes (2001) esse nível de planejamento relaciona-se muito mais com as decisões necessárias para o correto curso da produção, como atribuições de serviços no canteiro. Coelho (2003) completa que devem ser tomadas atitudes que diminuam a variabilidade e a imprecisão em relação aos processos que ocorrem nesse espaço, visto que o planejamento de curto prazo possui objetivos relacionados aos serviços no ambiente de produção. Para Pereira (2011), com base em Ballard (2000)<sup>3</sup>:

Uma forma de medir a eficiência dos planos gerados no nível das unidades de produção se faz pelo uso do Percentual de Pacotes Completos (PPC). Devido ao fato desse indicador ser calculado por meio da divisão entre as atividades completadas pelas atividades programadas, ele se torna uma boa forma de avaliar o controle exercido nas unidades de produção.

Deste modo, o primeiro ato a ser tomado é o de identificação dos motivos pelos quais os planos não são totalmente finalizados (BALLARD, 2000). Algumas destas razões são: a) fluxo errôneo de informações; b) excesso de trabalho planejado para as equipes; c) falhas na coordenação dos diferentes recursos; d) mudanças de prioridades; e) erros de projeto ou de fornecedor durante a execução das atividades.

De maneira geral, PPC com altas porcentagens, aliados aos objetivos do planejamento de curto e médio prazo, são indicadores de que se possui um alto índice de atividades realizadas de forma correta, logo, afirma-se que a produção tem alcançado elevados níveis de produtividade (BALLARD, 2000). Porém, segundo Ballard (2000), escreve que altas porcentagens no PPC, devem ser investigadas, pois os motivos pelos quais algumas tarefas não foram concretizadas para otimizar planos futuros. Essa investigação está atrelada a todos os níveis hierárquicos do Last Planner, e motivos distintos são encontrados em diferentes níveis.

### *3.1.4.2 PLANEJAMENTO DE MÉDIO*

Ballard (1997 apud BERNARDES, 2003) delinea algumas diretrizes relacionadas ao planejamento de médio prazo. Essas diretrizes estão elencadas abaixo:

a. modelar o fluxo de trabalho, na melhor sequência possível, de forma a facilitar o cumprimento dos objetivos do empreendimento;

---

<sup>3</sup> BALLARD, G. The last planner system of production control. 143 f. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) – Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, UK.

- b. facilitar a identificação da carga de trabalho e dos recursos necessários que atendam ao fluxo de trabalho estabelecido;
- c. ajustar os recursos disponíveis ao fluxo de trabalho definido;
- d. possibilitar que trabalhos interdependentes possam ser agrupados de forma que o método de trabalho seja planejado de maneira conjunta;
- e. auxiliar na identificação de operações que podem ser executadas de maneira conjunta entre as diferentes equipes de produção;
- f. identificar o estoque de pacotes de trabalho designados às equipes de produção.

O papel complementar do planejamento de médio prazo, atuante em conjunto com o longo prazo, desempenha um grau de detalhamento das tarefas um pouco mais elevado e as restrições são atribuídas a atividades constantes nesse nível (HAMZEH et al, 2008). Dessa forma, segundo esses mesmos autores o médio prazo é a primeira etapa pela qual as tarefas devem passar antes de chegarem à produção. No mesmo sentido, Ballard (2000 apud PEREIRA, 2011), identificou algumas funções importantes desse nível de planejamento: a) forma uma sequência de fluxo de trabalho; b) combina fluxo de trabalho e capacidade; c) faz a transição das tarefas do plano mestre para os planos operacionais; d) desenvolve métodos para execução dos trabalhos; e) mantém um banco de tarefas reservas que podem ser inseridas no curto prazo; f) atualiza e revisa os cronogramas dos níveis mais elevados de planejamento. No mesmo sentido de Ballard, Coelho (2003, p. 46) afirma:

A aprendizagem gerada pela proteção da produção ocasiona também a redução da propagação do fluxo de incerteza, pois identifica e ataca a raiz dos problemas. A redução da incerteza permite a diminuição dos estoques, a possibilidade de melhores negociações e parcerias com fornecedores, além de aumentar a confiabilidade e previsibilidade do cumprimento dos prazos de execução, com consequente redução nos tempos e desejável economia financeira.

Laufer e Tucker (1987) reiteram que o entendimento errático dos problemas que geram atrasos e impasses a produção, trazem dificuldades de implementação do planejamento de médio prazo, devido ao processo de remoção sistemática de restrições. De modo geral, é indispensável que os recursos relativos ao médio prazo sejam identificados durante o processo no seu respectivo nível de planejamento.

### 3.1.4.3 PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO

Bernardes (2001, p. 130) define:

Em geral, em empresas de construção de médio e pequeno porte, o engenheiro responsável pela obra se encarrega pelo nível de planejamento de longo prazo. Nesse caso, nas empresas que dispõem de pacotes computacionais para o planejamento, o engenheiro pode utilizá-los, inclusive, no suporte a etapa de elaboração do plano. Nas empresas de grande porte, normalmente para o desenvolvimento deste nível de planejamento o engenheiro de obra recebe auxílio de um profissional especializado na área de planejamento, que pode ser um funcionário contratado ou prestador de serviços.

Segundo Brandli et al. (2005), decisões importantes estão relacionadas a esse tipo de planejamento, como a concepção do plano de ataque da obra, precisamente da definição da estratégia atuante. No longo prazo, é definido o sequenciamento das atividades, na qual se previne as interferências entre serviços e proporciona a melhora dos fluxos de materiais e mão de obra na construção.

Segundo Laufer (1997), o planejamento de longo prazo deve ser utilizado para facilitar a identificação dos objetivos fundamentais. Não está em seu escopo, porém, o detalhamento de serviços e atividades. Para Isatto et al (2000), o planejamento a longo prazo é passível de incertezas que envolvem a obra, portanto não se descarta a necessidade de revisão do plano mestre durante a execução do empreendimento. Nesse sentido:

[...] o Planejamento de Longo Prazo tem como função principal definir os objetivos estratégicos/táticos da obra. Decisões relativas a datas de conclusão de grandes etapas, contratos e estimativas de fluxo de caixa compõem o escopo de execução deste nível de planejamento (COELHO, 2003, p. 43).

## 3.2 GESTÃO DE CUSTOS

O objetivo de um sistema de gestão de custos na construção civil é monitorar o desenvolvimento do empreendimento e avaliar suas implicações em relação ao seu prazo e custo final. Compete a esse sistema, disponibilizar informações que possibilitam ver, de antemão, a tendência do desenvolvimento dos custos e prazos, criando, desta forma, um sistema de advertência para gerenciar interações e alterações que por ventura houver (STALLWORTHY, 1980 apud KERN, 2005)<sup>4</sup>. Segundo Kern (2005, p.53):

---

<sup>4</sup> STALLWORTHY, E. A. Development in project cost control. The Cost Engineer, Amsterdam, v. 19, n. 2, p. 6-10, 1980.

Na construção civil, o sistema de custeio tem como produto final o orçamento da obra, que normalmente é produzido nas primeiras fases do empreendimento. De suma importância, trata-se do documento básico relativo aos custos de um empreendimento. Normalmente fundamenta a realização do negócio servindo de parâmetro básico tanto no estudo de viabilidade como nas negociações de preços com fornecedores e clientes.

A criação da gestão de custos, baseada no forte controle dos gastos incorridos, surgiu para dar auxílio na tomada de decisões por seus gestores. Para Bornia (2010 apud PEZZI, 2013)<sup>5</sup>, o mercado da construção civil atual se caracteriza por ser competitivo, com produtos de baixo preço, boa qualidade e frequentes modificações de projeto. Dessa maneira, controlar as atividades do processo produtivo tornou-se indispensável para atacar o desperdício, a fim de que a empresa possa se tornar competitiva no mercado. Ainda, segundo esse autor, a redução dos custos da produção possibilita preços de venda mais competitivos, o que possibilita menor investimento e maior integração dos processos. No setor da construção civil, pelo dinamismo e amplitude de materiais e serviços, a gestão de custos é realizada de maneira pouco eficaz. O controle de custos deveria monitorar a evolução e avaliar suas implicações no prazo final (PEZZI, 2013).

Visando expandir os conceitos sobre gestão de custos, no próximo capítulo foram apresentados os princípios de custeio usados nas empresas modernas que tem aplicação na construção civil. A definição de custos diretos e indiretos, fixos e variáveis, relativos ao processo produtivo.

### **3.2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS**

De acordo com o guia do Project Management Institute (2000 apud KERN, 2005), um sistema de gestão de custos deve gerar informações segundo cinco intenções básicas.

Formular estratégias e planejamento de longo prazo quanto ao desenvolvimento de novos produtos;

- a. basear decisões quanto à alocação de recursos, envolvendo relatórios referentes à lucratividade dos produtos ou serviços;
- b. planejar e controlar custos de operações e atividades;

---

<sup>5</sup> BORNIA, A. C. Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010

- c. realizar medições de desempenho comparando resultados atuais com resultados planejados, baseadas em indicadores financeiros e não-financeiros;
- d. atender regulamentos externos e requisitos legais.

Bornia (2010) retifica que a tomada de decisões é baseada do gerenciamento de custos e que a previsão e planejamento do lucro, avaliadas pelos procedimentos realizados para sua análise, irão guiar o grau de influência que as alterações darão ao resultado. Neste contexto, Martins (2006) afirma que, quando se trata da tomada de decisões, a contabilidade dos custos abastece os gestores com dados relevantes, com implicações a curto e longo prazo, que vão desde a retirada de um produto de produção até, ainda, a negociação de compra. Segundo Bornia (2010), para definir o valor de um produto ou serviço, é necessário saber primeiramente seu custo, sendo esse produto ou serviço denominado objeto de custo. Desta forma, qualquer coisa a que se deseja mensurar o custo associado, designa-se objeto de custo.

Tendo em vista a importância da gestão de custos para o trabalho, foram classificados os tipos de custos que existem dentro do sistema produtivo. Os custos, segundo a classificação de facilidade de alocação, podem ser divididos em: diretos e indiretos.

### *3.2.1.1 CUSTOS DIRETOS*

Os custos diretos de empreendimentos de construção civil são definidos, principalmente, pelos processos de projeto e produção e pelos contratos firmados entre envolvidos (BORNIA, 2002). Os custos diretos estão relacionados, ainda, com as unidades de alocação de custos (produtos, processos, clientes, etc.). Os custos diretos podem compreender desde a matéria-prima à mão de obra diretamente envolvida no processo produtivo (BORNIA, 2010). Para Kern (2005), esses custos são definidos na construção civil através das especificações de projetos, como a quantidade de material necessário. Ainda, para a autora, os custos diretos são extremamente influenciados pelo processo de produção, devido aos métodos construtivos empregados. Esses custos são os mais simples de se relacionar com o produto do processo produtivo.

Para Pezzi (2013), a definição clássica de custo direto é todo custo (material, mão de obra, equipamento) diretamente associado com o serviço que está sendo orçado, ou seja, o custo dos insumos que entram na execução do referido serviço. Assim, por exemplo, no custo da

fôrma para uma estrutura de concreto incluem-se carpinteiro, ajudante, os diversos tipos de madeira, prego e desmoldante.

### 3.2.1.2 *CUSTOS INDIRETOS*

Os custos indiretos, para Bornia (2010 apud PEZZI, 2013), não são facilmente atribuídos aos processos ou produtos, necessitando ser alocados a unidades produtoras primeiramente. Um exemplo de custo indireto é gasto com o setor administrativo de uma empresa, ou até o salário do engenheiro da diretoria da empresa.

Segundo Kern (2005), recursos como: equipamentos, instalações provisórias, equipes de apoio são considerados custos indiretos, visto que dependem do tempo de produção. Sua estimativa depende do tempo em que a obra utiliza os recursos comuns da empresa e, por isso, são definidos pelo processo de produção.

Para Limmer (1997), a dificuldade dos custos indiretos são suas apropriações, visto que, são coadjuvantes necessários à produção, sendo necessário dissolvê-los em um grupo de atividades ou até em diversos grupos no projeto todo. Segundo Mattos (2006), os custos indiretos são quaisquer custos que não tenham entrado diretamente no orçamento ou no planejamento da produção.

Segundo Koskela (2000) e Formoso (1991), a incerteza quanto a finalização da edificação para o prazo programado, devido ao ritmo de produção, unicidade do empreendimento e condições climáticas, são fatores que trazem complexidade a estimativa do custo total, visto que, altera prazos de execução, e consequentemente, custos diretos e indiretos.

Escreve Pezzi (2013), que no custo indireto, por sua vez, abrigam-se todos os custos que o orçamentista não consegue atribuir diretamente a um serviço. Exemplos clássicos são a despesa de energia da obra e o salário do engenheiro. De acordo com a variabilidade, os custos podem ser classificados em: fixos e variáveis.

### *3.2.1.3 CUSTOS FIXOS E VARIÁVEIS*

Segundo Bornia (2010 apud PEZZI, 2013) os custos fixos não dependem do nível de atividade da empresa, ou seja, no curto prazo, não estão relacionados ao volume de produção e sim à capacidade de produzir. Para Kern (2005), a maioria dos custos fixos normalmente não está relacionada diretamente à produção, mas em alguns casos isto pode ocorrer, como na mobilização de equipamentos na construção civil.

Os custos variáveis, para Bornia (2010), estão intimamente relacionados com a produção e crescem com o aumento no nível de atividade da empresa. Um exemplo citado pelo autor é o custo de matéria-prima relacionada a um processo produtivo. Para Kern (2005), quase todos os custos diretos são variáveis, pois dependem do volume de produção. Outra consideração importante acerca da natureza dos custos de empreendimento de construção civil é como esses custos ocorrem ao longo do tempo. De uma maneira geral, é possível afirmar que a maioria dos custos diretos é variável, pois depende do volume da produção. Os custos indiretos, na sua maioria, são fixos, tendo em vista que não variam com a quantidade produzida, dependem fortemente do prazo da obra, independente do volume de produção. No entanto, alguns custos diretos são fixos ao longo (mobilização de equipamentos), assim como alguns custos indiretos podem ser variáveis (impostos e taxas).

## **3.3 SISTEMAS DE ANDAIMES**

Nos capítulos a seguir foram abordados dois tipos de andaimes: suspensos e fachadeiros. Foram explicitados tópicos sobre a segurança do trabalho, características técnicas de uso e funcionamento.

### **3.3.1 ANDAIMES SUSPENSOS**

#### *3.3.1.1 SEGURANÇA DO TRABALHO*

São plataformas suspensas, apoiadas por vigas metálicas e suportadas por cabos de aço que se movimentam para cima e para baixo com o auxílio de guinchos elétricos ou sistema de manivelas. O andaime suspenso, também conhecido como balancim, é citado na NR 18 (BRASIL, 2015) como adequado para realização de serviços em altura de maneira segura. A seguir, na figura 4, um exemplo do equipamento.

Figura 4 – Exemplo de andaime suspenso usado para serviços em fachada.



(fonte: Site da empresa RECOL. Disponível em [www.andaimesrecol.com.br](http://www.andaimesrecol.com.br))

Segundo NR 18 (BRASIL, 2015), item 15.30.2, o andaime suspenso tem necessidade de profissional habilitado para montagem e manejo: “A instalação e a manutenção dos andaimes suspensos devem ser feitas por trabalhador qualificado, sob supervisão e responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado obedecendo, quando de fábrica, as especificações técnicas do fabricante”. Portanto, é fundamental exigir a ART do equipamento, da montagem e da manutenção.

Como descreve a NR 18 (BRASIL, 2015), os andaimes suspensos devem ser fixados com peças metálicas com resistência mínima de três vezes o maior esforço solicitado. Esses elementos de fixação devem estar presos a algum elemento estrutural da edificação que tenha sido dimensionado para a carga de sustentação. O projeto do andaime e da estrutura de suporte devem seguir as especificações técnicas e ser desenvolvido por profissional habilitado.

O uso do andaime suspenso normalmente vem após a desmobilização gradual do sistema de proteção periférico utilizado. A solução construtiva que se utiliza do EPC mais andaime suspenso, então, influencia diretamente nos serviços a serem realizados na fachada, visto que impedem o avanço dos trabalhos, como regula a NR 18 (BRASIL, 2015) no item 18.13.7.2: “Cada plataforma deve ser instalada logo após a concretagem da laje a que se refere e retirada, somente, quando a vedação da periferia, até a plataforma imediatamente superior, estiver concluída”.

A NR 18 (BRASIL, 2015) esclarece que é proibido: acrescentar trechos em balanço ao estrado de andaimes suspensos, a interligação de andaimes para circulação de pessoas e execução de tarefas, a disposição de materiais que não tem destino para a atividade apropriada ao andaime, ou o transporte de pessoas que não façam parte do serviço a ser executado.

### *3.3.1.2 UTILIZAÇÃO E FUNCIONAMENTO*

Existem três tipos principais de andaimes suspensos: o mecânico leve, que pode ser movimentado por sistema de catraca ou por cabo passante e geralmente é usado para serviços de reparo, pintura e manutenção; o mecânico pesado, com dimensão e capacidade para carga maiores que o leve, empregado principalmente no revestimento externo; e o elétrico, que se movimenta por meio de motores (REIS, Pamela. Revista Construção, novembro de 2010).

Segundo Mossman (2015), existem andaimes suspensos de um a oito metros de comprimento disponíveis para compra e aluguel no mercado, com o porém de que a NR 18 (BRASIL, 2015) estipula: oito metros de comprimento máximo. O autor ainda escreve que o andaime suspenso é composto por partes essenciais: painel de comando, corrimão, contenções laterais, piso de alumínio e guinchos.

Mossman (2015), também atenta para a disponibilidade da obra prever conexões de energia 220v ou 380v, para os guinchos de elevação, caso o equipamento seja elétrico, e afirma que novos modelos possuem sistemas de frenagem automático com funções de travar queda, e auto nivelamento, auxiliados por um painel de fácil manuseio que apura possíveis erros no funcionamento.

Deste modo, dentre esses tipos há diversos tamanhos, configurações e pesos suportados. Por conseguinte, deve-se planejar tendo em vista o que melhor se adaptar à produtividade de serviços, normalmente realizados na fachada. O andaime suspenso traz algumas características para a produtividade dos serviços em altura, como explica Faria (2007): a movimentação e nivelamento da plataforma, sobretudo as manuais, é mais difícil e exige maior esforço dos funcionários; por ter menor mobilidade há riscos de pequenas falhas nos serviços executados em fachada; em dias de chuva, o equipamento que se utiliza de eletricidade, deve ser desligado para maior segurança; é recomendado uso para trabalhos longos na fachada do edifício. Outro ponto relevante é a concepção arquitetônica da edificação, que pode dificultar o acesso do andaime suspenso, como afirma Mossman (2015, p.25):

Apesar de otimizar o processo de execução da obra, a escolha desse tipo de andaime requer cuidados. Locais com muitas interferências como marquises, detalhes arquitetônicos etc. e com espaço físico limitado podem complicar sua utilização. Prédios em formato redondo com curvas muito acentuadas também dificultam a integração dos módulos e o acesso seguro. É preciso avaliar também as cargas necessárias e admissíveis durante sua utilização.

Deste modo, para as construções que contenham muitos detalhes de arquitetura na parte externa e que, portanto, não possua paredes externas retas, o andaime suspenso enfrenta diversos problemas para se adaptar a fachada e dar condições de trabalho aos operários responsáveis pela execução dos serviços. A seguir, na figura 5, demonstra-se uma construção com poucos detalhes de arquitetônicos, na qual os andaimes suspensos dispostos na fachada conseguem desenvolver suas atividades paralelamente.

Figura 5 – Andaimos suspensos para serviços em fachada



(fonte: Site da empresa Soluções Industriais. Disponível em [www.solucoesindustriais.com.br](http://www.solucoesindustriais.com.br).)

De um modo geral, avalia-se que em boa parte dos empreendimentos, no caso de edifícios com estrutura de concreto moldado no local e vedação vertical externa em alvenaria as construtoras, visando encurtar o prazo de entrega da obra, optam por realizar a sequência dos

serviços de vedação, de baixo para cima. Essa sequência conta com um comum intervalo de, geralmente, quatro pavimentos entre aquele em que está sendo executado a estrutura e o que será realizada a alvenaria. Desta forma, sendo utilizada essa estratégia, não é possível fazer a retirada das plataformas secundárias, sendo somente admissível quando a vedação no perímetro externo estiver concluída e quando apresentar uma plataforma imediatamente superior à vedação concluída, como analisa Anjoletto Filho (2015).

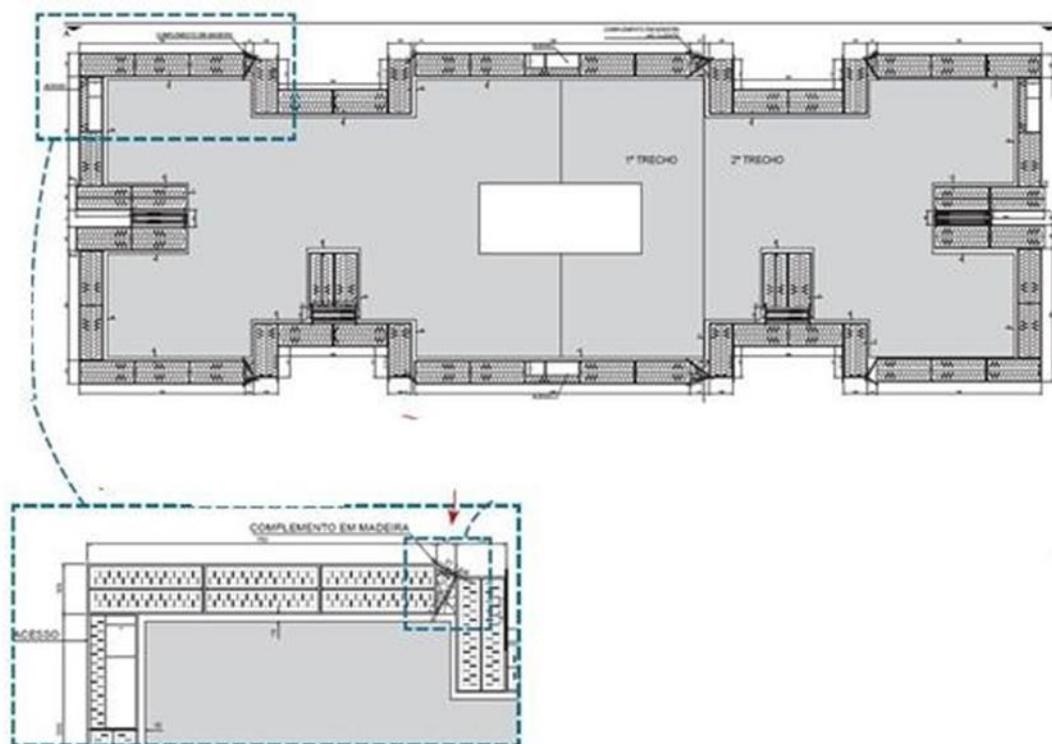
Como define Mossman (2015), a escolha do sistema de andaimes a ser usado, tem grande relevância no planejamento da edificação, pois os mesmos alteram sensivelmente o sequenciamento das atividades. Logo, para a definição do cronograma de atuação do andaime suspenso, segundo Saurin (2000), é necessário serem definidas as atividades a ser executadas, bem como, a posição dos andaimes, no planejamento de médio prazo.

### **3.3.2 ANDAIMES FACHADEIROS**

#### *3.3.2.1 SEGURANÇA DO TRABALHO*

Sistema de segurança que é contemplado pela NR 18 (BRASIL, 2015) como seguro e propício para proteger contra acidentes referentes a trabalhos em altura da edificação, também serve, segundo a NR 35 (BRASIL, 2016), como plataforma para trabalhos em altura. Sua metodologia baseia-se em andaimes intertravados ao longo da periferia da fachada (figura 6), os quais formam uma base sólida contra acidentes e diminuem o risco de queda de objetos.

Figura 6 – Ilustração sobre metodologia dos andaimes fachadeiros



(fonte: Equipe de obra, edição 80, fevereiro 2015, por Renato Faria. Disponível em

<http://equipedebra.pini.com.br/construcao-reforma/80/plantas-projeto-de-andaime-fachadeiro-338569-1.aspx>)

Em suas características técnicas, os andaimes necessitam, em todo o seu perímetro e inclusive nas cabeceiras, de rodapé com 20 cm de altura, travessão superior ou guarda-corpo com 1,20m de altura e travessão intermediário de 70 cm. Os vãos entre travessas devem ser preenchidos com tela ou outro dispositivo e o acesso aos andaimes deve ocorrer por meio de escadas metálicas acopladas aos painéis, com largura mínima de 40 cm, ou escada fixa, do tipo marinheiro, com 6m de altura ou mais, como explana Figuerola (2013) baseada na NR 35 (BRASIL,2012).

Segundo Mattos (2015), para evitar acidentes sobre as plataformas de trabalho, as especificações do fabricante com relação às cargas máximas permitidas devem ser rigorosamente seguidas. As cargas devem ser distribuídas sobre as plataformas uniformemente, evitando concentração de peso principalmente nos vãos dos andaimes, e não devem obstruir a circulação de pessoas. Mattos (2015) reitera a necessidade do uso de EPI em qualquer trabalho realizado pelos operários sobre os andaimes.

Cita ainda, “o cinto de segurança, por exemplo, deve estar bem fixado no trabalhador e ligado a um cabo de vida instalado na estrutura do edifício”. Ressalta, também, que de acordo com a NR 18 (BRASIL, 2015), o acesso às plataformas de trabalho deve ser feito por meio de escadas incorporadas à estrutura do andaime. A necessidade de ART por profissional habilitado é obrigatória, para dimensionamento, montagem e manutenção. De acordo com a NR 18 (BRASIL, 2015), no seu item 18.15.1, “o dimensionamento dos andaimes, sua estrutura de sustentação e fixação, deve ser realizado por profissional legalmente habilitado”.

### *3.3.2.2 UTILIZAÇÃO E FUNCIONAMENTO*

Sua montagem começa paralela ao início da estrutura. O andaime se fixa as primeiras lajes, apoiado em sapatas no terreno, e começa a subir conforme a evolução da obra. A cada concretagem um novo patamar de andaimes fachadeiros é montado para uso, acompanhando a execução da estrutura e a evolução do planejamento físico da construção. O andaime fachadeiro traz algumas características para a produtividade dos serviços em altura, bem como cita Faria (2007): os trabalhadores transitam facilmente entre as plataformas; a facilidade de locomoção induz à melhoria da qualidade do serviço; adequado para obras rápidas.

Segundo Mattos (2015) os andaimes fachadeiros – são formados por quadros verticais e horizontais, placa de base, travessa diagonal, tela, guarda-corpo e escada. Podem ser subdivididos em dois tipos:

a. modular: composto por painéis metálicos simples e/ou com escada tipo marinho acoplada, diagonal de travamento em X, guarda-corpo horizontal, barras de ligação, pisos metálicos e/ou elementos horizontais que servem para suportar o piso em madeira, além de escada interna com alçapão. É o tipo mais comum, como ilustra a figura 7.

Figura 7: Obra utilizando andaimes fachadeiros do tipo modular



(fonte: disponibilizado pelo autor)

b. multidirecional: composto por postes com rosetas e/ou estribos multidirecionais, travessa horizontal de travamento com engate e pinças, travessa diagonal (vertical e horizontal) com engate e pinças, piso metálico e/ou apoios para forração em piso de madeira, além da opção de escada interna. Esse andaime é mais utilizado em obras de infraestrutura e industriais e é mais caro do que o modular. A figura 8, ilustra uma obra que utilizando o andaime multidirecional.

Figura 8: Obra utilizando andaimes fachadeiros do tipo multidirecional



(fonte: Urbe Andaimos. Disponível [www.urbeandaimos.com.br](http://www.urbeandaimos.com.br))

Mattos (2015), ainda sugere orientações para a montagem e uso:

- a. verificação do terreno: as condições do terreno onde o andaime será assentado vão determinar qual tipo de sapata deverá ser encaixada nos postes dos quadros. Para que o nivelamento das plataformas de base seja garantido em terrenos irregulares, por exemplo, utilizam-se sapatas ajustáveis;
- b. apoio auxiliar: quando o terreno não for firme suficiente para receber as cargas, pranchões de madeira deverão ser fixados às sapatas por meio de pregos;
- c. fixação: a estrutura do andaime deve ser presa na fachada por meio de cabos de aço. Eles podem ser amarrados nos próprios pilares da estrutura ou em elementos próprios para fixação caso o edifício esteja em fase de construção. Os elementos que fixam o andaime na fachada devem ser feitos a cada 10 m, conforme previsto na NBR 6.494 (ABNT, 1991), tanto na vertical quanto na horizontal;
- d. tela de proteção: o equipamento precisa dispor de proteção com tela de arame galvanizado ou material de resistência e durabilidade equivalentes desde a primeira plataforma até pelo menos 2 m acima da última. Recomenda-se ainda que as telas sejam ancoradas nas estruturas do edifício, para que a incidência de ventos não comprometa a estabilidade do andaime.

Os projetos recomendam, usualmente, a fixação 28 dias após a concretagem para o concreto atingir uma resistência mínima capaz de suportar o andaime. É importante ressaltar que, após a desmobilização dos andaimes, os furos utilizados para a fixação devem ser preenchidos e ter acabamento adequado. Por recomendação, expressada nas entrevistas, e, visando a prática difundida nas obras visitadas, é importante ter os locais de fixação nas proximidades das esquadrias. Assim, normalmente, na própria desmontagem dos andaimes, os trabalhadores terão acesso facilitado aos furos para o acabamento externo.

Outra característica que pode ser atribuída aos andaimes fachadeiros é longo tempo de montagem, segundo Mattos (2015): dois homens treinados realizam a montagem de 100 m<sup>2</sup> por dia, visto que a sua instalação deve ser nivelada, fixada ou travada de modo resistente. Por conseguinte, compreende-se que um dos pontos mais críticos é a condição do terreno onde o andaime será montado. Se o terreno é instável ou, se a elevação do andaime pode restringir o acesso a certa localidade, um sistema de andaimes suspensos pode ser uma melhor solução.

Relevante para questões de logística do equipamento está o transporte do material. O mesmo deve ser previamente planejado pela obra, visto que, sua estocagem tem que ser cuidadosa, já que as peças vêm previamente identificadas de fábrica e posicionadas em grupos para montagem. Por fim, a manutenção tem que ser rigorosa, pois um equipamento danificado pode colocar em risco a segurança de todo o sistema, como escreve Nakamura (2012).

Outro possível problema técnico encontrado em obras que, por sua vez, utilizem guias, mini guias, guinchos ou alguma outra tipologia de transporte vertical, são os espaços reservados para tais equipamentos nas fachadas. Os equipamentos que têm como propósito fazer a subida de material necessitam, posteriormente, ter seus espaços na fachada devidamente revestidos. Logo, esse espaço deverá receber, na sequência da sua desmobilização do canteiro, um andaime fachadeiro separado para a finalização defasada do restante da obra.

Um dos desafios do sistema, conforme Figuerola (2013) são projetos com pouco detalhamento, equipamentos sem identificação e manutenção adequada, falta de prumo, apoio e amarrações malfeitas, improvisações e profissionais mal orientados. Esses são alguns dos problemas enfrentados na montagem dos andaimes fachadeiros que, além da morte de trabalhadores, podem resultar em obras com planejamentos físicos atrasados e desempenhos comprometidos.

Portanto, um apropriado projeto de andaimes fachadeiros deve dispor de informações e desenhos que facilitem o seu entendimento, de forma a não suscitar dúvidas na equipe durante a execução e a montagem. Deve conter plantas, cortes, vistas e detalhes técnicos que definam claramente os encaixes, posicionamento de elementos estruturais, dimensionamento das peças, as cargas adotadas, pontos de amarração e sequência de montagem. Em locais com muita incidência de ventos, deve ser previsto, conjunto a fixação de parabolts ou cabos, o estaiamento do andaime, que busca atenuar por meio de cabos, ás forças de arrasto devido os ventos. Assim, Figuerola (2013), conclui que, apesar de otimizar o processo de execução da obra, a escolha desse tipo de andaime requer cuidados: locais com muitas interferências, como marquises, diversos detalhes arquitetônicos e com espaço físico limitado, por exemplo, podem complicar sua utilização. Prédios em formato redondo, com curvas muito acentuadas também dificultam a integração dos módulos e o acesso seguro. Afirma também que é preciso avaliar as cargas necessárias e admissíveis durante sua utilização.

Os andaimes fachadeiros possibilitam logo após sua montagem, a execução de serviços na fachada, trazem a vantagem de serem um sistema mesclado entre segurança e possibilidade de execução de serviços, pois não necessitam de equipamentos complementares para dar acessibilidade a fachada.

Finalizando, verifica-se que o andaime fachadeiro torna-se uma boa opção quando há grandes áreas, em frentes de trabalho com muitos operários e muitas possibilidades de serviços a serem executados em um mesmo local. Esclarece, Coelho (2010): “Seu principal ganho está na diminuição do prazo para execução dos serviços. Como pode ser montado na horizontal e vertical de forma modular, permite a realização de tarefas muito diferentes”.

## 4 ESTUDO DE CASO

O presente trabalho adotou o estudo de caso como estratégia de pesquisa. Uma vez que o tema central se encontra, no cenário, dentro do contexto da construção civil, que se traduz no uso corriqueiro de andaimes suspensos ou fachadeiros como solução construtiva em obras. Em adição, por tratar-se de construção e de construtora com dados relevantes e precisos, há maneiras de evidenciar a validade e a confiabilidade do estudo. O objetivo de traçar considerações sobre o planejamento físico e de custos de cada andaime em estudo, foi alcançado, primeiramente para os andaimes suspensos, partir da análise sobre os dados fornecidos pela construtora, elaborados pela mesma na fase de planejamento da construção.

Tabela 1: Análise dos dados para andaimes suspensos

ANÁLISE DE DADOS - ANDAIME SUSPENSO		
Estudos	Dados avaliados	Dados extraídos
*Cronograma de execução do revestimento externo em argamassa com uso de andaimes suspensos	*Tempo de execução do serviço	
*Orçamento discriminado do uso do andaime suspenso	*Custos de aluguel unid. /mês	*Produtividade (por m <sup>2</sup> , por fachada, por tempo, por trabalhador) *Custos (por m <sup>2</sup> , por mês)
*Projetos arquitetônicos das fachadas	*Dimensões da fachada com revestimentos externo em argamassa	*Estratégia do planejamento físico para andaimes suspensos
*Plano de ataque da obra	* Logística e estratégia de uso de andaimes suspensos * Quantidade de andaimes * Equipes de execução	*Logística sobre o uso de andaimes suspensos
*Modelagem 3d do empreendimento	*Compreensão arquitetônica da obra	

(fonte: elaborado pelo autor)

A análise dos dados foi feita traduzindo as informações fornecidas pelo cronograma físico, calculando-se a produtividade para execução do revestimento externo, considerando também, tempo de troca de andaimes e sua montagem. As plantas arquitetônicas, assim como, o modelo 3D, fornecem as dimensões exatas das áreas que tem a execução dos revestimentos externos de argamassa. As planilhas de controle dos custos, referentes aos andaimes, retratam os custos diretos e indiretos pela empresa durante a construção.

O plano de ataque foi analisado para medir a quantidade e o tipo de andaime suspenso utilizado, assim como, a definição de equipes, números de trabalhadores, sequência de atividades na fachada, e a ordem para execução do revestimento externo em argamassa das fachadas. Posteriormente, para alcançar os objetivos referentes aos andaimes fachadeiros, foram elaborados estudos semelhantes aos consolidados pela construtora aos andaimes suspensos, visando, dessa vez, andaimes fachadeiros.

A elaboração desses estudos foi feita a partir da experiência técnica do autor e orientadores, auxiliadas por quatro entrevistas realizadas com quatro engenheiros, em obras que se utilizam dos andaimes fachadeiros, no âmbito de Porto Alegre. Foram extraídas nas entrevistas, informações como: produtividade, montagem, logística, uso e funcionamento. O modelo da entrevista encontra-se a seguir:

Tabela 2: Pesquisa sobre o uso de andaimes fachadeiros

<b>Entrevistas sobre o uso do andaime fachadeiro</b>
Nome:
Profissão:
Obra:
Características da obra:
Início da construção:
Fim da construção:
<b>Perguntas</b>
Como foi decidido o uso de andaimes fachadeiros
Por que foi escolhido o uso de andaimes fachadeiros
Qual a dimensão dos serviços de argamassa externo
Quantas equipe foram dimensionadas para execução do revestimento externo de argamassa
Qual a produtividade para execução do revestimento externo de argamassa
Principais problemas na execução do serviço
Principais problemas no uso do andaime fachadeiro
Principais vantagens no uso do andaime fachadeiro

(fonte: elaborado pelo autor)

Ao final, os resultados obtidos com a utilização dos andaimes, suspensos e fachadeiros, foram confrontados, e evidenciaram implicações sobre os resultados, como: quais suas vantagens e desvantagens para a execução do revestimento externo em argamassa.

## 4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa, segundo informações institucionais disponíveis na *web site*, tem vinte e três anos de atuação no mercado gaúcho e é uma das maiores incorporadoras do Rio Grande do Sul. No ano de 2014, a empresa cresceu 36% em lucro líquido, superando R\$65 milhões, e as vendas brutas atingiram R\$470 milhões. Possui uma reserva de terrenos superior a R\$1,7 bilhões, um dos mais altos do mercado. Hoje a empresa conta com vinte e um canteiros de obras, 362.000 m<sup>2</sup> em construções simultâneas, contendo vinte e três torres, dois condomínios de casas, um centro de lojas e 3.124 unidades sendo edificadas até o presente momento. Tem como política satisfazer as necessidades e expectativas dos clientes através da melhoria continua dos processos construtivos, ambientais e gerenciais, buscando atingir maior qualidade do produto aliado a redução de custo.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

O empreendimento é uma edificação residencial localizada no bairro Floresta, em Porto Alegre. Composta por duas torres, com 15 pavimentos tipos cada, tem 4 apartamentos por pavimento, cada um com área de 129,19 m<sup>2</sup>. Cada torre possui cinquenta e seis apartamentos, totalizando cento e doze. Cada apartamento possui duas ou três vagas de garagem. A área construída total é de 15.515,43 m<sup>2</sup>, e a área de terreno possui 7.517,31 m<sup>2</sup>.

A edificação tem como características construtivas: estrutura de concreto moldado in loco, alvenaria de blocos cerâmicos para divisórias internas e vedações verticais externas, revestimento externo cerâmico, esquadrias de alumínio e peles de vidro. Na sua fase de pico possuiu noventa funcionários no canteiro.

A figura 9, mostra a infraestrutura do empreendimento que abriga quadra poliesportiva, fitness ao ar livre, sala de jogos, salão de festas, lounge festas, salão de festas, estar festas ao ar livre, estar sobre as águas, piscina adulto, deck molhado, piscina infantil, playground baby, playground kids, spa, espaço relax, raia coberta, brinquedoteca, estar luau, fitness, pomar das nativas.

Figura 9 - Implantação do empreendimento



(fonte: elaborado pela empresa)

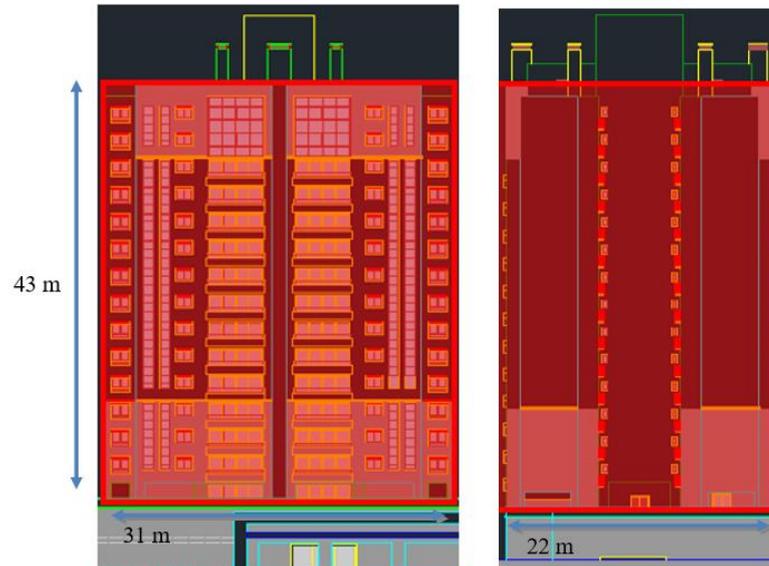
### 4.3 ANÁLISE DO ANDAIME SUSPENSO

Conforme previamente esclarecido, as análises que seguem sobre os andaimes suspensos foram feitas a partir de documentação disponibilizada pela construtora, e se referem a fase de planejamento da construção, que ocorreu no ano de 2013. Ressalta-se ainda que o autor não acompanhou essa construção, delimitando-se exclusivamente a análise dos documentos fornecidos.

A análise terá foco na Torre I do empreendimento observado no estudo de caso. A ênfase está nas fachadas principal, oeste e laterais, analisando o serviço de revestimento de argamassa externo, executado com auxílio dos andaimes suspensos. A seguir encontram-se as plantas arquitetônicas, as quais estão devidamente destacadas em vermelho na figura 10, onde os serviços de revestimento de argamassa externo ocorreram. Para o levantamento foram retiradas as áreas correspondentes as esquadrias e peles de vidro. Foram considerados, também, os recortes e viradas de fachada correspondentes ao desenho arquitetônico da edificação. Constatou-se que, as plantas das fachadas principal e fundos são iguais para a execução do

revestimento externo em argamassa, assim como, as plantas das fachadas laterais, também, são iguais.

Figura 10 – Planta das fachadas principal/fundos e planta das fachadas laterais



(fonte: elaborado pelo autor)

Após, foram elaboradas tabelas com as áreas de execução, referentes ao serviço realizado, nas quais as áreas foram dimensionadas com o auxílio do software Autocad®.

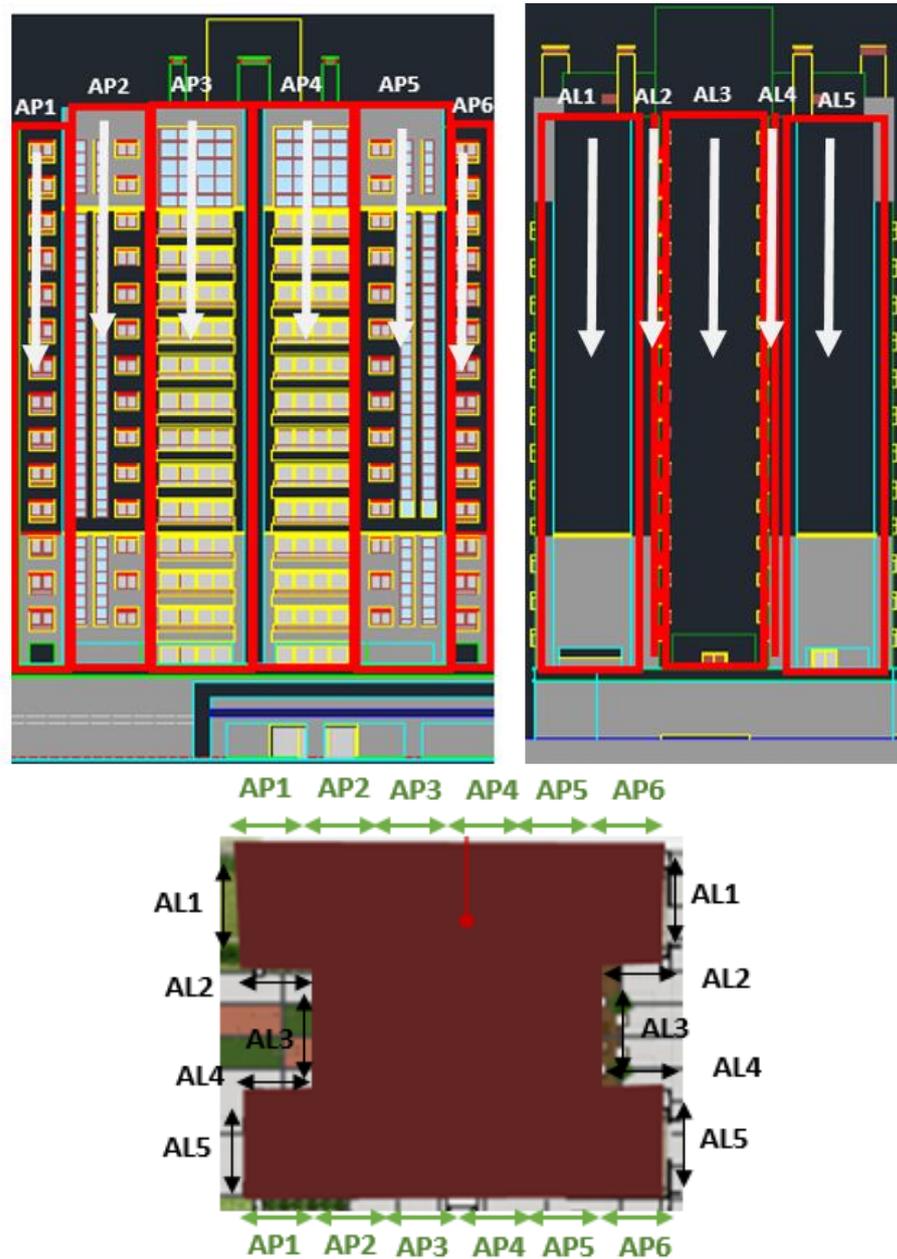
Tabela 3: Áreas de revestimento externo em argamassa

Fachada / Área	Área de revestimento externo em argamassa (m <sup>2</sup> )	Área de revestimento externo em argamassa por pavimento (m <sup>2</sup> )
Fachada principal - Leste	662,00	44,13
Fachada fundos - Oeste	662,00	44,13
Fachada Lateral	795,00	53,00
Fachada Lateral	795,00	53,00
<b>Total</b>	<b>2.914,00</b>	

(fonte: elaborado pelo autor)

Com o estudo do plano de ataque da obra foi realizado um esquema ilustrativo para o planejamento de cada andaime suspenso em cada fachada, a seguir encontram-se na figura 11 que ilustra a área de atuação de cada andaime.

Figura 11 – Áreas de atuação de cada andaime sobre cada fachada



(fonte: elaborado pelo autor)

As especificações técnicas e quantidade de revestimento externo em argamassa planejada para cada andaime, e resumidas na tabela 4, a seguir.

Tabela 4 – Identificação de andaime e área correspondente do serviço em estudo

Fachada / AndAIMES	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6
Fachada principal - Leste	Elétrico 3,5m comprimento 76m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 6,0m comprimento 130 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 6,0m comprimento 130 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 6,0m comprimento 130 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 6,0m comprimento 130 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 3,5m comprimento 76m <sup>2</sup> revestimento
Fachada fundos - Oeste	Elétrico 3,5m comprimento 76m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 6,0m comprimento 130 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 6,0m comprimento 130 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 6,0m comprimento 130 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 6,0m comprimento 130 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 3,5m comprimento 76m <sup>2</sup> revestimento
Fachada / AndAIMES	AL1	AL2	AL3	AL4	AL5	X
Fachada Lateral	Elétrico 6,0m comprimento 200 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 3,5m comprimento 98 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 6,0m comprimento 200 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 3,5m comprimento 98 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 6,0m comprimento 200 m <sup>2</sup> revestimento	X
Fachada Lateral	Elétrico 6,0m comprimento 200 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 3,5m comprimento 98 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 6,0m comprimento 200 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 3,5m comprimento 98 m <sup>2</sup> revestimento	Elétrico 6,0m comprimento 200 m <sup>2</sup> revestimento	X

\* AP - AndAIMES da fachada principal e fundos

\* AL - AndAIMES das fachadas laterais

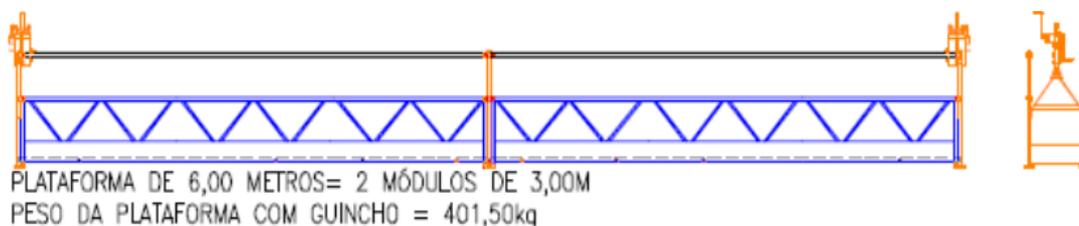
\* Todos os andaimes tem sentido de execução descendente na fachada, cobrindo a área indicada na tabela

(fonte: elaborado pelo autor)

Com análise do plano de ataque e das plantas arquitetônicas, afere-se que as fachadas laterais por terem menos detalhes construtivos, esquadrias e peles de vidro, possuem uma área maior de revestimento externo em argamassa. É informado pelo plano de ataque, também, que o elemento estrutural, no qual os andaimes suspensos foram fixados, foram as vigas do último andar, que se encontram na área de platibanda. Tais vigas foram dimensionadas para o uso de andaimes suspensos simultâneos, na qual suportam a carga prevista no planejamento. É necessário esperar 28 dias para a cura do concreto, assim, atingindo a resistência necessária para fixar os suportes dos andaimes nos suspensos nas vigas da área de platibanda.

Ambos os andaimes são projetados para suportar até 310 Kg de carga de trabalho, e são considerados do tipo pesados, pois pesam entre 300 Kg e 400 Kg. Todos os andaimes suspensos foram locados de uma empresa da região metropolitana do Rio Grande do Sul. A seguir, na figura 12, um corte esquemático de um modelo semelhante ao utilizado.

Figura 12 – Corte esquemático de andaime suspenso 6,0m



(fonte: Andaime Jirau. Disponível em: [www.andaimesjirau.com.br](http://www.andaimesjirau.com.br))

De acordo com o plano de ataque, a execução do serviço deve transcorrer quase paralelamente em todos os andaimes, os quais devem cobrir áreas semelhantes ao decorrer do tempo de execução. Por conseguinte, a demanda de revestimento externo em argamassa deve começar e terminar quase que simultaneamente. Notou-se que as áreas dos andaimes AP3 e AP4 tiveram maiores dificuldades na execução do serviço. E assim, foram um pouco menos produtivas devido aos detalhes construtivos das fachadas, os quais necessitam de maior precisão, por conta das maiores áreas de recortes e viradas.

O abastecimento da argamassa ocorria conforme a demanda do pedreiro, auxiliado pelo servente, que o abastecia seguindo o processo do método tradicional. O pedreiro avisava ao servente sobre a necessidade de reposição, logo, o mesmo, com um carrinho de mão descia até a área onde estava situada a reserva de argamassa. Após encher o carrinho, seguia até o andar no qual o pedreiro estava e, pelas aberturas de esquadrias ou sacadas, abastecia com ajuda de uma pá.

A argamassa que abasteceu a obra era do tipo industrializada. A mesma tem como características ser produzida fora do canteiro de obras, ter trabalhabilidade de até 72 horas, o que provoca a redução do desperdício devido a sua produção. As entregas ocorreram em caminhões betoneira, conforme o planejamento previsto pela obra, e foram armazenadas, segundo as especificações do fabricante, em recipientes de 2 m<sup>3</sup> á 3 m<sup>3</sup>.

#### 4.4 ANÁLISE DO PLANEJAMENTO FÍSICO

Os planejamentos dos serviços da obra, conjuntamente com vínculos e restrições de cada atividade, foram estabelecidos no planejamento de longo prazo, no qual datas marco para a execução do revestimento externo em argamassa foram estipuladas. As datas que serviam de referência para o início da locação dos andaimes suspensos, para o estabelecimento de contratos com fornecedores e para a mobilização dos trabalhadores do serviço também vieram do planejamento de longo prazo. Reitera-se que, assim como foi visto no referencial teórico, nessa etapa do planejamento foram estabelecidas as principais diretrizes do empreendimento, como definições do sequenciamento das atividades, as quais estabeleceram, por exemplo, o início e o fim da construção.

A execução do serviço de argamassa externo foi concebida visando o sequenciamento otimizado das atividades, na qual o serviço de revestimento externo em argamassa acontece logo após o fechamento da fachada com alvenaria e da finalização da estrutura e, portanto, são definidas como atividades predecessoras. Os demais serviços que possuem vínculos com a atividade em estudo são os chamados sucessores e começam após a conclusão do revestimento externo em argamassa. São eles: pintura/textura externo, colocação de peles de vidros, colocação das esquadrias externas e revestimentos cerâmicos externos. Todos são partes cruciais para a evolução física do cronograma e são diretrizes para o correto sequenciamento das atividades, visto que impactam sobre a estanqueidade da construção e liberam serviços internos suscetíveis às intempéries, como acabamentos finos, pinturas, colocação de pisos.

O estabelecimento de vínculos e restrições é de crucial importância para a continuidade dos serviços e para a verificação da eficácia da evolução da obra no cronograma planejado. Define-se, dessa maneira, o caminho crítico da obra, caracterizado pelas atividades de maior importância para a conclusão do empreendimento, carregam consigo maior número de atividades vinculadas e definem em seu escopo o início e fim da construção. A seguir, na figura 13, ilustra-se um esquema caminho crítico dos serviços na fachada na Torre I.

Figura 13 – Esquema do caminho crítico nos serviços fachada Torre I



(fonte: elaborado pelo autor)

A partir das diretrizes do plano de ataque do empreendimento, foi verificado a quantidade de trabalhadores por fachada e por andaime. Cada fachada tem um total de doze trabalhadores por dia envolvidos no serviço do revestimento externo, sendo dois por andaime, um pedreiro e um servente. A jornada de trabalho era constituída de oito horas diárias. Após análise do plano de ataque foi possível a elaboração da tabela-resumo a seguir:

Tabela 5 – Divisão de equipes por andaime e por fachada

Fachada / Andaimos	Quantidade de andaimes usados	Especificação de andaimes usados	Trabalhadores por andaime
Fachada principal - Leste	6,00	(4) Elétrico 6,0 m de comprimento (2) Elétrico de 3,5m de comprimento	1 Pedreiro 1 Servente
Fachada fundos - Oeste	6,00	(4) Elétrico 6,0 m de comprimento (2) Elétrico de 3,5m de comprimento	1 Pedreiro 1 Servente
Fachada Lateral	5,00	(3) Elétrico 6,0 m de comprimento (2) Elétrico de 3,5m de comprimento	1 Pedreiro 1 Servente
Fachada Lateral	5,00	(3) Elétrico 6,0 m de comprimento (2) Elétrico de 3,5 m de comprimento	1 Pedreiro 1 Servente
<b>Total</b>	<b>22,00</b>		

(fonte: elaborado pelo autor)

Assim como foi abordado no referencial teórico, é importante destacar as premissas tomadas do planejamento de médio prazo para o serviço em estudo, auxiliado pelo andaime suspenso. Nesta etapa, foram designadas as datas para a montagem de cada andaime, o cronograma de execução mais definido do serviço de revestimento da fachada e o planejamento para a entrega da argamassa industrializada. Na fase do planejamento de médio prazo, o fluxo de trabalho e os recursos a serem disponibilizados para os serviços de fachada eram definidos, visando, então, a determinação dos pacotes de trabalho vindouros. Com a proximidade dos serviços a serem executados, tinha-se maior precisão para a tomada de decisões e menor espaço para estimativas.

As desmobilizações das bandejas de proteção são planejadas em conjunto com o avanço dos andaimes suspensos, visto que, segundo a NR 18, é obrigatória a existência de uma plataforma de proteção para a segurança da periferia da edificação, devido à queda de materiais via fachada. Assim, o avanço do serviço em estudo foi vinculado à desmobilização das mesmas para o avanço coordenado dos andaimes.

No planejamento de curto prazo, foram definidas as equipes, a quantidade de material necessário, estipulavam-se metas semanais, acompanhavam-se os principais problemas que prejudicavam a produtividade, eram estabelecidas soluções para otimizar os trabalhos e diminuir a variabilidade do mesmo, entre outras ações. Também eram discutidas melhorias para o ambiente de produção que pudesse auxiliar os itens supracitados. No curto prazo, eram definidas em reuniões semanais, o PPC dos serviços em andamento.

A metodologia de abastecimento foi pensada para otimizar o processo com a descida conjunta dos andaimes suspensos, pavimento a pavimento. Tal fato facilitava o serviço do servente para buscar e fornecer argamassa ao pedreiro, já que todos os serventes forneciam a argamassa no mesmo pavimento de forma coordenada, o que facilitava o controle da produção e qualidade.

De acordo com os dados elaborados no MS PROJECT® fornecidos pela construtora, nota-se que o serviço começa pelos andares superiores (nesse caso no décimo sétimo pavimento), com média de um dia para a execução de cada pavimento na fachada principal, e um dia e meio para a execução de cada pavimento nas fachadas laterais. A seguir, na figura 14, apresenta-se uma tabela resumo do cronograma que mostra o planejamento do revestimento externo em argamassa para a fachada da Torre I.

Figura 14 – Cronograma de execução do serviço em estudo para a Torre I

Nome da tarefa	Duração	Início	Término
<b>Fachada Torre I</b>			
▾ <b>Reboco Externo</b>	<b>76 dias</b>	<b>Sex 08.02.13</b>	<b>Sex 24.05.13</b>
▾ <b>Fachada Principal</b>	<b>16 dias</b>	<b>Sex 08.02.13</b>	<b>Sex 01.03.13</b>
Montagem do Andaime Suspenso	1 dia	Sex 08.02.13	Sex 08.02.13
17 Pavimento	1 dia	Seg 11.02.13	Seg 11.02.13
16 Pavimento	1 dia	Ter 12.02.13	Qua 13.02.13
15 Pavimento	1 dia	Ter 12.02.13	Ter 12.02.13
14 Pavimento	1 dia	Qua 13.02.13	Qua 13.02.13
13 Pavimento	1 dia	Qui 14.02.13	Qui 14.02.13
12 Pavimento	1 dia	Sex 15.02.13	Sex 15.02.13
11 Pavimento	1 dia	Seg 18.02.13	Seg 18.02.13
9 Pavimento	1 dia	Ter 19.02.13	Ter 19.02.13
8 Pavimento	1 dia	Qui 21.02.13	Qui 21.02.13
7 Pavimento	1 dia	Sex 22.02.13	Sex 22.02.13
6 Pavimento	1 dia	Seg 25.02.13	Seg 25.02.13
5 Pavimento	1 dia	Ter 26.02.13	Ter 26.02.13
4 Pavimento	1 dia	Qua 27.02.13	Qua 27.02.13
3 Pavimento	1 dia	Qui 28.02.13	Qui 28.02.13
Desmontagem Andaime Suspenso	1 dia	Sex 01.03.13	Sex 01.03.13
Fachada Oeste - Fundos	16 dias	Seg 04.03.13	Seg 25.03.13
Fachada Lateral - 1	20 dias	Ter 26.03.13	Seg 22.04.13
Fachada Lateral - 2	20 dias	Ter 23.04.13	Seg 20.05.13

(fonte: disponibilizado pela empresa)

Percebeu-se, portanto, que o serviço segue, sucessivamente, do décimo sétimo até o terceiro pavimento, o qual encerra a atividade na fachada programado com a desmobilização do andaime suspenso e, por consequente, muda-se para a próxima fachada. No total, foram gastos 36 dias para execução do serviço de revestimento em argamassa na fachada principal e de fundos e mais 40 dias para as fachadas laterais, somando ao todo 76 dias para toda a conclusão do serviço na torre I.

A troca de andaimes para outras fachadas consome um tempo, igualmente programado em cronograma, no qual a montagem e a desmontagem ocorrem. É sempre necessário verificar as estruturas no qual estão sendo sustentadas, o mesmo é necessário para o cabeamento para o funcionamento do motor elevatório, que deve ser revisado para garantir a segurança do trabalhador e facilitar a montagem.

Com o cruzamento de dados do plano de ataque, as dimensões de projeto e o planejamento dos serviços foi elaborada a tabela 6, a seguir, que traz os índices de

produtividade. A produtividade foi resultado da média das produtividades diárias para cada fachada, que é resultado da quantidade total de revestimento externo em argamassa para cada fachada dividido pelo tempo total para a conclusão do serviço. A produtividade referente aos andaimes, também foi resultado de uma média entre os tamanhos usados, para assim, estabelecer um valor correspondente a produtividade relativa ao conjunto de andaimes da mesma fachada: a produtividade por profissional por dia, na fachada principal e fundos, seguiu a média de 7,88 m<sup>2</sup>, totalizando 14 dias para execução do serviço de revestimento externo em argamassa. A cada dia na fachada principal e, posteriormente para a fachada de fundos, foi executado em torno de 47 m<sup>2</sup>, o que correspondia, aproximadamente, a um pavimento ao dia.

A produtividade das fachadas laterais seguiu uma média de 8,83 m<sup>2</sup> por profissional por dia, totalizando 18 dias para o revestimento externo em argamassa para cada fachada, somando 36 dias ao total. Cada fachada lateral tinha uma execução de 44 m<sup>2</sup> por dia, o que correspondia em torno 80% de um pavimento por dia.

Tabela 6: Indicadores de tempo e produtividade

Fachada / Área	Área de revestimento externo em argamassa (m <sup>2</sup> )	Área de revestimento externo em argamassa por pavimento (m <sup>2</sup> )	Tempo de execução (dias úteis)	Tempo para montagem e desmontagem (dias úteis)	Tempo para execução (dia/pavimento)	Área para execução (m <sup>2</sup> .and/pav)	Produtividade (m <sup>2</sup> .dia/and)	Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )
Fachada principal - Leste	662,00	44,13	14,00	2,00	0,93	7,36	7,88	1,02
Fachada fundos - Oeste	662,00	44,13	14,00	2,00	0,93	7,36	7,88	1,02
Fachada Lateral	795,00	53,00	18,00	2,00	1,20	10,60	8,83	0,91
Fachada Lateral	795,00	53,00	18,00	2,00	1,20	10,60	8,83	0,91
<b>Total</b>	<b>2.914,00</b>							

(fonte: elaborado pelo autor)

Como foi diagnosticado nos tópicos anteriores, a produtividade é maior nas fachadas laterais. Em torno de 11% a mais de produtividade por m<sup>2</sup>; 0,95 m<sup>2</sup> a mais de produção por dia para cada andaime. Contudo, as fachadas laterais têm uma duração de 20% maior que o da fachada principal e fundos, devido à sua área de revestimento externo em argamassa ser maior em 17%.

## 4.5 ANÁLISE DE CUSTOS

A gestão de custos trata os andaimes como custos diretos, visto que são equipamentos agregados a um serviço essencial, incluso no caminho crítico para a conclusão do projeto. Na composição do custo do andaime suspenso são previstos demais gastos, como o cabeamento necessário ao serviço e sua montagem e desmontagem. Sua locação é feita mensalmente por um preço fixo e eventuais problemas técnicos e outras assessorias estão totalmente cobertos pelo contrato entre as partes interessadas.

A apropriação dos custos foi baseada no sistema SIENGE®, que integra pagamentos aos fornecedores, aliado ao avanço físico do serviço prestado, para efetivar as medições e acompanhar a gestão de custos. A cada mês uma parte referente ao aluguel do equipamento era disposta em um item do orçamento denominado “andaimes para serviços em altura” – na subdivisão andaimes suspensos, na qual estava previsto uma verba previamente orçada pelo planejamento da obra.

Analisando os dados de custos recebidos da construtora, nota-se que no planejamento foram dispostos a quantia de 22 locações mensais de andaimes suspensos para torre I. Dessas 22 locações, as mesmas foram divididas em quatro meses de equipamento, nas quais as fachadas principal e fundos, necessitavam de seis unidades/mês, enquanto as laterais de cinco unidades/mês. Por mais que os andaimes tenham sido usados por dezesseis dias úteis em cada fachada principal/fundos e 20 dias úteis nas fachadas laterais, o contrato era coberto por intervalos mensais, independente da evolução anterior ao mesmo. De tal modo que trazia à obra tempos fixos para elaboração de trabalhos, de modo que não viessem a ter necessidade de aditivos de contratos para futuras locações complementares.

Com o custo de R\$1.300,00 por locação por mês por andaime, indiferente da tipologia usada, 3,5 metros ou 6,0 metros, mais o custo de montagem e desmontagem, soma-se um total de R\$36.800,00, conforme o orçamento previsto do estudo de caso. Devido ao custo ser datado de 2013, foi necessário verificar o preço atual dos equipamentos para as considerações finais. Após contatar os fornecedores do equipamento no mercado de Porto Alegre, foi verificado que o custo da locação mensal continua o mesmo, não sofrendo variação.

A seguir, na tabela 7, estão explicitados os dados sobre os custos referentes aos andaimes suspensos, na qual está indicado também o valor total disposto para a realização do serviço de revestimento externo em argamassa.

Tabela 7: Custos referentes aos andaimes suspensos para a Torre I.

Fachada / Andaimes	Quantidade de andaimes usados	Especificação de andaimes usados	Tempo de locação (andaime/mês)	Custo de montagem e desmontagem	Custo (andaime/mês)	Custo Total
Fachada principal - Leste	6,00	(4) Elétrico 6,0 m de comprimento (2) Elétrico de 3,5m de comprimento	6,00	R\$ 2.200,00	R\$ 1.300,00	R\$ 10.000,00
Fachada fundos - Oeste	6,00	(4) Elétrico 6,0 m de comprimento (2) Elétrico de 3,5m de comprimento	6,00	R\$ 2.200,00	R\$ 1.300,00	R\$ 10.000,00
Fachada Lateral	5,00	(3) Elétrico 6,0 m de comprimento (2) Elétrico de 3,5m de comprimento	5,00	R\$ 1.900,00	R\$ 1.300,00	R\$ 8.400,00
Fachada Lateral	5,00	(3) Elétrico 6,0 m de comprimento (2) Elétrico de 3,5 m de comprimento	5,00	R\$ 1.900,00	R\$ 1.300,00	R\$ 8.400,00
<b>Total</b>	<b>22,00</b>				<b>Total</b>	<b>R\$ 36.800,00</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

O orçamento total da obra foi de R\$49.189.138,00 dessa forma, para o aluguel dos andaimes suspensos para a etapa de revestimento externo em argamassa, foi apropriado uma parcela de 0,08% sobre o total.

A seguir, é apresentado na tabela 8, na qual estão resumidas todas as análises realizadas a partir dos documentos entregues pela construtora. O objetivo foi obter um indicador que infere dados de produtividade cruzados com os custos gerados a partir do aluguel do andaime suspenso, necessário à execução do revestimento externo em argamassa para a Torre I, da obra do estudo de caso.

Tabela 8: Indicador de custo do andaime suspenso por m<sup>2</sup> de revestimento externo em argamassa

Fachada	Custo do andaime / m <sup>2</sup> de revestimento externo em argamassa
<b>Fachada principal - Leste</b>	R\$ 15,11
<b>Fachada fundos - Oeste</b>	R\$ 15,11
<b>Fachada Lateral</b>	R\$ 10,57
<b>Fachada Lateral</b>	R\$ 10,57

(fonte: elaborado pelo autor)

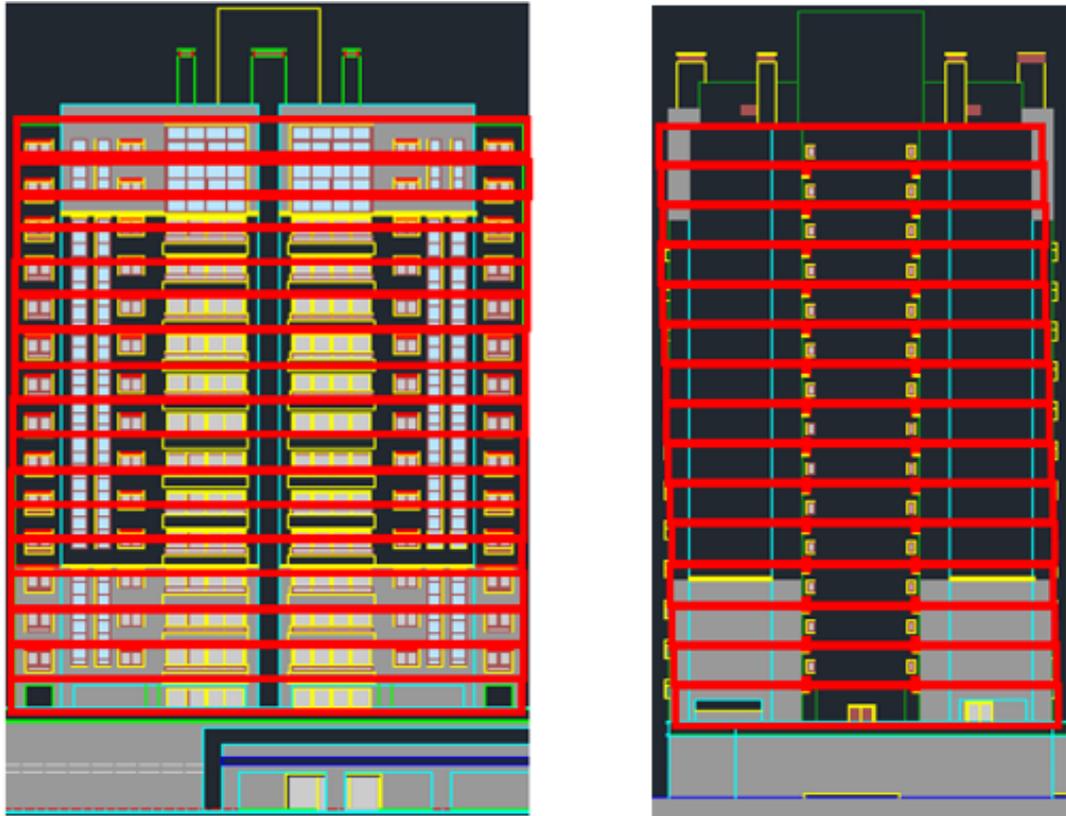
## 4.7 ANÁLISE DO ANDAIMES FACHADEIROS

A análise de dados para o andaime fachadeiro é resultado de quatro entrevistas em obras com engenheiros que usavam ou usaram andaimes fachadeiros. A partir dos dados extraídos dessas entrevistas foram elaborados cronogramas para execução do revestimento externo em argamassa. Foi desenvolvido, também, um plano de ataque para os andaimes fachadeiros, o qual visava à estratégia e à logística que dariam as diretrizes sobre o sequenciamento de serviços, as atividades predecessoras e sucessoras e os vínculos, baseados na filosofia da Construção Enxuta.

Com os dados analisados no capítulo anterior, referentes às dimensões das fachadas, advindos das plantas de fachada e do modelo 3D, buscou-se padronizar a obra do estudo de caso para o andaime fachadeiro. As entrevistas, que formaram a base para as simulações a seguir, encontram-se nos apêndices e o compilado dos resultados está disposto no decorrer do capítulo.

Para análise de custos foram solicitados três orçamentos do mercado de locações de andaimes de Porto Alegre, os quais também se encontram em apêndice. O valor referencial usado foi a média entre os mesmos, no qual também foi considerada a complexidade da fachada. Ao fim, buscou-se padronizar os custos para uma comparação adequada com a obra de estudo do caso, a fim de estabelecer melhores comparativos entre ambas as tipologias de andaimes. A seguir, na figura 15, foi elaborado um esquema ilustrativo do andaime fachadeiro sobre a fachada do estudo de caso.

Figura 15: Esquema ilustrativo com andaimes fachadeiros



(fonte: elaborado pelo autor)

Para o abastecimento da argamassa para o revestimento externo foi escolhido o método tradicional, utilizando argamassa industrializada, pois, segundo as entrevistas esse era o método mais usado para o uso de andaimes fachadeiros. O sistema de abastecimento tradicional pode ser beneficiado pelo andaime fachadeiro, devido à facilidade da entrega do material, visto que o mesmo está localizado em toda a periferia da fachada, utilizando-se as aberturas das esquadrias para o fornecimento ao pedreiro. A seguir, na figura 16, ilustra-se o abastecimento e execução do serviço com auxílio do andaime fachadeiro.

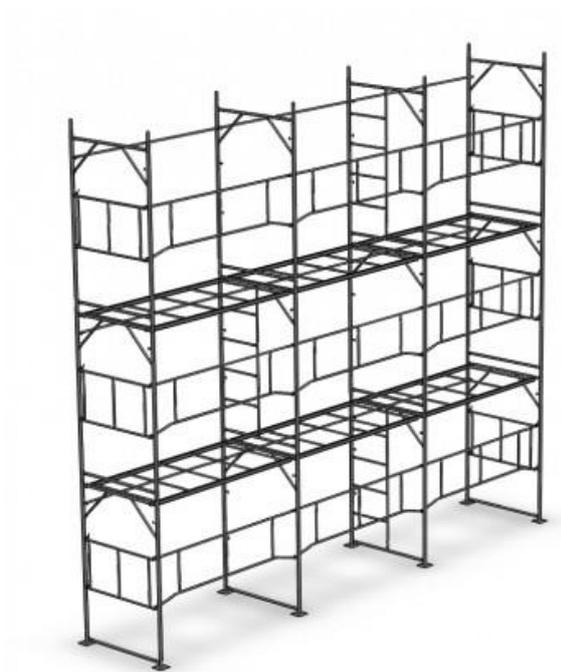
Figura 16 – Execução do revestimento externo em argamassa com andaime fachadeiro



(fonte: disponibilizado pelo autor)

A carga suportada por  $m^2$  de andaime depende do material escolhido. Com a pesquisa de mercado, resultante do contato com os fornecedores, chegou-se a um resultado de carga suportada de  $150 \text{ kg/m}^2$ , uma vez que os materiais eram compostos de alumínio, no formato tubular, com espessura de  $2,65\text{mm}$ , exigido pela norma NR 18 (BRASIL, 2015). Foram escolhidos os módulos de  $2,0\text{m} \times 2,80\text{m}$  com travamento em X, que são os mais comuns, segundo os fornecedores consultados. Para o material do piso do andaime, responsável pelo transporte, foi escolhido um revestimento metálico antiderrapante. Na figura 17, está demonstrado um modelo semelhante ao planejado.

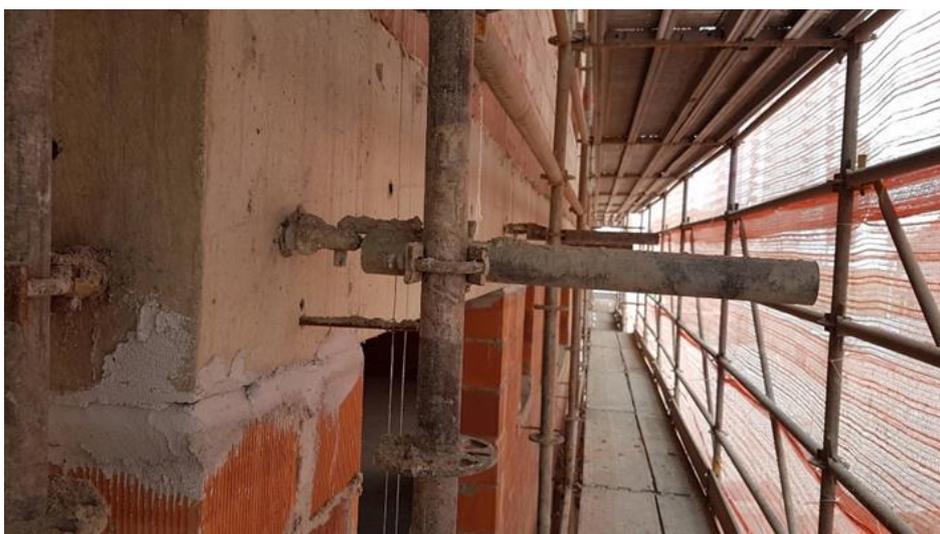
Figura 17 – Modelo de andaime para o estudo



(fonte: Versátil Andaimos. Disponível em [www.versatilandaimos.com.br](http://www.versatilandaimos.com.br))

A fixação do andaime é de grande importância para a segurança do processo e garantia de proteção do sistema. Como mostra a foto a seguir, a cada 3,0 metros linear ou 10 m<sup>2</sup>, o andaime é preso na estrutura, normalmente, nas vigas de periferia. Na figura 18, encontra-se uma ilustração referente à fixação encontrada nas obras visitadas.

Figura 18 – Fixação dos andaimes



(fonte: disponibilizado pelo autor)

Para melhor detalhar o uso e logística dos andaimes fachadeiros para a utilização na obra do estudo de caso, foi elaborada a tabela 9. A tabela apresenta a quantidade em m<sup>2</sup> necessária de andaime fachadeiro para o cobrimento de cada fachada, suas especificações técnicas, e o dimensionamento de equipes para o serviço, necessário para o desenvolvimento dos próximos tópicos do trabalho.

Tabela 9: A especificação dos andaimes usados e áreas de totais

Fachada / Andaimes	Quantidade de andaimes usados (m <sup>2</sup> )	Especificação de andaimes usados	Trabalhos por dia
Fachada principal - Leste	1.413,30	Tubular Alumínio e = 2,65mm Sistema travamento em X Módulo de 2 m x 2,8 m Piso metálico antiderrapante	6 Pedreiros 6 Serventes
Fachada fundos - Oeste	1.413,30		6 Pedreiros 6 Serventes
Fachada Lateral	1.257,25		5 Pedreiros 5 Serventes
Fachada Lateral	1.257,25		5 Pedreiros 5 Serventes
<b>Total</b>	<b>5.341,10</b>		

(fonte: elaborado pelo autor)

A ordem da execução do serviço do revestimento externo, usualmente, utilizado no mercado da construção civil, começa pelos andares superiores e tem sentido descendente. O ritmo é previamente previsto, pois cria um sistema lógico que proporciona maior supervisão sobre avanços físicos e facilita o controle de qualidade do serviço. Assim, logo após a conclusão da estrutura e verificação da prumada, pode-se iniciar os serviços de revestimento externo. Diferente da metodologia usada para o andaime suspenso, o serviço ocorreu por pavimento e não por fachada, porém, para fins de comparação com o estudo de caso, os resultados foram apresentados sobre o aspecto de cada fachada, pois o andaime fachadeiro concede condições para o acabamento simultâneo de todas elas.

#### 4.8 ANÁLISE SOBRE O PLANEJAMENTO FISICO

Uma característica diferenciada do andaime fachadeiro é a sua montagem que começa junto com a concretagem da estrutura, visando acompanhar a concretagem de novos pavimentos, servindo como proteção de periferia. Portanto, o equipamento permanece um longo período em obra, em prática, do início dos serviços de superestrutura até a conclusão dos

revestimentos externos e limpeza. Advém disso importantes necessidades de manutenção e constante supervisão, que mantêm as condições de uso e segurança do equipamento.

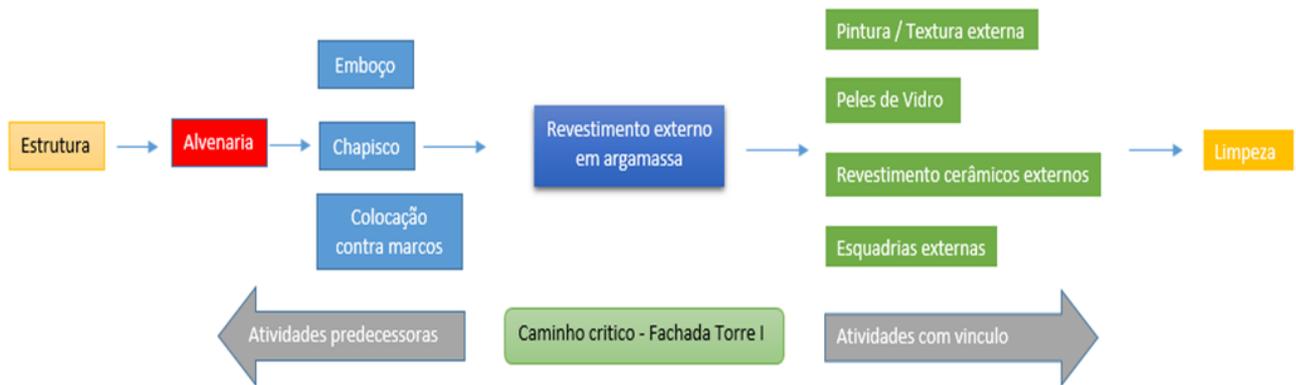
É válido ressaltar a possibilidade de iniciar os serviços de fachada mais cedo como chapisco e revestimento argamassado, pois, visto que a alvenaria de vedação começa algumas semanas após o início da superestrutura, o andaime fachadeiro por ser montado ao mesmo tempo, já que é ele que possibilita as condições de trabalho para iniciar os serviços de fachada. Porém, após as entrevistas realizadas, notou-se que essa prática não é comum nas construções devido a possíveis falhas que poderiam ocorrer nas espessuras variáveis pelo contorno da estrutura, resultantes do processo de concretagem, assim como, excentricidades, deformações e o desaprumo na estrutura da edificação. Demais argumentos utilizados foram o grande número de trabalhadores no canteiro, o que dificulta o controle de qualidade do serviço devido à restrição de trabalhadores da equipe técnica necessária para conferências e medições; o recebimento de material que necessita estar bem organizado e ter espaço disponível em canteiro, o que em determinadas fases da construção, como a de estrutura, podem se tornar complicadas, devido a entrada e saída de caminhões de concreto, recebimento e armazenamento de aço e fôrmas; e o bem-estar no trabalhador no canteiro, que precisa estar de acordo com a norma de adequação de canteiro, NR 18.

O tempo de aluguel foi previsto para toda a etapa de estrutura, alvenaria, revestimento externos e limpeza da fachada, o qual o andaime cobriu toda a periferia pelo tempo de 20 meses. Porém apenas para os serviços de revestimento externo em argamassa foram planejados três meses de andaimes fachadeiros para a conclusão do serviço. Vale atentar que o tempo de montagem e de desmontagem não interfere no serviço de revestimento externo, pois o mesmo é um serviço intermediário no caminho crítico da construção, no qual a montagem acontece ainda na fase de estrutura e a desmontagem após a limpeza da fachada.

No planejamento de longo prazo foi definido o cronograma do empreendimento e o plano de ataque para o uso dos andaimes fachadeiros. Nessa etapa são solicitados orçamentos para as empresas de locações, assim, elabora-se um projeto de uso do andaime para otimizar sua utilização ao contorno da fachada; é previsto, igualmente, o projeto de montagem e desmontagem, que contempla a fixação da estrutura, para que, com isso, se dimensione melhor as equipes que irão trabalhar na fachada. Com o dimensionamento dos andaimes provindos dos projetos, abre-se espaço para futuras decisões que precisam ser tomadas no planejamento de médio prazo. Em resumo, nessa etapa é definido o escopo de execução da construção, o qual

busca funcionar como guia durante seu desenvolvimento. Indispensável para o planejamento de longo prazo está a vinculação de atividades e a definição de serviços predecessores e sucessores. A seguir, na figura 19, foi elaborado um esquema do caminho crítico para a conclusão dos serviços em fachada, com o uso dos andaimes fachadeiros:

Figura 19 – Esquema do caminho crítico nos serviços fachada Torre I



(fonte: elaborado pelo autor)

Para a definição das datas foi elaborado um cronograma em MS Project® para criar em formato de datas, vínculos entre as atividades, visando aumentar o controle sobre a produção e conceder maiores diretrizes para o andamento dos serviços e controle da qualidade, conforme a figura 20.

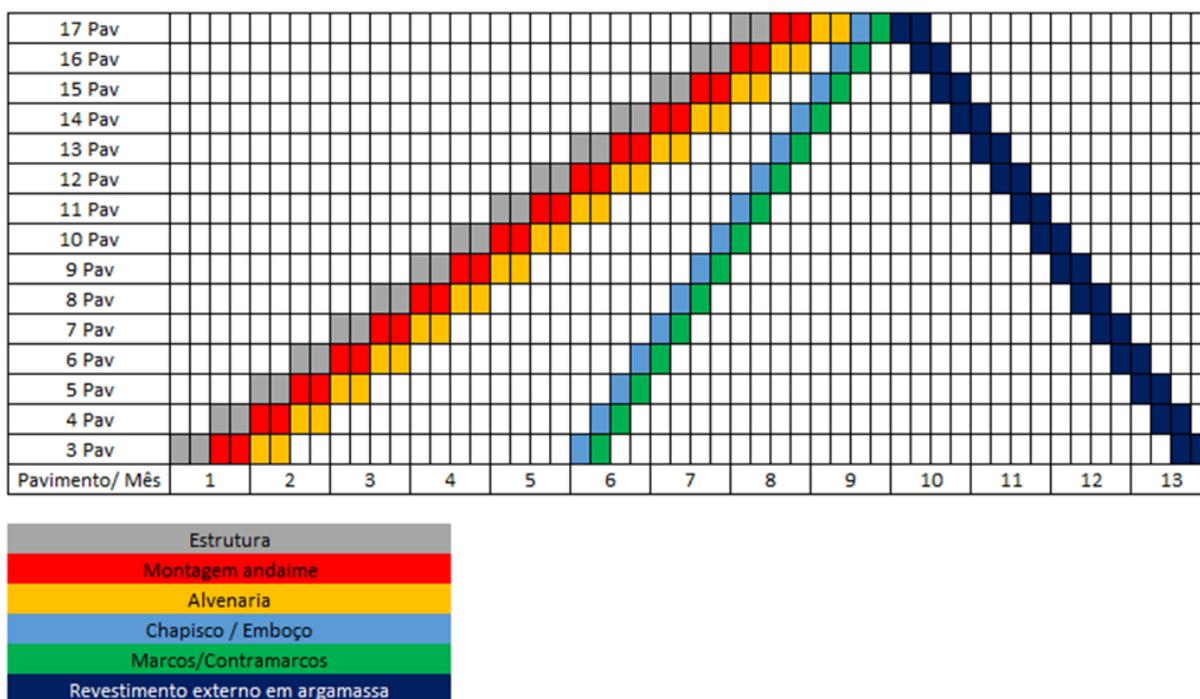
Figura 20 - Cronograma desenvolvido para Andaimes fachadeiros

Nome da tarefa	Duração	Início	Término
<b>Fachada Torre I</b>			
▾ <b>Reboco Externo</b>	<b>50 dias</b>	<b>Sex 08.02.13</b>	<b>Qui 18.04.13</b>
Fachada Principal / Fundos e Laterais	49 dias	Sex 08.02.13	Qui 18.04.13
17 Pavimento	3 dias	Sex 08.02.13	Ter 12.02.13
16 Pavimento	3 dias	Qua 13.02.13	Sex 15.02.13
15 Pavimento	3 dias	Seg 18.02.13	Qua 20.02.13
14 Pavimento	3 dias	Qui 21.02.13	Seg 25.02.13
13 Pavimento	3 dias	Ter 26.02.13	Qui 28.02.13
12 Pavimento	3 dias	Sex 01.03.13	Ter 05.03.13
11 Pavimento	4 dias	Qua 06.03.13	Seg 11.03.13
9 Pavimento	4 dias	Ter 12.03.13	Sex 15.03.13
8 Pavimento	4 dias	Seg 18.03.13	Qui 21.03.13
7 Pavimento	4 dias	Sex 22.03.13	Qua 27.03.13
6 Pavimento	4 dias	Qui 28.03.13	Ter 02.04.13
5 Pavimento	4 dias	Qua 03.04.13	Seg 08.04.13
4 Pavimento	4 dias	Ter 09.04.13	Sex 12.04.13
3 Pavimento	4 dias	Seg 15.04.13	Qui 18.04.13

(fonte: elaborado pelo autor)

Para facilitar o entendimento o sequenciamento das atividades foi elaborado uma linha de balanço, a qual busca mostrar, de maneira gráfica, o planejamento para os serviços, os quais, nesse trabalho, foram baseados no cronograma proposto pelo autor, e são demonstrados conforme a figura 21:

Figura 21: Esquema ilustrativo da linha de balanço dos serviços



(fonte: elaborado pelo autor)

É possível notar o intervalo ocioso nos pavimentos iniciais da obra, referentes aos serviços na fachada, devido à espera da concretagem da estrutura para o início dos serviços de revestimento em argamassa. Assim, nesse tempo, o andaime fachadeiro funciona apenas como auxílio para a movimentação vertical e horizontal pela obra e como função de proteção de segurança, deixando de assistir os serviços para as atividades em fachada.

No planejamento de médio prazo é programado como será a entrega da argamassa industrializada, onde a mesma será armazenada no canteiro e qual será a sua rotina de abastecimento na obra. Dessa maneira, há maiores condições de dimensionar os recursos necessários para a produção.

No âmbito no médio prazo, afere-se as datas do cronograma para os próximos serviços a serem executados, definindo com maior precisão os fluxos de trabalhos, a fim de ter um alinhamento fino, caso a obra esteja com desvio do prazo originalmente proposto.

No planejamento de curto prazo, são programadas com as equipes de trabalho as metas de produção para cada semana, são esclarecidos os cronogramas, são realizados relatórios de problemas encontrados na execução do serviço e o acompanhamento da produtividade, além de reuniões para tentativas de evitar os problemas que ocorreram e da busca por meios de otimizar

os serviços. Nessa etapa, é normal que surjam alguns erros de projeto que necessitem de maior tempo para serem resolvidos e, por fim, ajustes finos com os fornecedores. O ambiente de trabalho organizado torna-se crucial para menor variabilidade do ritmo da produção.

O estoque do material é um dos maiores desafios do andaime fachadeiro devido à quantidade de peças envolvidas no processo. Nos contratos realizados pelos fornecedores do mercado, cada peça avariada que não tem condições de restauração ou peças perdidas são contabilizadas ao preço final. Portanto, deve-se preparar baias para o armazenamento correto do material e, assim, orientar um funcionário específico para supervisionar o uso dos andaimes e sua armazenagem.

O dimensionamento das equipes para a execução do serviço em estudo foi elaborado visando a melhor logística de funcionamento das atividades da obra, portanto buscou requisitos de adequação como: limitações de espaço no canteiro; e controle da produção e da qualidade, na qual tinha como referência os parâmetros propostos no o estudo de caso. Para as fachadas principal e de fundos foram dimensionados seis pedreiros e seis serventes, trabalhando por 11 dias em cada fachada. Foram totalizadas 122 diárias de dupla para as fachadas, num total de 22 dias de trabalho. Para cada fachada lateral, foram dimensionados cinco pedreiros e cinco serventes, trabalhando no total de 14 dias em cada fachada. Foram totalizadas 140 diárias da dupla para as fachadas laterais num total de 28 dias de trabalho. Ao fim, a fachada teve como cronograma de execução três meses para início e finalização do serviço em estudo.

A produtividade foi baseada nas obras visitadas, que tinham como referencial a experiência dos engenheiros residentes. A partir dos resultados adquiridos nas obras visitadas, obteve-se a média para cada pavimento de 10 a 12 m<sup>2</sup> por pedreiro por dia, com auxílio de um servente para abastecimento Vale ressaltar que a produtividade é variável por dia, como representado na tabela 10, a média relativa ao serviço por fachada, durante todo o tempo de execução para a obra do estudo de caso.

Tabela 10: Indicadores de tempo e produtividade

Fachada / Área	Área de revestimento externo em argamassa (m <sup>2</sup> )	Área de revestimento externo em argamassa por pavimento (m <sup>2</sup> )	Tempo de execução (dias uteis)	Tempo para execução (dia/pavimento)	Produtividade (m <sup>2</sup> .dia/and)	Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )
Fachada principal - Leste	662,00	44,13	11,00	0,73	10,03	0,80
Fachada fundos - Oeste	662,00	44,13	11,00	0,73	10,03	0,80
Fachada Lateral	795,00	53,00	14,00	0,93	11,36	0,70
Fachada Lateral	795,00	53,00	14,00	0,93	11,36	0,70
<b>Total</b>	<b>2.914,00</b>					

(fonte: elaborado pelo autor)

Com de intuito tecer considerações sobre a produtividade, é perceptível o aumento de produtividade para as fachadas laterais, cerca de 12% maior que as fachadas principal e de fundos. Entretanto, por mais que a produtividade seja mais elevada, o tempo de duração do serviço nas fachadas laterais é 20% maior do que nas principais, como já constatado no seção anterior, justificado pela área de serviço ser maior.

#### 4.9 ANÁLISE DE CUSTOS

A análise tem como premissas os três orçamentos recebidos de empresas de locações de andaimes da região metropolitana do Rio Grande do Sul e, dessa maneira, busca-se configurar os custos do andaime fachadeiro para a obra do estudo de caso. Segundo os fornecedores é importante ressaltar ao planejar o uso do andaime fachadeiro, a importância da armazenagem correta do material, sua montagem e desmontagem por profissionais habilitados, indispensável para a evolução constante da construção. Nas pesquisas realizadas nota-se grande preocupação com as perdas das peças do andaime e avarias nas mesmas. Segundo as empresas de locação, a prática do mercado, atualmente, é cobrar todo o material que for considerado inutilizável após o uso ou perdido.

O custo da montagem e desmontagem do material é de R\$ 2,40/ m<sup>2</sup>, sendo realizada por profissionais treinados. Durante as decisões estratégicas para o uso do andaime, é importante organizar o tempo que o mesmo irá permanecer em obra e como será a logística de montagem e desmontagem.

No momento de fazer a locação do andaime, a partir do projeto desenvolvido, é salientado que a área referente ao andaime se estende um pouco a mais nas laterais para poder dar o cobrimento necessário na fachada. Logo, como pode ser visto nesse trabalho, as áreas correspondentes ao aluguel do andaime, se elevam em torno de 5% a mais que a área de fachada.

O custo da montagem e desmontagem foi rateado levando em vista apenas o número de meses nos quais o andaime foi usado pela obra para o revestimento externo. A obra que tem 20 meses de uso do andaime total, planeja usá-lo por três meses para o revestimento externo em argamassa. O rateio, então, de três em 20 meses, corresponde ao valor de 15% do custo da montagem e desmontagem no serviço de revestimento de argamassa externo. As quantidades previstas foram: a locação de 1.413,30 m<sup>2</sup> para a fachada principal, assim como 1.413,30 m<sup>2</sup> para a fachada de fundos. Para as fachadas laterais foram locados para cada uma 1.257,25 m<sup>2</sup>.

Para fins de comparação, focando na obra do estudo de caso e no serviço de revestimento externo em argamassa, o custo do aluguel para fins de análise foi apenas restrito aos meses que o mês for destinado para tal uso. Após as solicitações no mercado de Porto Alegre chegou ao valor de R\$ 10,20/m<sup>2</sup> do andaime fachadeiro. Chegou-se a essa média para fins de comparação mais direta com o estudo de caso. Ressalta-se que foram recebidos orçamentos com R\$9,50/m<sup>2</sup> e R\$ 11,00/m<sup>2</sup>, na qual também reiteravam que obras com grandes detalhes de fachada, necessitavam andaimes mais complexos e, logo, tinha um preço superior. Portanto, a escolha do preço proposto parece ser adequada.

A tabela 11 traz o resumo os indicadores de custos dos andaimes fachadeiros para a obra do estudo de caso:

Tabela 11: Custos referentes aos andaimes fachadeiros para a Torre I

Fachada / Andaimes	Quantidade de andaimes usados (m <sup>2</sup> )	Especificação de andaimes usados	Custo de montagem e desmontagem (R\$/m <sup>2</sup> )	Rateio do custo de montagem e desmontagem entre os serviços	Custo (m <sup>2</sup> /mês)	Custo Total
Fachada principal - Leste	1.413,30	Tubular Alumínio e = 2,65mm Sistema travamento em X Módulo de 2 m x 2,8 m Piso metálico antiderrapante	2,40	15%	R\$ 10,20	R\$ 11.829,32
Fachada fundos - Oeste	1.413,30		2,40	15%	R\$ 10,20	R\$ 11.829,32
Fachada Lateral	1.257,25		2,40	15%	R\$ 10,20	R\$ 9.881,99
Fachada Lateral	1.257,25		2,40	15%	R\$ 10,20	R\$ 9.881,99
<b>Total</b>	<b>5.341,10</b>				<b>Total</b>	<b>R\$ 43.422,61</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

O custo total para aluguel do andaime fachadeiro por três meses, os quais compreendem o serviço de revestimento externo em argamassa, é de R\$ 43.422,61, já apropriados a seu valor final os 15% do rateio dos valores de montagem e desmontagem do equipamento. O valor total ainda é inexpressivo perante ao montante final de R\$49.189.138,00 do orçamento da obra, sendo o andaime responsável por apenas 0,08% do mesmo.

Após todas as simulações realizadas com o uso dos fachadeiros, a análise dos dados extraídos nas entrevistas e visitas técnicas e as opiniões dos engenheiros que usam o sistema, foi elaborado um indicador para demonstrar os resultados do trabalho. O indicador mede a produtividade do andaime e o custo real do mesmo para auxiliar a realização do serviço de revestimento externo em argamassa e, assim, relaciona os principais estudos analisados. A seguir, na tabela 12, está disposto o custo do andaime/m<sup>2</sup> de revestimento externo em argamassa para o estudo de caso.

Tabela 12: Custo do andaime / m<sup>2</sup> de revestimento externo em argamassa

<b>Fachada</b>	<b>Custo do andaime / m<sup>2</sup> de revestimento externo em argamassa</b>
<b>Fachada principal - Leste</b>	R\$ 17,87
<b>Fachada fundos - Oeste</b>	R\$ 17,87
<b>Fachada Lateral</b>	R\$ 12,43
<b>Fachada Lateral</b>	R\$ 12,43

(fonte: elaborado pelo autor)

## 5 CONCLUSÕES SOBRE OS ANDAIMES

Para fins conclusivos sobre os andaimes em estudos, foram elencadas as vantagens de cada um, e logo após, as suas desvantagens. Ambas as considerações foram elaboradas sobre os olhos das pesquisas e entrevistas realizadas ao longo do estudo, e também, sobre a perspectiva da documentação analisada sobre o estudo de caso, a qual trouxe informações mais técnicas e palpáveis.

As vantagens do andaime suspenso são: possui uma montagem rápida e facilita em pequeno espaço de tempo o acesso à fachada e aos pavimentos mais elevados; possui painéis mecanizados para diminuir chances de desnivelamento e acidentes, o que facilita a sua utilização e segurança; tem como proposta a versatilidade de se encaixar a diversos tipos de construções, devido à sua metodologia de uso, pode-se adequar a variados formatos de fachada, facilitando a execução dos revestimentos ao contorno arquitetônico; o equipamento é difundido no mercado, que por sua vez traz maior confiança para quem o escolhe como solução construtiva, como também, conhecimento das experiências passadas; por fim, seu baixo custo é atrativo, o que o reitera como solução popular no mercado.

As vantagens do andaime fachadeiro são: conceder a acessibilidade aos trabalhos na fachada sem ser por suspensão; proporcionar ao trabalhador maior sensação de segurança; com um projeto bem elaborado pode-se cobrir todos os nuances arquitetônicos da estrutura, oferecendo boas condições de trabalho para os serviços de fachada; funciona como proteção periférica, assim, barateia custos e não necessita de sistema de proteção auxiliar de proteção; conforme as pesquisas e estudos realizados, tem índices de produtividade maiores comparados ao andaime suspenso.

As desvantagens do andaime suspenso são estar sujeito às intempéries (ventos e chuva interrompem facilmente os serviços na fachada, diminuindo a produtividade e atrasando cronogramas planejados); por mais que o sistema seja garantido pela NR 18 como seguro, trabalhadores afirmam que não se sentem totalmente seguros ao trabalhar nas fachadas; a solução construtiva com andaime suspenso, segundo a NR 18, estabelece a necessidade de um sistema de proteção para eventuais quedas de material em fachada, normalmente, utilizadas as bandejas de proteção.

As desvantagens do andaime fachadeiro são ter grande quantidade de peças que necessitam de controle especial e organização diferenciada; ter montagem especializada e com maior duração, que por sua vez, necessita de um planejado melhor elaborado e preciso; pelo tempo que permanece em uso, necessitar de supervisão para verificação da segurança e manutenção das peças; o custo maior comparado ao andaime suspenso.

A seguir, na tabela 13, foram ilustrados os parágrafos supracitados, afim de resumir as vantagens e desvantagens de cada andaime estudado.

Tabela 13: Vantagens e desvantagens dos sistemas de andaimes

<b>Quadro Resumo - Vantagens e Desvantagens</b>		
<b>Andaimes</b>	<b>Suspenso</b>	<b>Fachadeiro</b>
<b>Vantagens</b>	montagem rápida; painéis mecanizados; difundido no mercado; possui diversos tamanhos e tipos; versatilidade na fachada; custo menor.	acesso à fachada; sensação de segurança; proteção periférica.; produtividade maior; planejamento otimizado reduz tempo de construção.
<b>Desvantagens</b>	produtividade menor; sensível às intempéries; menor sensação de segurança; necessidade de sistema periférico de proteção.	grande quantidade de material; custo elevado; erros de planejamento podem aumentar custos; montagem demorada; manutenção elevada.

(fonte: elaborado pelo autor)

Como um dos focos principais do trabalho foi a gestão de custos, foram realizados alguns comparativos referentes a ambos os andaimes: o andaime fachadeiro nas fachadas principais e fundos, que possuíam mais detalhes construtivos e viradas, teve como resultado R\$ 17,87/m<sup>2</sup> de revestimento; já o suspenso teve R\$ 15,11/m<sup>2</sup>, sendo então 16% mais barato na sua execução. Nas fachadas laterais, onde a área de execução era mais simples e objetiva, o resultado do fachadeiro foi 15% mais caro que o do suspenso, resultando em uma diferença de custos menor quando trata-se de um serviço menos detalhado.

Ao fim, o custo total do andaime fachadeiro foi 15% maior que o do suspenso, porém, o montante ainda é muito inexpressivo, quando comparado ao orçamento total da obra. Entretanto, visto que o andaime pode ter seu tempo de locação por um longo período na obra, não sendo avaliado apenas para o revestimento externo em argamassa, esse valor referente aos custos pode aumentar conforme o planejamento, tornando-se significativo. Contudo, a análise

leva a crer que a decisão do uso do equipamento não teve um foco de custo, e, sim, provavelmente de outra característica, como estratégia de planejamento ou o conhecimento advindo de experiências anteriores.

Como a produtividade foi um dos focos do trabalho, já que, como foi abordado anteriormente, agrega em si diversas variáveis que remetem ao desempenho gerado pelos andaimes, foram realizadas também, considerações sobre as produtividades analisadas. O comparativo entre os andaimes mostra que o andaime fachadeiro possuiu um aumento de produtividade de 10%, fato que pode ser explicado pelas vantagens supracitadas. Em fachadas com menos viradas, quinas e recortes, percebe-se ainda que o andaime fachadeiro é ainda mais produtivo, com um aumento de 12% comparado ao suspenso. Ao fim, a diferença na produção do revestimento externo em argamassa representa uma economia de em torno de um mês para os serviços na fachada.

Conforme esclarecido no trabalho, e ressaltado nas delimitações da pesquisa, para o uso dos andaimes suspensos é necessário o uso de EPC para fins de segurança, contra a queda de objetos via fachada. A obra estudada, utilizou em sua construção as bandejas de proteção, e afim de fornecer maior auxílio na tomada de decisão, é informado que o custo foi de R\$27.511,32, referente ao material, montagem e desmontagem das bandejas de proteção para Torre I do estudo de caso, referente ao tempo para execução do revestimento externo em argamassa. Além disso, esclarece-se que o trabalho aborda a parte de planejamento físico, com foco na produtividade e gestão de custos dos equipamentos, e inserir o custo referente a segurança para as bandejas de proteção poderia trazer distorções ao objetivo central do trabalho, o qual estabeleceu o custo do equipamento por m<sup>2</sup> de revestimento externo.

Ainda, devido à complexidade de algumas abordagens, e para fins de auxílio em futuras tomadas de decisões, esclarece-se que os custos referentes a possibilidade de encurtar o prazo de entrega da construção, devido ao uso planejado dos andaimes fachadeiros, não foram dimensionados.

Por fim, após realizar as entrevistas nas obras que se utilizam do andaime fachadeiro, foi percebido que a escolha da tipologia do andaime foi definida por questões de segurança, devido aos embargos recentes, no âmbito de Porto Alegre. O motivo alegado pelos engenheiros remete à Delegacia Regional do Trabalho, que estaria questionando a aplicação da NR 18, sobre as obras que utilizam de bandejas de proteção, necessárias para o uso dos andaimes suspensos. Concluiu-se que, por mais que o andaime fachadeiro traga maiores índices de produtividade, as

decisões por usá-lo ou não são motivadas por questões legais e regionais - mais precisamente Porto Alegre, não abordando aspectos positivos referentes a um encurtamento do prazo de obra, aliado a um planejamento qualificado.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho teve como objetivo principal analisar, por meio de comparação, qual sistema de andaime, suspenso ou fachadeiro, proporciona maior eficiência no planejamento físico e nos custos na aplicação de revestimento de argamassa externo, em uma edificação vertical similar ao estudo de caso. Para o estudo de caso, foram escolhidas uma construtora e sua respectiva construção e analisados documentos e feitas entrevistas sobre como o tema deste trabalho se relacionava com as práticas na obra observada.

Concluiu-se que o planejamento é crucial para o bom andamento de uma construção. Estudos e análises prévias sobre sistemas construtivos e tipos de equipamentos a se usar na construção podem nortear decisões futuras, rebuscando-as com maior embasamento técnico. O estudo do surgimento de novas tecnologias é essencial para o desenvolvimento do setor da construção civil, pois passa segurança a quem for executar e a credibilidade de mercado para quem for vender. São visíveis os ganhos que podem ser obtidos por planejar uma construção verificando todas as variáveis disponíveis. Como foi visto no trabalho, diminuição do tempo de construção, diminuição de custos, aumento de produtividade, estão inclusos nessa lista.

## REFERÊNCIAS

- ACKOFF, R. L. **Planejamento empresarial**. Rio de Janeiro: LTC, 1976;
- ANJOLETTO FILHO, M. S., SERRA, S. M. B. **Comparação entre sistemas de proteção coletiva: bandejas e rede de segurança** IN: SIBRAGEC ELATEC, 2015. São Carlos – SP: 2015;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6494:90**. Segurança nos andaimes. Rio de Janeiro, 1991;
- BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. 192f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000;
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. 289 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre;
- BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas da construção civil**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003. 190p;
- BRANDLI, L. L. et al. **Implantação de um sistema de planejamento e controle da produção em uma empresa construtora**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO EM GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4., 2005. Porto Alegre, RS;
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br>>. Acesso em: 21 de março de 2016;
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras. **NR-35: Trabalho em altura**. 2016. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-35.htm>. Acesso em: 06 maio 2016;
- COELHO, H. O. **Diretrizes e Requisitos para o Planejamento e Controle da Produção em Nível de Médio Prazo na Construção Civil**. 2003. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre;
- COELHO, L. Parceiro de fachada. **Revista Técnica**, São Paulo: PINI, n. 159, junho de 2010. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/159/parceiro-de-fachada-pratico-versatil-e-seguro-o-andaime-285486-1.aspx>. Acesso em: 21 de março de 2016;
- FARIA, R. Trabalho nas alturas. **Revista Técnica**, São Paulo: PINI, n. 124, julho de 2007. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/124/artigo285385-1.aspx>. Acesso em: 21 de março de 2016;

FIGUEROLA, V. Sistema de andaimes fachadeiros exige projeto adequado, mão de obra treinada e equipamentos conformes. **Revista Técnica**, São Paulo: PINI, n. 199, outubro de 2013. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/199/artigo299961-2.aspx>. Acesso em: 21 de março de 2016;

FORMOSO, C. T. **A knowledge based framework for planning house building projects**. 1991. 339 f. Thesis (Doctor of Philosophy)–Department of Quantity and Building Surveying, University of Salford, Salford, UK;

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira**. 4. ed. São Paulo: Pini, 2004. 176 p;

HAMZEH, F. R ; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. D. **Improving construction work flow: the connective role of lookahead planning**. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNACIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 16., 2010, Manchester. Proceedings... Manchester: LCI, 2008;

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M. de.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. da C. L. A. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE, 2000. Série Construção Civil n. 5;

KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimento de construção**. Junho de 2005, p. 229. Tese: UFRGS. Porto Alegre, 09 de junho de 2005;

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Stanford: Stanford University, 1992. Technical report 72;

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Tese de Doutorado no Technical Research Center of Finland, Espoo – Finland, 2000;

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction management and economics**, London, n. 5, p. 243-266, 1987;

LAUFER, A.; TUCKER, R.; SHAPIRA, A.; SHENHAR, A. The multiplicity concept in construction project planning. **Construction Management and Economics**, London, v.12, n. 1, p. 53-65, 1994;

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos de obras**. Rio de Janeiro: LTC, 1997;

MOSSMAN, P. **Estudo comparativo da utilização de plataforma cremalheira e balancim elétrico para execução de argamassa de revestimento externo**. Julho de 2015. 70p. Monografia (Conclusão de Curso de Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre;

MARTINS, M. S., SERRA, S. M. B. **Projetos de segurança de medidas de proteção contra quedas de altura na construção civil**. IN: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 11, 2006. Anais... Florianópolis: ENTAC, 2006;

MARTINS, J. Balancim e cadeiras suspensas. EQUIPE DE OBRA, São Paulo: **PINI**, n.49, julho 2012. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/49/balancim-e-cadeiras-suspensas-confira-quais-sao-os-itens-261002-1.aspx>. Acesso em: 21 de março de 2016a;

MARTINS, J. Bandejas de proteção. EQUIPE DE OBRA, São Paulo: **PINI**, n.55, janeiro 2013. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/55/artigo275579-1.aspx>. Acesso em: 19 de março de 2016b;

MATTOS, A. D. Como alugar andaimes fachadeiros. **BLOGS PINI**, São Paulo: PINI, março 2015. Disponível em: <http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/como-alugar-andaimes-fachadeiros-340454-1.aspx>. Acesso em: 21 de março de 2016;

NAKAMURA, J. Como locar andaime fachadeiro. CONSTRUÇÃO E MERCADO, São Paulo: **PINI**, n.135, outubro 2012. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/135/artigo299739-1.aspx>. Acesso em: 19 de março de 2016;

NAKAMURA, J. Execução de fachada com balancins. CONSTRUÇÃO E MERCADO, São Paulo: **PINI**, n.147, outubro 2013. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/147/execucao-de-fachadas-com-balancins-veja-a-produtividade-media-298390-1.aspx>. Acesso em: 18 de março de 2016;

PAN, P. I. Andaimos fachadeiros. **ESO**, UFRGS, maio 2014. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/eso/content/?p=1750>. Acesso em: 19 de março de 2016.

PEREIRA, F. Q. **Análise de restrições no planejamento e controle da produção em nível médio prazo em uma empresa construtora**. Porto Alegre: UFRGS, julho de 2011;

PEZZI, A. P. **Controle de custos em empreendimentos de construção através de pacotes de trabalho: alocação dos custos orçados**. Porto Alegre: UFRGS, junho de 2013;

REFIL EQUIPAMENTOS. **Bandeja de proteção primária**. São Paulo - SP: Disponível em: <http://www.refilequipamentos.com.br/fabricacao/bandeja-de-protecao-primaria.html>. Acesso em: 09 de junho de 2016;

REVISTA TÉCNICA. Andaime Fachadeiro Metálico. Revista Técnica, São Paulo: **PINI**, n. 188, novembro de 2012. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/188/andaime-fachadeiro-metalico-montagem-do-sistema-exige-atencao-ao-288000-1.aspx>. Acesso em: 21 de março de 2016;

SERTA, R.; CATAI, R. E.; ROMANO, C. A. Segurança em Altura na Construção Civil: Equipamentos, procedimentos e normas. 1 ed. São Paulo: **PINI**, 2013.

## APÊNDICES

### Apêndice A – Entrevista sobre o uso do andaime fachadeiro (obra I)

<b>Entrevistas sobre o uso do andaime fachadeiro</b>
Nome: Rodrigo
Profissão: Engenheiro Produção
Obra: Rua Professor Fitzgerald
Características da obra: Concreto moldado in loco - alvenaria de vedação - alto padrão - 8 andares
Início da construção: Jan/2016
Fim da construção: Fev/2018
<b>Perguntas</b>
1 - Como foi decidido o uso de andaimes fachadeiros:
2 - Por que foi escolhido o uso de andaimes fachadeiros:
3 - Qual a dimensão dos serviços de revestimento externo de argamassa:
4 - Quantas equipe foram dimensionadas para execução do revestimento externo de argamassa:
5 - Qual a produtividade para execução do resvestimento externo de argamassa:
6 - Principais problemas na execução do serviço:
7 - Principais problemas no uso do andaime fachadeiro:
8 - Principais vantagens no uso do andaime fachadeiro:
<b>Respostas</b>
1 - Decisão do gerente da obra
2 - Pela segurança do trabalho, devido aos ultimos embargos referentes aos andaimes suspensos
3 - Fachada em externa em textura e revestimentos em granito. Áreas de grandes dimensões
4 - 2 meses de execução, 2 á 3 pedreiros para o serviço
5 - 20 á 25 m <sup>2</sup> por dia por pedreiro em dias sem problemas e com bom rendimento. Na média do serviço espera-se 10 á 15m <sup>2</sup> por pedreiro
6 - Produção da argamassa em obra
7 - Controle da peças, e montagem do andaime
8 - Protege a obra, o trabalhador fica mais confortável e trabalha melhor

## Apêndice B – Entrevista sobre o uso do andaime fachadeiro (obra II)

<b>Entrevistas sobre o uso do andaime fachadeiro</b>
Nome: Gabriel
Profissão: Engenheiro Civil
Obra: Avenida Erico Verissimo
Características da obra: Residencial e Comercial - Concreto moldado in loco - alvenaria de vedação - 10 andares
Início da construção: Março/16
Fim da construção: Dez/18
<b>Perguntas</b>
1 - Como foi decidido o uso de andaimes fachadeiros:
2 - Por que foi escolhido o uso de andaimes fachadeiros:
3 - Qual a dimensão dos serviços de revestimento externo de argamassa:
4 - Quantas equipe foram dimensionadas para execução do revestimento externo de argamassa:
5 - Qual a produtividade para execução do revestimento externo de argamassa:
6 - Principais problemas na execução do serviço:
7 - Principais problemas no uso do andaime fachadeiro:
8 - Principais vantagens no uso do andaime fachadeiro:
<b>Respostas</b>
1 - Decisão feita pelo setor de projetos e planejamento
2 - Foi escolhido, principalmente, em virtude da maior segurança proporcionada aos trabalhadores e da demanda desta tecnologia por órgãos fiscalizadores. Também pesou a facilidade de instalação de placas para revestimento externo (o patamar do andaime fachadeiro é maior do que o nível do pavimento interno)
3 - Fachada com revestimentos cerâmicos e pele de vidro. Acredito que 40% da área de fachada irá receber reboco para regularização
4 - São pequenas as dimensões, acredita-se que 2 pedreiros por fachada
5 - 20 m <sup>2</sup> a 30m <sup>2</sup> por dia, para os dois pedreiros, 1 a 2 pavimentos por semana
6 - Quinas na fachada, muitos encontros com as esquadrias
7 - Controle de peças, preço, necessidade constante de revisões para verificar a segurança
8 - Acessibilidade, segurança

## Apêndice C – Entrevista sobre o uso do andaime fachadeiro (obra III)

<b>Entrevistas sobre o uso do andaime fachadeiro</b>	
Nome:	Marcio
Profissão:	Engenheiro Civil
Obra:	Rua Itajai
Características da obra:	Residencial - Concreto moldado in loco - 12 Pavimentos
Início da construção:	Nov/15
Fim da construção:	Julho/18
<b>Perguntas</b>	
1 -	Como foi decidido o uso de andaimes fachadeiros:
2 -	Por que foi escolhido o uso de andaimes fachadeiros:
3 -	Qual a dimensão dos serviços de revestimento de argamassa externo:
4 -	Quantas equipe foram dimensionadas para execução do revestimento externo de argamassa:
5 -	Qual a produtividade para execução do resvestimento externo de argamassa:
6 -	Principais problemas na execução do serviço:
7 -	Principais problemas no uso do andaime fachadeiro:
8 -	Principais vantagens no uso do andaime fachadeiro:
<b>Respostas</b>	
1 -	Em reuniões de engenharia e diretoria
2 -	Devido a delegacia do trabalho estar embargando obras com bandejas de proteção. Recomendações da diretoria
3 -	A fachada é basicamente revestida de pintura e peças ceramicas. Em torno de 800 m <sup>2</sup> por andar
4 -	Três a quatro pedreiros e serventes, o serviço é gerenciado pelo empreiteiro que em contrato foram definidos prazos.
5 -	Afirma ser maior que média de 10 m <sup>2</sup> por dia por trabalhador, chegando a 20 m <sup>2</sup> em dias com condições favoráveis.
6 -	O requadro, devido as diversas esquadrias, ficam com qualidade inferior, as quais necessitam retrabalho
7 -	Como é um equipamento de segurança precisa estar sempre em revisão
8 -	Acesso a varios locais da fachada, facilita a execução

## Apêndice D – Entrevista sobre o uso do andaime fachadeiro (obra IV)

<b>Entrevistas sobre o uso do andaime fachadeiro</b>	
Nome:	Ivan
Profissão:	Engenheiro Civil
Obra:	Avenida Palmeira
Características da obra:	Residencial - Alto padrão - 8 pavimentos
Início da construção:	Julho/15
Fim da construção:	Março/17
<b>Perguntas</b>	
1 - Como foi decidido o uso de andaimes fachadeiros:	
2 - Por que foi escolhido o uso de andaimes fachadeiros:	
3 - Qual a dimensão dos serviços de revestimento de argamassa externo:	
4 - Quantas equipe foram dimensionadas para execução do revestimento externo de argamassa:	
5 - Qual a produtividade para execução do revestimento externo de argamassa:	
6 - Principais problemas na execução do serviço:	
7 - Principais problemas no uso do andaime fachadeiro:	
8 - Principais vantagens no uso do andaime fachadeiro:	
<b>Respostas</b>	
1 - Decisão conjunta entre engenheiros e diretores nas reuniões de planejamento	
2 - Segurança do trabalho, seguir as exigências	
3 - Por um empreendimento residencial tem-se uma grande parte do acabamento externo em reboco.	
4 - O serviço teve duração de 2 meses, na qual 2 duplas de pedreiros e serventes executavam o reboco	
5 - Na média acontecia um pavimento por semana, em torno de 40 m <sup>2</sup> por dia.	
6 - Os pedreiros por não terem trabalhado com o andaime antes, reclamavam muito do espaço para a execução	
7 - Acredito que foi o espaço que o andaime tinha para execução do serviço, e a novidade que o andaime era para os pedreiros	
8 - Rapidez para os serviços da fachada, e a segurança	

## Apêndice E – Orçamentos dos andaimes fachadeiros

<b>Orçamentos recebidos para andaimes fachadeiros</b>			
<b>Empresa</b>	<b>Custo montagem e desmontagem / m<sup>2</sup></b>		<b>Custo do m<sup>2</sup> do andaime / mês</b>
I	R\$	2,20	R\$ 9,50
II	R\$	2,40	R\$ 10,20
III	R\$	2,00	R\$ 11,00