

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LUCIANO DE ANDRADE**

**COMPARAÇÃO DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA CONVENCIONAL E  
ESTABILIZADA: PRODUTIVIDADE, CONSUMO E PERDAS DE MATERIAIS, E  
ADERÊNCIA À TRAÇÃO**

**SÃO LEOPOLDO**  
**2018**

LUCIANO DE ANDRADE

**COMPARAÇÃO DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA CONVENCIONAL E ESTABILIZADA: PRODUTIVIDADE, CONSUMO E PERDAS DE MATERIAIS, E ADERÊNCIA À TRAÇÃO**

Projeto de Pesquisa apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Graduado em Engenheiro Civil, pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dra. Andrea Parisi Kern

São Leopoldo/RS

2018

Dedico este trabalho a minha esposa Michelle e meus pais Silvio e Janete, que estiveram do meu lado durante essa longa caminhada e sempre me apoiaram.

## AGRADECIMENTOS

À minha esposa Michelle, pela paciência, pelo apoio nos momentos difíceis que surgiram durante esta caminhada, pela compreensão e inspiração de buscar ser sempre melhor a cada tentativa.

Aos meus pais Janete e Silvio, pela educação e ensinamentos que foram essenciais durante esse processo, também por toda força e orações que fizeram por mim.

À professora Andrea Parisi Kern, pela orientação neste trabalho de conclusão e pelos seus conhecimentos que foram necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

À todos os professores, que passaram seus conhecimentos e contribuíram na minha vida pessoal e acadêmica.

Aos meus amigos Anderson Cavalli, Cassiano Wendling, Cassius Fassbinder, Daniel Hermann, Diogo Benetti, Ewerton Calhiari, Guilherme Galgaro, Jeison Arnold, Marcus Scur e Marlon Nascimento, que me acompanham há muitos anos e foram essenciais tornando essa caminhada mais leve com amizade e companheirismo.

À meu grande amigo Fernando Hermann, que em um momento crucial da minha vida acadêmica não mediu esforços para me ajudar.

Aos meus amigos e colegas de trabalho Luiz Alberto Bazzan, Marcelo Veloso, Rafael Bazzan e Ulisses Galina, responsáveis pelo meu crescimento pessoal e profissional.

Aos responsáveis da Scalla incorporações e Index Gestão imobiliária, que foram extremamente prestativos e disponibilizaram as obras para este estudo.

A todos os familiares, amigos e colegas de profissão que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

*“O impossível é apenas uma grande palavra usada por gente fraca, que prefere viver no mundo como ele está, em vez de usar o poder que tem para mudá-lo, melhorá-lo. Impossível não é um fato. É uma opinião. Impossível não é uma declaração. É um desafio. Impossível é hipotético. Impossível é temporário. O impossível não existe.”*  
(Muhammad Ali)

## RESUMO

O revestimento de argamassa tem como algumas de suas funções proteger a estrutura e a alvenaria, complementar a vedação e auxiliar no isolamento térmico e acústico da edificação. Porém é considerado como um dos gargalos nas obras, devido à interferência humana na execução do serviço, podendo gerar grandes perdas e elevar o custo do empreendimento. Diante desta realidade, com a industrialização dos materiais um produto que vem se destacando no mercado da construção civil é a argamassa estabilizada. O presente trabalho consiste em um estudo comparativo no processo de revestimento de argamassa de duas obras localizadas na cidade de Gramado/RS, sendo uma delas executada com revestimento de argamassa convencional, e a outra revestimento de argamassa estabilizada. Os itens escolhidos para serem avaliados foram: produtividade da mão de obra, consumo de materiais e ensaio de resistência de aderência à tração. O estudo foi realizado com base em dados coletados no canteiro de obras diariamente pelo período de cinco dias em cada obra. Para este estudo foram considerados: número de trabalhadores, horas trabalhadas, volume de argamassa consumida e área de revestimento executada. Com os resultados obtidos é possível fazer um comparativo entre o tempo de execução, consumo de materiais e resistência à aderência no ensaio de tração das duas argamassas. No que diz respeito a produtividade e consumo de materiais os resultados foram mais satisfatórios no revestimento com argamassa estabilizada, já no ensaio de resistência de aderência à tração o resultado do sistema com argamassa convencional foi superior ao sistema da argamassa estabilizada, contudo os dois resultados foram satisfatórios para revestimentos internos segundo a NBR 13749/2013.

**Palavras-chave:** Produtividade. Revestimento. Argamassa convencional. Argamassa estabilizada.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas de produção de uma empresa .....	17
Figura 2 – Etapas da Construção.....	17
Figura 3 – Modelo tradicional de processo.....	19
Figura 4 – Modelo de processo da construção enxuta.....	19
Figura 5 – Camadas do sistema de revestimento de argamassa.....	24
Figura 6 – Solicitações a que o revestimento está sujeito.....	28
Figura 7 – Adesão adequada entre o revestimento e o substrato.....	29
Figura 8 – Adesão inadequada entre revestimento e o substrato devido à falta de limpeza no substrato .....	29
Figura 9 - a) Preparo dos corpos-de-prova para ensaio – seção circular; (b) Dispositivo de ensaio – equipamento mecânico de tração.....	31
Figura 10 - Formas típicas de ruptura ocorridas em ensaio de aderência à tração...33	33
Figura 11 – Fluxograma dos processos para argamassa preparada em obra .....	34
Figura 12 – Fluxograma dos processos para argamassa estabilizada.....	36
Figura 13 – Sistema de argamassas em silo.....	37
Figura 14 – Perspectiva Obra 01.....	41
Figura 15 – Perspectiva da Obra 02.....	43
Figura 16 – Planta baixa pavimento subtelhado Obra 01.....	46
Figura 17 – Planta Baixa Pavimento Térreo Obra 02.....	48
Figura 18 – Corpos de prova Obra 01 .....	50
Figura 19 – Corpos de prova Obra 02.....	50
Figura 20 – Ensaio de tração Obra 01 .....	51
Figura 21 – Ensaio de tração Obra 02 .....	51
Figura 22 – Armazenagem de cimento da Obra 1.....	52
Figura 23 – Armazenagem de cal da Obra.....	53
Figura 24 – Armazenagem de areia da Obra 1 .....	54
Figura 25 – Central de argamassa Obra 1 .....	55
Figura 26 - Sistema de elevação de cargas da Obra 01 .....	55
Figura 27 – Caixa de armazenamento de argamassa.....	56
Figura 28 – Pedido de materiais realizado semanalmente.....	57
Figura 29 – Entrega da argamassa estabilizada .....	58
Figura 30 – Conferência da quantidade de argamassa entregue.....	59

Figura 31 – Conferência do substrato após a execução do chapisco .....	60
Figura 32 – Execução das mestras do emboço .....	60
Figura 33 – Execução do emboço no substrato previamente chapiscado .....	61
Figura 34 – Conferência do substrato após a execução do chapisco rolado .....	63
Figura 35 – Conferência das mestras do emboço .....	63
Figura 36 – Classificação predominante Amostra Obra 01 .....	70
Figura 37 – Classificação predominante Amostra Obra 02 .....	71
Figura 38 – Classificação predominante segundo ensaio Amostra Obra 02 .....	73



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perdas de cimento na execução de emboço (interno e externo) e contrapiso.....	21
Tabela 2 - Espessuras de revestimento interno e externo segundo NBR 13749/2013 .....	25
Tabela 3 - Características das granulometrias do agregado .....	27
Tabela 4 – Características dos aditivos.....	27
Tabela 5 - Valores de resistência a tração para revestimentos em MPa .....	32
Tabela 6 – Características dos sistemas: Área para estocagem de materiais .....	38
Tabela 7 – Características dos sistemas: Desperdício dos materiais .....	38
Tabela 8 – Características dos sistemas: Gestão do estoque de insumos .....	38
Tabela 9 – Modelo de Ficha de Controle de Produtividade da Obra 01 .....	45
Tabela 10 – Volumes obtidos em cada betonada .....	46
Tabela 11 – Modelo de Ficha de Controle de Produtividade da Obra 02.....	47
Tabela 12 – Tabela de medição equipe 01 (Obra 01).....	61
Tabela 13 – Tabela de medição equipe 02 (Obra 02) .....	62
Tabela 14 – Tabela de medição equipe 01 (Obra 02).....	64
Tabela 15 – Tabela de medição equipe 02 (Obra 02) .....	64
Tabela 16 – Análise de dados da Obra 01 (Argamassa Convencional) .....	65
Tabela 17 – Análise de dados da Obra 02 (Argamassa Estabilizada) .....	66
Tabela 18 – Resultados de ensaio de resistência a tração Obra 01 .....	69
Tabela 19 – Resultados de ensaio de resistência a tração Obra 02 .....	71
Tabela 20 – Resultados do segundo ensaio de resistência a tração Obra 02.....	72
Tabela 21 – Comparativo dos resultados das duas obras .....	75

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Indicador 01 (Hora homem necessário para produzir um metro quadrado de emboço) .....	67
Gráfico 2 – Indicador 02 (Consumo de argamassa para produzir um metro quadrado de emboço) .....	68
Gráfico 3 – Indicador 03 (Perdas diversas) .....	68

**LISTA DE SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira de Regulamentadora
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
EPI	Equipamento de Proteção Individual
cm	Centímetro
cm <sup>2</sup>	Centímetro Quadrado
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro Quadrado
m <sup>3</sup>	Metro Cúbico
EPS	Poliestireno Expandido
h	Hora
Mm	Milímetros
kg	Quilograma
PCP	Plano de Curto Prazo
N	Newton

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	13
1.3 OBJETIVOS .....	14
<b>1.3.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
2.1 PRODUÇÃO ENXUTA .....	16
<b>2.1.1 Construção Enxuta.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.2 Princípios da Construção Enxuta .....</b>	<b>20</b>
2.2 PERDAS.....	20
2.3 INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	21
<b>2.3.1 Vantagens do processo de industrialização .....</b>	<b>22</b>
2.3.1.1 Vantagens Logísticas .....	22
2.3.1.2 Vantagens Competitivas.....	22
2.4 SISTEMAS DE REVESTIMENTOS.....	23
2.4.1.1 Chapisco .....	24
2.4.1.2 Emboço .....	24
2.4.1.3 Reboco .....	24
2.4.1.4 Espessuras.....	25
<b>2.4.2 Materiais Constituintes .....</b>	<b>25</b>
2.4.2.1 Cimento Portland.....	25
2.4.2.2 Cal Hidratada .....	26
2.4.2.3 Água .....	26
2.4.2.4 Agregados .....	26
<b>2.4.3 Características e propriedades da argamassa .....</b>	<b>28</b>
2.4.3.1 Aderência .....	28
2.4.3.2 Resistência Mecânica.....	30
2.4.3.3 Capacidade de absorver deformações.....	30
2.4.3.4 Estanqueidade .....	30
2.4.3.7 Durabilidade .....	30
<b>2.4.4 Ensaio de resistência de aderência a tração .....</b>	<b>30</b>
2.5 SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	33

<b>2.5.1 Argamassa preparada em Obra .....</b>	<b>33</b>
<b>2.5.2 Argamassa industrializada .....</b>	<b>34</b>
2.5.2.1 Argamassa industrializada ensacadas .....	35
2.5.2.2 Argamassa industrializada estabilizada.....	35
2.5.2.3 Argamassa industrializada em silos .....	36
2.6 ARGAMASSA PREPARADA EM OBRA X ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA ..	37
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>40</b>
3.1 APRESENTAÇÃO DAS EMPRESAS E OBRAS ESTUDADAS .....	40
<b>3.1.1 Empresa 01 .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.2 Obra 01 .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.3 Empresa 02 .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1.4 Obra 02 .....</b>	<b>42</b>
3.2 ETAPAS DA PESQUISA .....	44
<b>3.2.1 Etapa 01: Análise dos canteiros e logística da argamassa .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.2 Etapa 02: Produtividade da mão de obra e consumo de materiais .....</b>	<b>44</b>
3.2.2.1 Etapa 02 – Obra 01 .....	45
3.2.2.2 Etapa 02 – Obra 02 .....	46
<b>3.2.3 Etapa 03: Indicadores .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.4 Etapa 04: Ensaio de resistência de aderência à tração .....</b>	<b>49</b>
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
4.1 APRESENTAÇÃO DOS CANTEIROS E LOGÍSTICA DAS OBRAS .....	52
<b>4.1.1 Estocagem dos materiais da Obra 01 .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1.2 Logística da argamassa – Obra 01 .....</b>	<b>54</b>
<b>4.1.3 Logística e Canteiro de Obras – Obra 02 .....</b>	<b>56</b>
4.2 ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA.....	59
<b>4.2.1 Produtividade Obra 01 .....</b>	<b>59</b>
<b>4.2.2 Produtividade Obra 02 .....</b>	<b>62</b>
4.3 INDICADORES .....	65
4.4 RESISTENCIA À TRAÇÃO .....	69
<b>4.3.1 Resultado teste de resistência de aderência a tração Obra 01 .....</b>	<b>69</b>
<b>4.3.1 Resultado teste de resistência de aderência a tração Obra 02 .....</b>	<b>70</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Construção é o termo utilizado para execução de um projeto previamente elaborado, e a construção civil trata-se da execução de todas as obras que envolvam engenheiros civis ou arquitetos. Porém, as especificações técnicas de um projeto ou memorial descritivo nem sempre apontam qual método construtivo ou materiais devam ser utilizados para que seja realizada a execução do mesmo, isso acaba ficando por conta da construtora definir qual recurso lhe é mais favorável.

Nos dias de hoje um assunto que vem ganhando espaço nas discussões entre profissionais do ramo da engenharia civil é a construção enxuta, consiste na aplicação da mentalidade enxuta no canteiro de obras. Trata-se da utilização de um sistema de gestão dentro dos processos realizados na obra, otimizando os fluxos físicos e a logística, reduzindo os desperdícios e melhorando o desempenho da produção.

De acordo com Womack (1998) apud Patussi e Heineck (2006), o termo enxuta é utilizado no conceito de eliminar atividades que não agregam valor, produzindo o máximo de produtos possíveis.

De acordo com Cavalcante (2010), alguns aspectos que manifesta essa mudança na postura das construtoras é: o aumento da exigência dos clientes para com o produto final, a preocupação na redução de custos através do controle de perdas e otimização da mão de obra.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Proteger a estrutura e a alvenaria, complementar na vedação das edificações, auxiliando no isolamento térmico e acústico, bem como propriedades decorativas, são algumas das principais funções do revestimento de argamassa (CARASEK, 2010).

Porém, o revestimento de argamassa é apontado como um dos gargalos nas obras, pois incide diretamente nos prazos de execução, sendo uma das etapas em que a mão de obra mais interfere, em função da sua influência na qualidade e produção (CORRÊA, 2010 apud MIRANDA et al., 2016).

Diante dessa realidade, as construtoras vêm apostando em novos materiais e tecnologias com maior industrialização dos processos dentro do canteiro de obras,

um deles é a utilização de argamassa estabilizada para revestimento, que tem como principal vantagem a eliminação da produção de argamassa no canteiro de obras, estoque de materiais e redução no quadro de funcionários.

De acordo com Pagnussat et al. (2012), a argamassa estabilizada tem utilidade por até 72 horas sem perder suas propriedades. Assim, é uma grande conquista na construção e para o meio ambiente, pois reduz os desperdícios na utilização e o armazenamento de materiais no canteiro de obras.

De acordo com Souza (2005), o conceito de perdas na construção civil é definido pelo processo que utiliza uma quantidade de materiais maior que a necessária.

Mesmo com o avanço da tecnologia e com diversos processos de industrialização, uma grande parte do setor da construção civil brasileira, utiliza de métodos manuais e artesanais para execução de seus serviços. O que acaba gerando um alto índice de perdas (ALVES, 2016).

Com uma alta exigência do mercado no que se refere a prazo e o alto custo (tanto de mão de obra quanto de materiais), a preocupação das construtoras quanto as perdas na execução e a otimização da mão de obra é um assunto que tem se discutido muito nos dias atuais. Uma das soluções que está sendo utilizada para melhorar estes parâmetros é a industrialização dos processos.

### 1.3 OBJETIVOS

O subcapítulo em questão consiste em apresentar o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa.

#### 1.3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo geral, realizar uma análise comparativa entre o revestimento interno de argamassa convencional e estabilizada de duas obras localizadas na cidade de Gramado/RS, considerando os seguintes fatores: produtividade, consumo e perdas de materiais e resultados no teste de aderência a tração.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- a) Identificar índice de produtividade da última etapa do revestimento argamassado, o emboço, executados com argamassa convencional e estabilizada;
- b) Identificar índice de consumo e perdas de materiais da última etapa do revestimento argamassado, o emboço, executados com argamassa convencional e estabilizada;
- c) Analisar os testes de aderência à tração dos revestimentos com argamassa convencional e estabilizada e identificar se os resultados são satisfatórios;



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo irá abordar explicações e citações sobre temas que englobam o assunto principal do trabalho trazendo um maior entendimento.

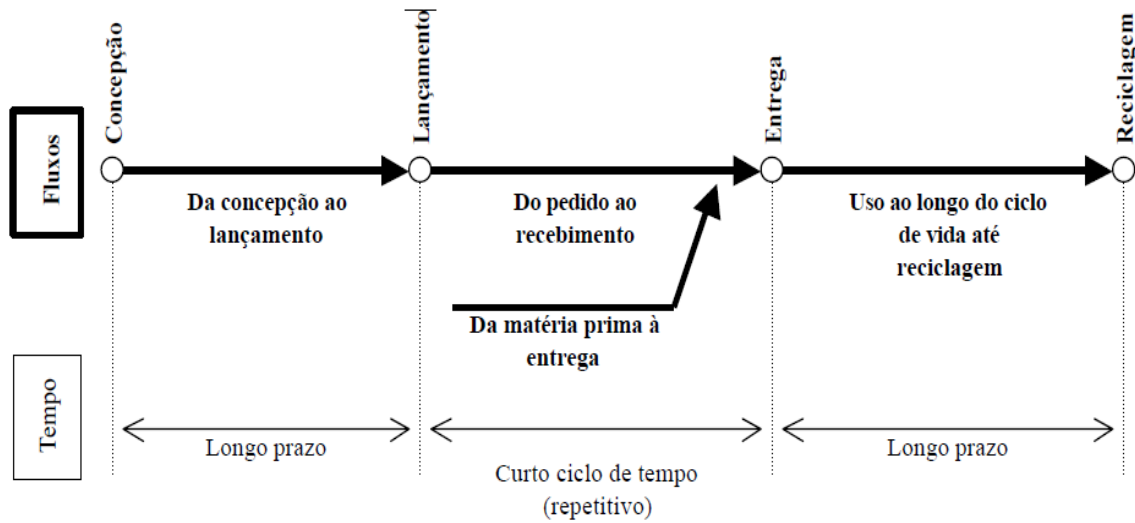
### 2.1 PRODUÇÃO ENXUTA

Criado em meio a indústria automobilística, o conceito *Lean Production* ou Produção Enxuta foi desenvolvido e fundamentado no *Toyota Production System* (Sistema Toyota de Produção). Diferente do sistema de produção em massa, o conceito Mentalidade Enxuta visa reduzir pela metade todos os processos que envolve a produção, dentre eles: custo, tempo, espaço e esforço. Tendo como objetivo diminuir defeitos e trabalhar com uma maior variedade de produtos (WOMACK, JONES, ROOS, 1992 apud PICCHI, 2001)

A produção enxuta considera como perda todo e qualquer tipo de trabalho que seja considerado dispensável na produção de um determinado produto ou serviço, ou seja, ela tem como um dos principais objetivos eliminar ou reduzir as perdas (BERNARDES, 2010). Sendo assim, através da análise dos motivos que causam tais desperdícios e da realização de operações para diminuir ou eliminar esses motivos, todo e qualquer aperfeiçoamento realizado no ambiente produtivo deve ser aplicado na identificação destas perdas. (SERPELL et al., 1996 apud BERNARDES, 2010).

Levando em conta as principais etapas de serviço, a produção enxuta sugere que seus princípios sejam utilizados em toda a empresa, desde o pedido até a entrega ao consumidor (WOMACK, 1999 apud PICCHI, 2001). Posteriormente incluídas as etapas de “uso ao longo do ciclo de vida até a reciclagem” (WOMACK, 2000 apud PICCHI, 2001). Na figura 01 é representado um esquema com a sequência das etapas de produção de uma empresa.

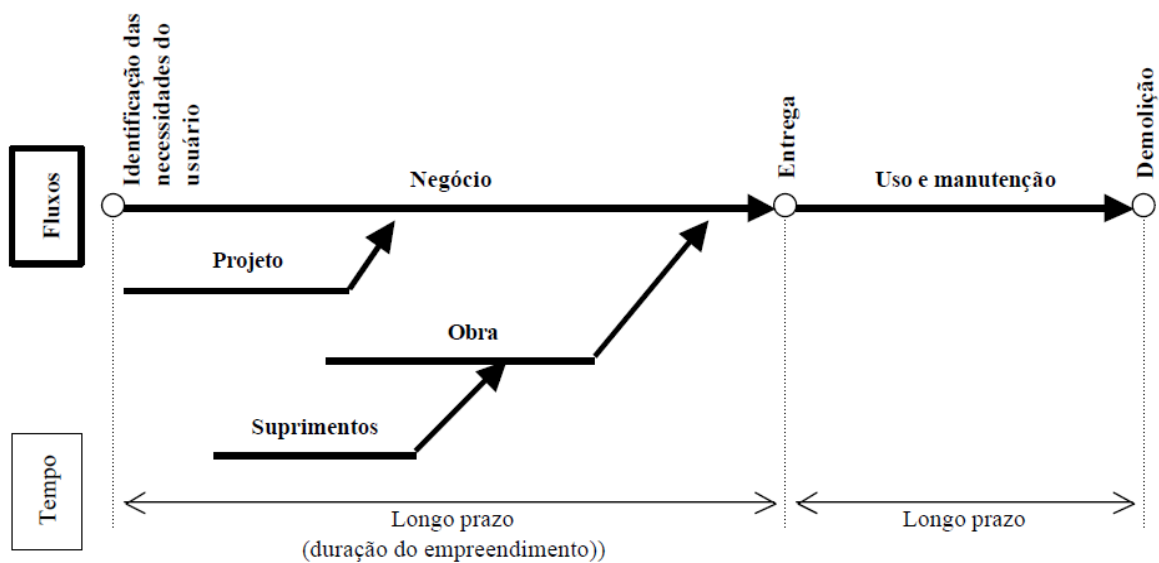
Figura 1 – Etapas de produção de uma empresa



Fonte – PICCHI (2001)

Para uma fábrica, as três primeiras etapas do fluxograma podem ser diretamente qualificadas. No que se refere à construção, cada etapa deve ser interpretada igualmente para cada participante do processo, como para o empreendimento como um todo (PICCHI, 2000 apud PICCHI, 2001). Na figura 2 é mostrada uma descrição destas etapas, incluindo todos os participantes, levando em consideração o nível do empreendimento. (PICCHI, 2001).

Figura 2 – Etapas da Construção



Fonte – PICCHI (2001)

### 2.1.1 Construção Enxuta

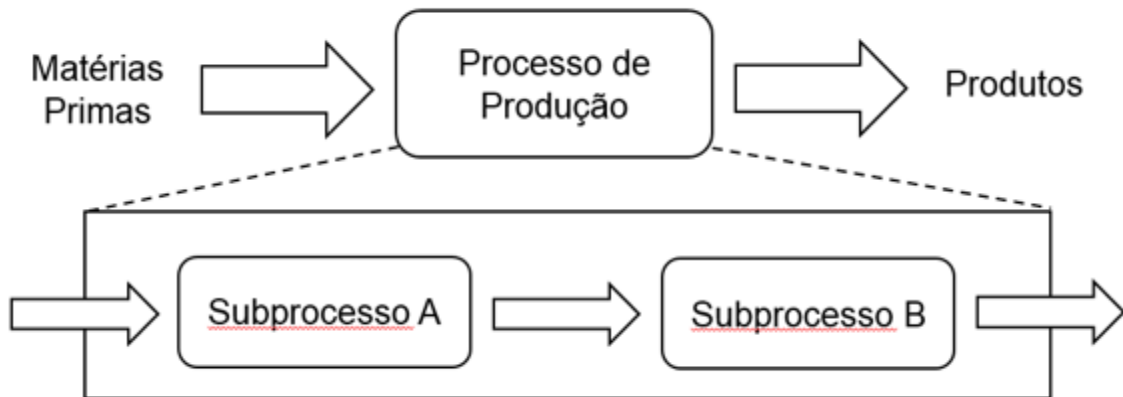
Resultado do esforço e trabalho de um grupo de pesquisadores em aplicar os conceitos, princípios e práticas da produção enxuta no setor da construção civil, surge uma nova filosofia de produção a *lean construction* ou construção enxuta (BERNARDES, 2010).

Ao longo dos anos algumas empresas ao aplicar seus princípios, já atingiram melhorias significativas em seus índices de desempenho. Esses resultados pressupõem que a elaboração de trabalhos que acrescentam para a consolidação dos princípios da construção enxuta deve contribuir para a evolução do setor da construção civil. Sendo assim, para a redução das perdas e desperdícios na indústria da construção civil é necessário que sejam realizados trabalhos que contemplem um sistema de gestão operacional que possa ser implantado em microempresas e pequenas empresas do setor, utilizando os princípios da construção enxuta (BERNARDES, 2010).

Inserir uma nova forma de se compreender os processos de produção é o conceito principal de mudança da construção enxuta no setor da construção civil (KOSKELA, 1992 apud BERNARDES, 2010). Esses conceitos atribuem-se, principalmente, a definição de processo e operações (BERNARDES, 2010).

Na produção enxuta, processo de produção baseia-se em procedimentos de transformação de matérias-primas em produtos, formando o chamado modelo de conversão (KOSKELA, 1992 apud BERNARDES, 2010). Também considerados procedimentos de transformação, o processo de conversão pode ser dividido em subprocessos, conforme o modelo de conversão da figura 3. Levando em consideração que é intitulada operação, no paradigma tradicional, a unidade mais inferior de uma divisão hierárquica de um processo (SHINGO, 1996 apud BERNARDES, 2010).

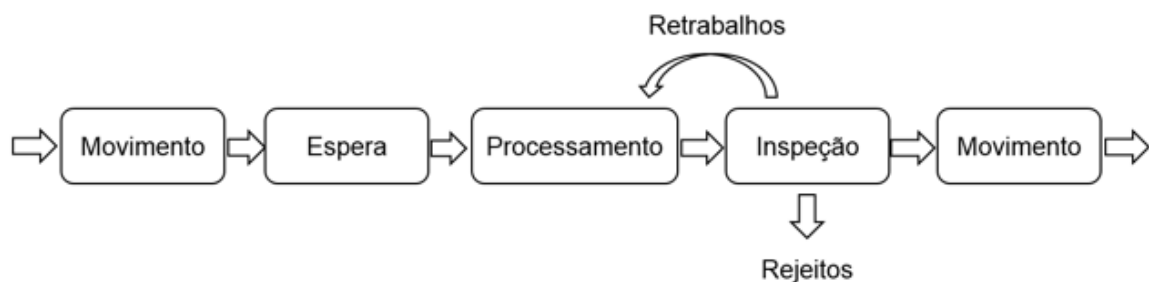
Figura 3 – Modelo tradicional de processo



Fonte – (KOSKELA, 1992 apud BERNARDES, 2010)

Entretanto, na construção enxuta conceitua-se que o ambiente de produção é formado por procedimentos de transformação e de fluxo. O gerenciamento das atividades de fluxo, consiste em um processo primordial na procura em aumentar os índices de desempenho dos processos produtivos, a figura 4 apresenta como funciona o modelo de processo da construção enxuta (KOSKELA, 1992 apud BERNARDES, 2010).

Figura 4 – Modelo de processo da construção enxuta



Fonte – (KOSKELA, 1992 apud BERNARDES, 2010)

Ao analisar as atividades do canteiro de obras, identifica-se diversos procedimentos de fluxo que podem ser eliminados pois não agregam valor ao processo. Algumas destas atividades são: movimentações internas ou a falta de insumos no canteiro de obras, retrabalhos devido à baixa qualidade dos insumos, entre outros. Esta análise leva à percepção de que a construção deve caminhar para

outros caminhos que evitam essas perdas, como o da produção industrializada (HOWELL, 1999 apud BORTOLINI, 2016).

### **2.1.2 Princípios da Construção Enxuta**

Através da aplicação dos princípios básico da construção enxuta, é possível perceber que a mesma apresenta um conceito baseado em adquirir benefícios que visam à melhoria com eficiência e eficácia dos sistemas de produção (BERNARDES, 2010).

Procedimentos de conversão ou processamento são aqueles caracterizados por agregar valor ao produto convertendo material e/ou informação responsável por atender aos pedidos dos clientes. Por outro lado, os procedimentos que não agregam valor não contribuem para atender aos pedidos dos clientes e ainda consomem recurso, tempo e espaço. O principal objetivo da nova filosofia de produção baseada na construção enxuta busca reduzir estes procedimentos que não agregam valor (KOSKELA, 1992 Apud BERNARDES, 2010).

Um período composto pela soma dos prazos dos processos de processamento, inspeção, espera e movimentação, é denominado tempo de ciclo. Reduzindo parcela de procedimentos que não agregam valor, conseqüentemente obtém-se a redução do tempo de ciclo (KOSKELA, 1992 Apud BERNARDES, 2010).

Segundo Koskela (1992), apud Bernardes (2010), a simplificação é caracterizada pela diminuição de partes do produto ou do número de etapas existentes em um fluxo de material ou informação, portanto, é por meio da simplificação que se podem eliminar procedimentos que não agregam valor aos processos de produção.

## **2.2 PERDAS**

Perda na construção civil é definida pelo processo em que se utiliza uma quantidade de material maior que a necessária (SOUZA, 2005). Para que se obtenha vantagem sobre seus concorrentes, as empresas devem buscar a redução das perdas no canteiro de obras. A forma como gerenciam os insumos no canteiro de obras bem como os treinamentos dos operários são pontos que as empresas

devem se concentrar para obter êxito na redução destas perdas (SENA, CARVALHO, SANTOS, 2010 apud BORTOLINI, 2016).

Um estudo realizado por pesquisadores de diversas universidades e com o apoio da FINEP/SENAI, buscou destacar os principais indicadores de perdas na construção civil. A Tabela 1 mostra os valores de média e mediana para perdas de cimento nos processos de Emboço (interno e externo) e contrapiso (SOUZA, 2005).

Tabela 1 - Perdas de cimento na execução de emboço (interno e externo) e contrapiso

Serviço	Valor da perda				Número de casos estudados
	Média (%)	Mediana (%)	Mínima (%)	Máxima (%)	
Emboço Interno	104	102	08	234	11
Emboço Externo	67	53	-11	164	08
Contrapiso	79	42	08	288	07

Fonte – (SOUZA, 2005)

### 2.3 INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Presenciada principalmente nos canteiros de obras de grandes cidades, a industrialização da construção civil é uma tendência. Isto é resultado de vários fatores, como por exemplo, a alta exigência do mercado, mas também causas como: prazos de obra cada vez mais apertados, diminuição de área destinada para canteiro de obras nos terrenos e também a necessidade de redução de custos (VIEIRA, 2006).

O processo de industrialização é baseado na transferência de serviços que seriam previamente realizados no próprio canteiro de obras, passando a ser fornecidos por empresas terceirizadas. Ou seja, os serviços serão realizados por empresas especializadas e que terão responsabilidade técnica sobre eles, diminuindo a responsabilidade da empresa por não estar realizando estes serviços no próprio canteiro de obras (VIEIRA, 2006).

### 2.3.1 Vantagens do processo de industrialização

Segundo Vieira (2006), levando em consideração a construção tradicional, a industrialização deve criar uma nova fase a ser encarada pela maioria das empresas de construção civil do Brasil. Ao optar por essa mudança, as empresas poderão usufruir de todas as vantagens que o sistema oferece, contudo deverão passar por um processo de mudança no conceito, algumas destas mudanças são: adequação dos sistemas de logística do canteiro e melhor qualificação da mão de obra.

#### 2.3.1.1 Vantagens Logísticas

Dentro do processo de industrialização, algumas das vantagens referente a logística, Vieira (2006) cita:

- Maior organização, devido à redução de tarefas da produção;
- Rapidez e desempenho em serviços estruturais;
- Redução dos prazos de execução;
- Facilidade no planejamento e cumprimento de cronogramas;
- Canteiros de obras mais limpos e organizados;
- Redução de acidentes de trabalho;
- Redução ou até eliminação de estoques de insumos no canteiro;
- Redução considerável ou até eliminação de perdas e desperdícios.

#### 2.3.1.2 Vantagens Competitivas

Ainda segundo Vieira (2006), a industrialização conduz a ganhos em produtividade, custos e qualidade, otimização do processo construtivo e vantagens como:

- Modernidade e tecnologia;
- Versatilidade;
- Durabilidade e redução de patologias;
- Redução no desenvolvimento de projetos;
- Uso de normas técnicas;
- Qualidade através do desenvolvimento tecnológico;

- Desenvolvimento sustentável;
- Soluções com diferentes sistemas construtivos;
- Aspectos econômicos.

## 2.4 SISTEMAS DE REVESTIMENTOS

Segundo Bauer (2005), entende-se como sistema de revestimento um conjunto de subsistemas. Atuando em conjunto com o substrato, o sistema de revestimento tem como principais funções: proteção da base, regularização da superfície, estanqueidade e estética. Devido às diversidades de opções a serem empregadas, os sistemas de revestimento podem variar de uma obra para outra, pois dependem da concepção do projeto empregado.

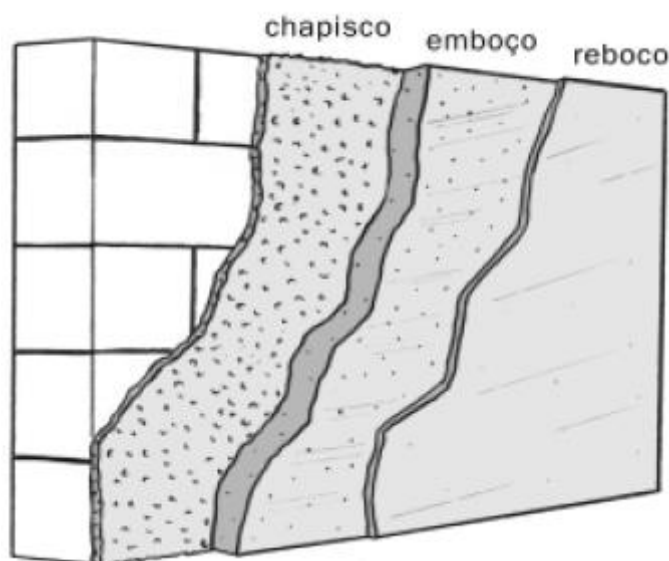
### 2.4.1. Argamassas para revestimentos

A definição de argamassa é dada pela mistura dos seguintes materiais: cal hidratada, cimento Portland, areia lavada, água e aditivos. São classificadas por argamassas simples aquelas que a sua base é composta apenas por um aglomerante inorgânico (cal ou cimento). Já aquelas que sua base é composta por dois materiais são classificadas por argamassas mistas (RIBAS & JÚNIOR, 2007).

O objetivo fundamental das argamassas é regularizar as superfícies, tanto em planos horizontais como em planos verticais. A exemplo do chapisco e de camadas de enchimento, quando a espessura para atingir o plano ideal passar de 20 mm, as argamassas adotam a função de camada de transição (FIORITO, 1994), bem como a proteção da base onde é aplicada da ação de intempéries, auxiliando no isolamento térmico e acústico do sistema, bem como a estanqueidade aos gases e à água (ABCP, 2014).



Figura 5 – Camadas do sistema de revestimento de argamassa



Fonte – (ABCP, 2014).

#### 2.4.1.1 Chapisco

O chapisco é a primeira camada e é aplicado diretamente na base, tendo como função principal melhorar a fixação do revestimento. É uma mistura composta por cimento, areia e aditivos, e sua aplicação deve ser feita de modo que uniformize a superfície quanto à absorção. (ABNT NBR 13529, 1995)

#### 2.4.1.2 Emboço

Emboço é a camada responsável por fazer o cobrimento e regularização da base, resultando em uma superfície propícia a receber mais uma camada do revestimento, seja ela o reboco ou algum tipo de revestimento decorativo. O emboço pode ser aplicado diretamente na base ou sobre o chapisco (ABNT NBR 13529, 1995).

#### 2.4.1.3 Reboco

Reboco é a camada responsável pelo cobrimento do emboço, tendo como função o recebimento de alguma peça decorativa ou até mesmo sendo caracterizado por acabamento (ABNT NBR 13529, 1995).

#### 2.4.1.4 Espessuras

Segundo a NBR 13749/2013, as espessuras de revestimento variam para ambiente interno e externo. Na tabela 2 podemos observar quais são as espessuras admitidas para revestimento em paredes e teto, interno e externo (ABNT, 1998).

Tabela 2 - Espessuras de revestimento interno e externo segundo NBR 13749/2013

	<b>Dimensões em milímetros</b>
<b>Revestimento</b>	<b>Espessura</b>
<b>Parede interna</b>	$5 \leq e \leq 20$
<b>Parede externa</b>	$20 \leq e \leq 30$
<b>Tetos interno e externo</b>	$e \leq 20$

Fonte – ABNT (2013)

#### 2.4.2 Materiais Constituintes

Devido à falta de normas ou regras para a especificação dos materiais, se torna indispensável o estudo dos materiais constituintes dos revestimentos de argamassa, que na maioria das vezes, são classificados a partir de parâmetros obtidos através de experiências isoladas (BAUER, 2005).

##### 2.4.2.1 Cimento Portland

O cimento Portland tem como característica principal auxiliar na resistência mecânica das argamassas, pois possui natureza aglomerante que se desenvolve através da reação com a água. Outras características importantes do cimento Portland, em função do tamanho muito pequeno de suas partículas, é a contribuição na retenção de água e o aumento da plasticidade da argamassa. Ao inserir cimento Portland na mistura aumentamos retração, porém também obtemos maior aderência a superfície de contato da argamassa (ABCP, 2014).

#### 2.4.2.2 Cal Hidratada

Diferente de uma argamassa composta apenas de cal e areia, onde a mesma tem função aglomerante, nas argamassas com cimento Portland a cal tem funções diferentes como: auxiliar na trabalhabilidade da mistura, capacidade de absorver deformações e auxiliar a retenção de água (ABCP, 2014).

Segundo BAUER (2005), obtém-se bons resultados ao utilizar argamassas com cimento Portland e cal, pois neste caso o cimento produz características de aderência e o endurecimento inicial, bem como a cal é responsável pela trabalhabilidade e a extensão da aderência, em função da retenção de água.

#### 2.4.2.3 Água

A principal função da água é a sequência da mistura, fazendo com que as reações químicas aconteçam entre os outros elementos da argamassa, principalmente as reações que envolvem o cimento. Independentemente do tipo de argamassa, produzida em obra ou industrializada, deve ser pré-estabelecido um teor de água para que seja obtido o traço da argamassa (ABCP, 2014).

#### 2.4.2.4 Agregados

O agregado tem como características principais o auxílio em diversas propriedades do revestimento, tais como: retração de água, módulo de deformação, resistência mecânica. Para a avaliação e classificação dos tipos de agregados constituintes das argamassas utiliza-se principalmente o método da análise granulométrica. Este método pode ser realizado de várias formas, uma delas é através de peneiras de diversos tamanhos de malhas (BAUER, 2005).

Conforme mostra a tabela 3, o tamanho do agregado pode influenciar diretamente nas propriedades da argamassa, havendo excesso de finos na mistura o consumo de água aumenta, causando assim a diminuição da resistência mecânica e aumentando a retração (ABCP, 2014).

Tabela 3 - Características das granulometrias do agregado

Propriedade	Quanto mais fino	Quanto mais descontnua for a granulometria	Quanto maior o teor de grãos angulosos
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	-	Melhor
Retração na secagem	Aumenta	Aumenta	-
Porosidade	-	Aumenta	-
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistência mecânica	-	Pior	-
Impermeabilidade	Pior	Pior	-

Fonte – ABCP (2014)

#### 3.4.2.5 Aditivos

Os aditivos são materiais acrescentados na mistura com o objetivo de aumentar propriedades da argamassa, seja ela no seu estado fresco ou endurecido. Algumas das propriedades que mais se buscam melhorar com o uso de aditivos são: melhora na aderência ao substrato, diminuição na retração para não ocorrer fissuração, aumento no tempo de pega mantendo a plasticidade para melhorar a trabalhabilidade, entre outras (ABCP, 2014).

Tabela 4 – Características dos aditivos

Tipos de aditivos	
Redutores de água (plastificante)	São utilizados para melhorar a trabalhabilidade da argamassa sem alterar a quantidade de água.
Retentores de água	Reduzem a evaporação e a exsudação de água da argamassa fresca e conferem capacidade de retenção de água frente à sucção por bases absorventes.
Incorporador de ar	Formam microbolhas de ar, estáveis, homogeneamente distribuídas na argamassa, aumentando a trabalhabilidade e atuando a favor da permeabilidade.
Retardadores de pega	Retardam a hidratação do cimento, proporcionando um tempo maior de utilização.
Aumentadores da aderência	Proporcionam a aderência química ao substrato.
Hidrofugantes	Reduzem a absorção de água da argamassa, mas não a tornam impermeável e permitem a passagem de vapor d'água.

Fonte – ABCP (2014)

### 2.4.3 Características e propriedades da argamassa

Para que possa atender devidamente sua finalidade os revestimentos de argamassa devem compreender as características e propriedades de acordo com o meio no qual serão inseridos, devem ser levados em consideração diversos fatores, desde as condições de execução até o acabamento final do sistema (ABCP, 2014).

Figura 6 – Solicitações a que o revestimento está sujeito

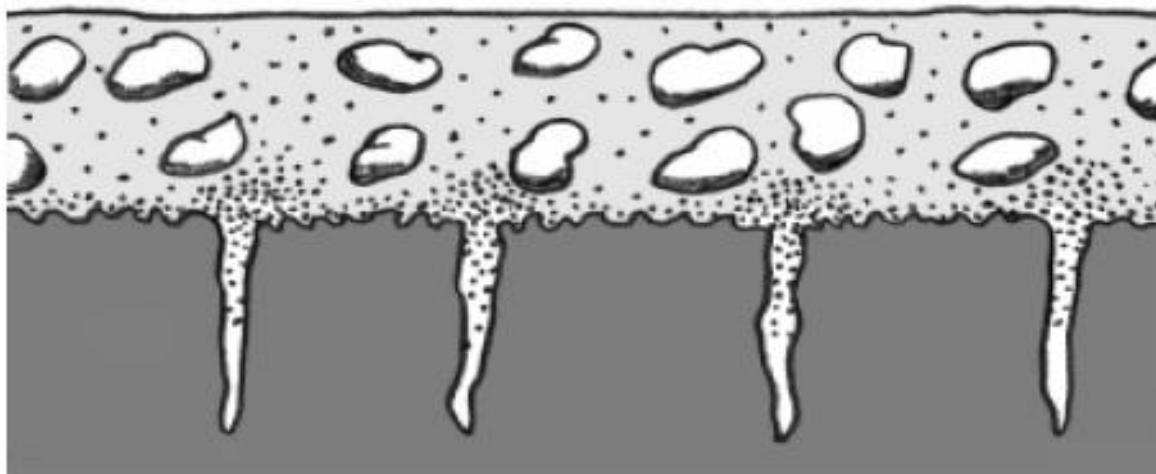


Fonte – ABCP (2014)

#### 2.4.3.1 Aderência

Aderência é a propriedade responsável pela ancoragem do revestimento com o substrato. Para que se obtenha uma boa aderência à base onde o revestimento é aplicado deve ser porosa e uniforme conforme figura 7 (ABNT NBR 15258/2005).

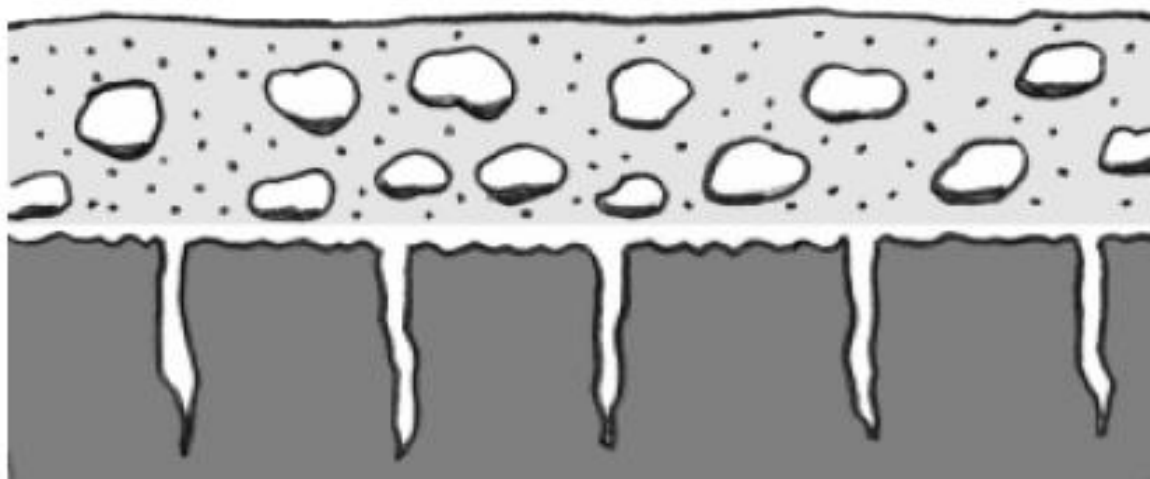
Figura 7 – Adesão adequada entre o revestimento e o substrato



Fonte – ABCP (2014)

A presença de grãos, fungos e outras sujeiras, mostradas na figura 8 são responsáveis pela dificuldade da aderência do revestimento, por isso deve ser executada uma limpeza da base antes da aplicação da argamassa para se obter uma boa aderência (ABCP, 2014).

Figura 8 – Adesão inadequada entre revestimento e o substrato devido à falta de limpeza no substrato



Fonte – ABCP (2014)

#### 2.4.3.2 Resistência Mecânica

Resistência mecânica é a propriedade responsável pela capacidade do revestimento de absorver aos esforços exigidos, sendo alguns deles: dilatação dos revestimentos causados pelas mudanças da temperatura externa, impactos externos e abrasão superficial (ABCP, 2014).

#### 2.4.3.3 Capacidade de absorver deformações

Caracteriza-se pela propriedade que o revestimento possui de captar tanto as deformações externas quanto as internas, sem causar fissuras e perder a aderência ao substrato (ABCP, 2014).

#### 2.4.3.4 Estanqueidade

Estanqueidade é a propriedade que o revestimento tem de proteger o substrato contra o intemperismo, isto se deve a vários fatores, sendo eles: espessura da camada, as características dos materiais empregados, técnica de execução e a natureza da superfície (ABCP, 2014).

#### 2.4.3.7 Durabilidade

A durabilidade é a propriedade responsável por manter a eficiência e o desempenho do revestimento ao longo do tempo, porém é importante citar que principalmente esta característica depende da qualidade da execução do sistema e da escolha dos materiais empregados (ABCP, 2014).

### **2.4.4 Ensaio de resistência de aderência a tração**

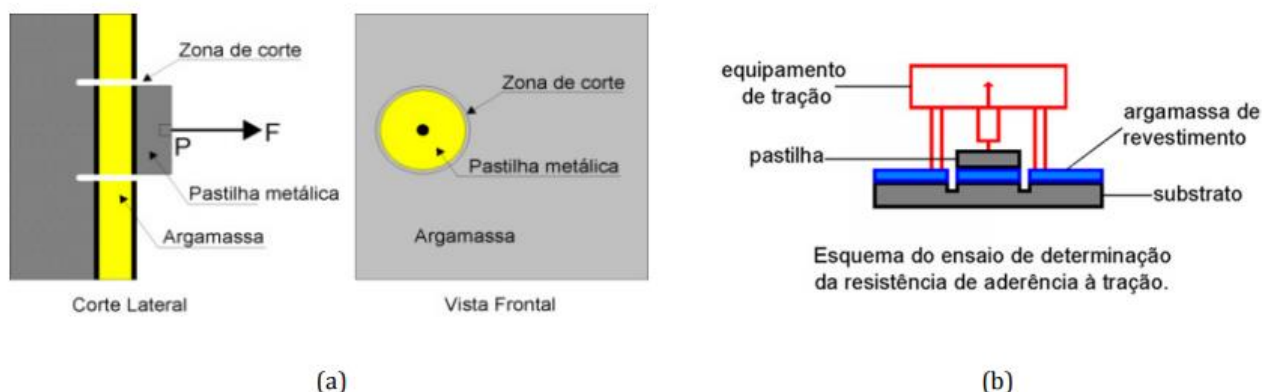
Para se realizar o ensaio de resistência de aderência a tração, determina-se valores mínimos para aderência em revestimentos em argamassa iguais e/ou superiores a 0,30 MPa, para áreas externas e valores superiores a 0,20 MPa para revestimentos internos (ABNT NBR 13749/2013).

O sistema é avaliado por completo considerando o substrato, chapisco e emboço, considera-se ideal quando a ruptura ocorrer na parte interna do emboço o

que indica que o sistema atende o especificado em norma, indicando que suas interfaces suportam as tensões, garantindo a boa aderência do revestimento, e sempre apresentar valores de resistência a partir dos determinados em norma. Por outro lado, caso sejam atendidos os valores de tensões em norma, não se pode afirmar que ao romper nas demais interfaces haja inconformidade tanto em execução quanto a qualidade dos materiais, atribuindo-se deste modo o valor a todo sistema. Logo se conclui que o revestimento superou a carga da ruptura. Da mesma forma, quando a ruptura ocorrer em mais de uma interface, parte no emboço e outra interface, os valores do ensaio serão atribuídos a resistência interna do emboço (ABNT NBR 13528/2010).

Para ensaios de revestimentos argamassados deve-se utilizar placas metálicas não deformáveis cilíndricas diâmetro de 5,0 cm, perfuração com serra copo de diâmetro de 53,00 mm, utilizando em cada corpo de prova, em correção do valor de área de superfície extraída corresponde a 16,61 cm<sup>2</sup>. No ensaio: para aderência das placas metálicas ao revestimento, orienta-se a utilização de cola de resina epóxi de alta resistência e cura rápida. O teste é executado através de um equipamento de tração acoplado de um tripé (Figura 9), devidamente calibrado e com certificado, instalado perpendicular à superfície dotado de manômetro para leitura da carga (ABNT NBR 13528/2010).

Figura 9 - a) Preparo dos corpos-de-prova para ensaio – seção circular; (b) Dispositivo de ensaio – equipamento mecânico de tração



Fonte – Adaptado ABNT NBR 13528 (2010)

Antes do ensaio são avaliados os trechos do revestimento para o realização do teste, percutindo com martelo de madeira/borracha identificando e excluindo pontos com som cavo os quais tem características de oco ou descolando, não sendo



possível avaliação do trecho. As cargas nulas (desprezadas no ensaio) ocorrem quando na instalação do equipamento a cola epóxi utilizada para o ensaio não suportou o peso da placa metálica ou outro agente externo prejudicou a aderência da cola epóxi como gordura/poeira por exemplo. Em planilha são identificados numeração dos corpos de prova, posição onde se encontra no revestimento do empreendimento, carga de ruptura, classificação do tipo de ruptura e profundidade de ruptura no interior do sistema (substrato, interfaces, emboço e revestimento) e data do ensaio. Após o ensaio, a coleta dos dados da planilha segue para tratamento, conversões, cálculo e considerações finais (ABNT NBR 13528/2010).

Segundo a NBR 13749/2013, é considerada a aprovação do sistema de revestimento pelo teste de aderência à tração quando dos 12 corpos de provas, ao menos 8 obtiverem valores iguais ou superiores especificados em norma. Para revestimentos externos em reboco a norma especifica resistência igual ou superior a 0,30Mpa, reboco interno: para revestimentos internos em reboco a norma especifica resistência igual ou superior a 0,20Mpa (ABNT, 2013).

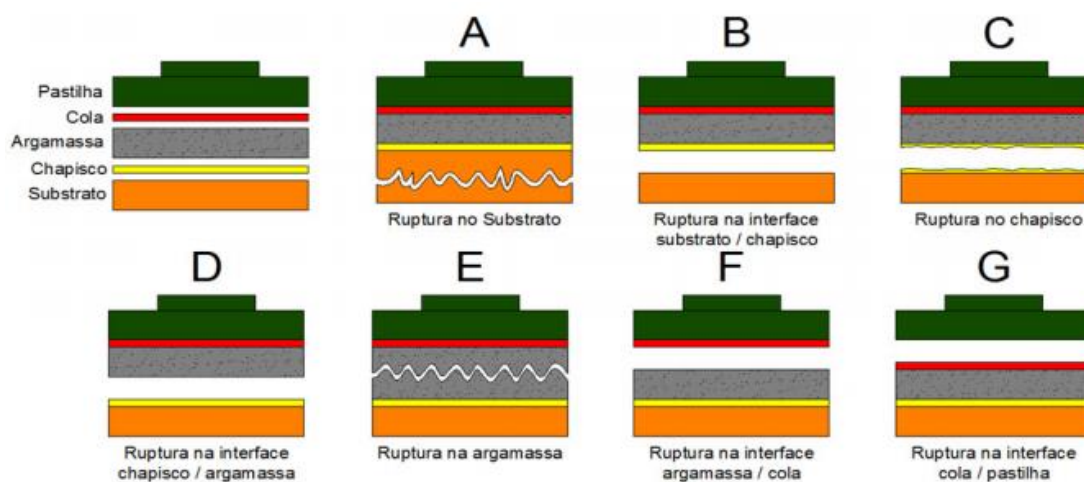
Tabela 5 - Valores de resistência a tração para revestimentos em MPa

<i>LOCAL</i>		<i>Acabamento (revestimento)</i>	<i>Ra(Mpa)</i>
<i>PAREDE</i>	<i>Interno</i>	<i>Pintura ou base para reboco</i>	$\geq 0,20$
		<i>Cerâmica ou laminado</i>	$\geq 0,30$
	<i>Externo</i>	<i>Pintura ou base para reboco</i>	$\geq 0,30$
		<i>Cerâmico</i>	$\geq 0,30$
<i>TETO</i>			$\geq 0,20$

Fonte – NBR 13749 (2013)

Segundo a NBR 13528/2010, deve-se observar os tipos de ruptura dos corpos de prova e fazer as anotações seguindo os modelos apresentados na Figura 10. Caso ocorra mais de uma forma de ruptura em um mesmo corpo de prova, deve-se anotar o percentual de cada forma de ruptura no seu respectivo modelo (ABNT, 2010).

Figura 10 - Formas típicas de ruptura ocorridas em ensaio de aderência à tração



Fonte – Adaptado NBR 13528 (2010)

## 2.5 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Ao definir o sistema de produção do revestimento, devem-se levar em conta alguns fatores como: transporte no canteiro de obras, espaço para armazenamento dos materiais, tempo de execução, qualidade dos materiais disponíveis, qualificação da mão de obra, entre outros (ABCP, 2014).

### 2.5.1 Argamassa preparada em Obra

Segundo a Norma ABNT NBR 13529 (1995), é definida por argamassa preparada em obra aquela que todo o preparo e dosagem são realizados no próprio canteiro e as medidas utilizadas são em volume.

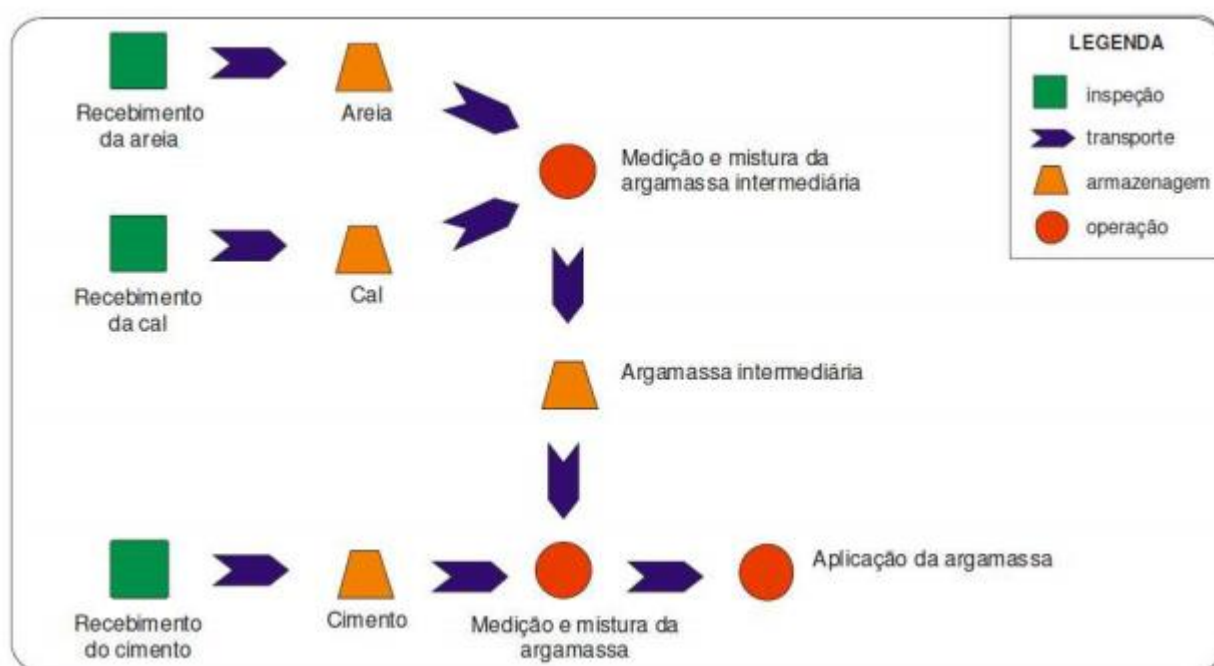
A argamassa produzida em obra é tratada como o sistema convencional. Para produzir a argamassa preparada em obra basta apenas misturar mecanicamente por um devido tempo os materiais definidos previamente no projeto, que deve definir os tipos de materiais e a quantidade de cada um (traço). Para obter um produto de qualidade, deve-se realizar o controle do processo de mistura da argamassa para que resulte um material homogêneo, bem como o controle da qualidade dos materiais utilizados na produção da mesma (ABCP, 2014).

Outro cuidado que se deve ter ao utilizar argamassa preparada em obra é quanto ao armazenamento dos materiais. Cal e cimento devem ser estocados em

lugar de fácil acesso e devem estar protegidos das intempéries. Para os agregados devem ser criados abrigos com piso feito de concreto magro e devem ser divididos conforme utilização do material (ABCP, 2014).

A figura 11 mostra como funciona o fluxograma da argamassa produzida em obra, desde o recebimento do material até a aplicação da argamassa (OLIVEIRA, 2006 apud HERMANN & ROCHA, 2013).

Figura 11 – Fluxograma dos processos para argamassa preparada em obra



Fonte – (Adaptado de OLIVEIRA, 2006 apud HERMANN & ROCHA, 2013).

Para obter qualidade e excelência no desempenho dos revestimentos de argamassa onde a mesma é preparada em obra, é indispensável que seja realizado um estudo prévio da dosagem dos materiais, para que possa ser definida qual a proporção de cada um dos itens de sua composição (RIBAS & JÚNIOR, 2007).

### 2.5.2 Argamassa industrializada

Segundo a Norma ABNT NBR 13529 (1995), é definida por argamassa industrializada aquela que recebe uma dosagem controlada dos materiais empregados (aglomerantes, agregados, aditivos e adições), em indústrias, onde o produto obtido é um material seco e homogêneo, restando ao usuário somente a adição de água em uma dosagem indicada para sua devida utilização.

Às argamassas industrializadas são atribuídas vantagens como: mais velocidade na execução, maior uniformidade no produto final, maior domínio dos insumos utilizados na produção e melhor eficiência do setor de produção. Para se obter estas propriedades são utilizados aditivos na composição destas argamassas como: aditivos plastificantes, retentores de água e incorporadores de ar (SILVA, 2007).

Ao inserir aditivos nas argamassas obtém-se vantagens e desvantagens, tendo como exemplo: ar no interior da argamassa, que produzem maior plasticidade. Porém a desvantagem é que o ar reduz o fator água/cimento do produto, em função da diminuição da quantidade de água necessária para a mistura, fazendo com que o produto final possa ficar com vazios diminuindo assim sua resistência (SILVA, 2007).

#### 2.5.2.1 Argamassa industrializada ensacadas

São chamadas assim por serem produzidas diretamente na indústria, tendo como característica o controle rigoroso dos materiais durante sua produção. As embalagens podem ser de plástico ou de papel Kraft (mesma embalagem do cimento) e seu preparo deve ser realizado apenas adicionando água e misturando (ABCP, 2014).

As argamassas ensacadas possuem uma grande vantagem na logística do canteiro de obras, pois podem ser armazenadas em pilhas sobre paletes como cimento e serem produzidas tanto num local específico da obra como uma central de argamassas. Assim, o preparo da argamassa pode ser realizado próximo ao local onde será aplicada, mas para isso deve haver ter misturadores à disposição no local (ABCP, 2014).

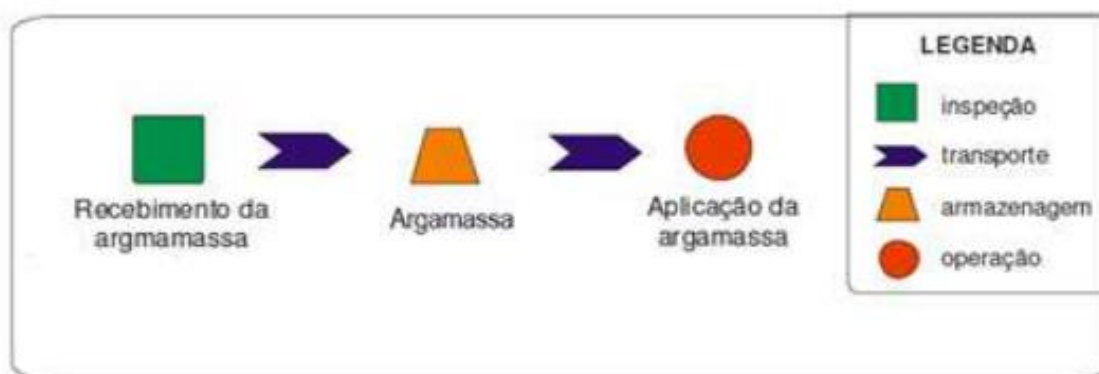
#### 2.5.2.2 Argamassa industrializada estabilizada

Fornecidas em caminhões betoneira, esta argamassa é produzida em centrais industriais e vai para o canteiro de obras pronta para o uso, no estado fresco. Assim como a ensacada possui um rigoroso controle dos materiais e do traço utilizado. Possui uma grande vantagem que é a não necessidade de espaço para estocagem de materiais, pois assim que chega na obra é diretamente utilizada. Porém ela tem validade relativamente curta até seu tempo de pega, chegando no máximo até 72 h,

isso faz com que seja necessário um planejamento rigoroso dos pedidos da obra, para que não falte material e pare a produção ou sobre muito material e seja desperdiçado (ABCP, 2014).

A figura 12 mostra como funciona o fluxograma da argamassa estabilizada, desde o recebimento do material até a aplicação da argamassa (OLIVEIRA, 2006 apud HERMANN & ROCHA, 2013).

Figura 12 – Fluxograma dos processos para argamassa estabilizada



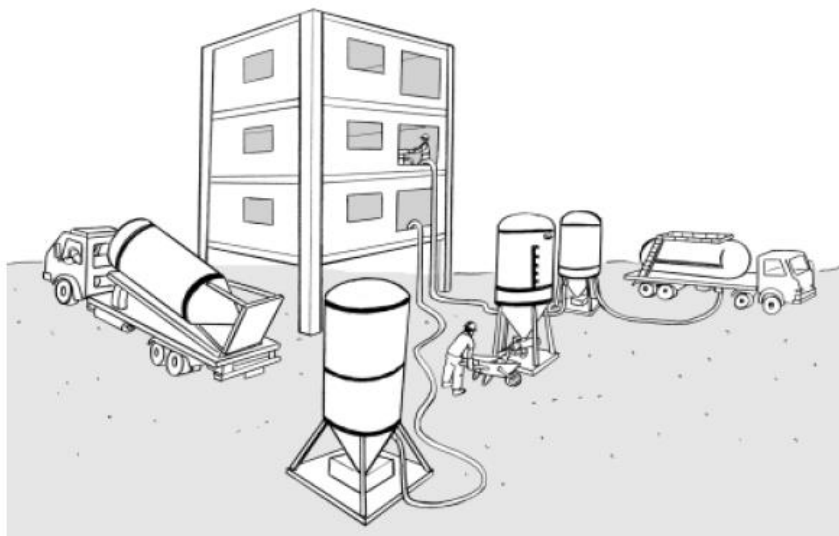
Fonte – (Adaptado de OLIVEIRA, 2006 apud HERMANN & ROCHA, 2013)

### 2.5.2.3 Argamassa industrializada em silos

São argamassas produzidas e misturadas a seco na indústria e levadas até a obra por caminhão. Ao chegar à obra, deve ser armazenada em silo no qual o caminhão bombeia a argamassa seca para dentro dele. O silo é equipado com um sistema de controle e adição de água, onde é realizada a mistura e o preparo da argamassa. Este sistema é considerado eficiente, pois a perda é mínima e seu espaço de armazenamento é pequeno. Ao silo também pode ser equipado um sistema de bombeamento da argamassa até o andar onde será utilizado (ABCP, 2014).

A figura 13 mostra um esquema de como funciona a logística de trabalho da argamassa em silo no canteiro de obras (ABCP, 2014).

Figura 13 – Sistema de argamassas em silo



Fonte – ABCP (2014)

## 2.6 ARGAMASSA PREPARADA EM OBRA X ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

Em virtude da grande variação na dosagem das argamassas, por volta dos anos 80, as argamassas industrializadas começaram a serem inseridas no ambiente da construção brasileiro, trazendo como seu maior benefício um traço mais homogêneo. É justificada sua utilização pelo fato de que o método tradicional, envolve um maior número de pessoas tanto na logística quanto na mão-de-obra, assim como também necessita de um maior espaço para o preparo e armazenamento dos materiais (MELLO; SOARES; COUTINHO, 2014).

As tabelas seguintes apresentam algumas diferenças referente a utilização dos diversos tipos de argamassa. A Tabela 6 apresenta as características referente a área para estocagem de materiais, a Tabela 7 características referente ao desperdício de materiais e a Tabela 8 características referente a gestão de estoque de insumos (ABCP, 2014).

Tabela 6 – Características dos sistemas: Área para estocagem de materiais

Produzida em canteiro	Ha necessidade de constante monitoramento dos estoques de maneira a não paralisar o fluxo de produção. Logística no recebimento de diferentes materiais
Produzida em central	Similar à administração de concretagem. As programações de entrega devem ser programadas, bem como as operações de descarga e aplicação
Ensacada	Por ser apenas um item a ser controlado, fica mais fácil de ser gerido do que os diversos itens que compõem a argamassa
Silos	Deve-se atentar para que não falte material nos silos, uma vez que a reposição não é imediata

Fonte – ABCP (2014)

Tabela 7 – Características dos sistemas: Desperdício dos materiais

Produzida em canteiro	Maior probabilidade de perdas diretas de material, seja na estocagem, no manuseio, no preparo ou no transporte
Produzida em central	Caso o planejamento e a utilização sejam corretos, ou seja, a quantidade pedida é efetivamente utilizada, o índice de perdas do material tende a ser baixo
Ensacada	Por não haver estoque de matérias-primas, a tendência é que haja pequena perda de materiais, até porque há eliminação de etapas de manuseio.
Silos	Pode-se avaliar que para os sistemas de silo com transporte em via seca, a perda praticamente inexistente, já que o material fica lacrado no silo e é misturado em seu local de aplicação. Já para a via úmida, pode haver maior perda no transporte.

Fonte – ABCP (2014)

Tabela 8 – Características dos sistemas: Gestão do estoque de insumos

Produzida em canteiro	Há necessidade de grande área em baias especialmente montadas para esta finalidade, sendo necessário separar os diversos insumos.
Produzida em central	Nenhum estoque é necessário
Ensacada	Há necessidade de apenas uma área para armazenamento dos sacos, ou já diretamente nos pavimentos de utilização
Silos	A área necessária é apenas a da projeção do silo (aproximadamente 9m <sup>2</sup> ). Com a utilização de diferentes traços de argamassa, são necessárias áreas para distintos silos

Fonte – ABCP (2014)

Ao analisar as tabelas anteriores pode-se afirmar que as argamassas industrializadas têm vantagem sobre a produzida em canteiro, no que diz respeito a estoque. O espaço necessário para argamassa produzida no canteiro é muito maior comparado as outras, o que aumenta a probabilidade de perdas de materiais (ABCP, 2014).



### **3. METODOLOGIA**

Neste capítulo será descrito o método utilizado para atingir os objetivos do trabalho. A estratégia de pesquisa escolhida para este trabalho foi o estudo de caso, comparando processo de revestimento de argamassa de duas obras localizadas na cidade Gramado, serra gaúcha. As obras analisadas são de empresas diferentes e utilizam argamassa produzida no canteiro e argamassa estabilizada.

#### **3.1 APRESENTAÇÃO DAS EMPRESAS E OBRAS ESTUDADAS**

##### **3.1.1 Empresa 01**

Situada na cidade de Gramado/RS a Empresa 01 exerce suas atividades no ramo da construção de edificações residenciais multifamiliares de médio e alto padrão. Sua área de atuação baseia-se somente na cidade de Gramado/RS, onde hoje encontra-se com duas obras em andamento, uma obra que será um hotel de alto padrão e a outra será a obra utilizada neste trabalho.

A Empresa 01 atua nas obras desde a fase do planejamento, concepção do projeto até o acompanhamento e fiscalização da execução, onde a mesma é realizada por uma empreiteira terceirizada.

##### **3.1.2 Obra 01**

A Obra 01 encontra-se no bairro Floresta na Cidade de Gramado/RS, em torno de 1400 m do bairro Centro. É uma edificação multifamiliar dividida em 05 pavimentos, sendo eles: Subsolo, Térreo, Tipo 01, Tipo 02 e Subtelhado. No Pavimento Subsolo encontram-se 22 vagas de garagem, os Pavimentos Térreo, Tipo 01 e Tipo 02 possuem 05 unidades de apartamentos com 02 dormitórios e 01 apartamento de 01 dormitório, e o Pavimento Subtelhado é composto por 04 unidades de apartamentos de 02 dormitórios, totalizando uma área construída de 1.646,51 m<sup>2</sup>, distribuídos em um terreno de 1.152,00 m<sup>2</sup>. A Figura 14 mostra uma perspectiva da Obra 01.

Figura 14 – Perspectiva Obra 01



Fonte – Empresa 01

A estrutura da edificação foi toda executada em concreto armado, e como alvenaria de vedação foram utilizados blocos de concreto celular autoclavado. Serão utilizados como revestimento de piso: porcelanato nas cozinhas, banheiros e salas de estar e piso laminado para os dormitórios. Os revestimentos argamassados serão chapisco produzido na obra e aplicado com projetor e emboço como massa única executada com argamassa convencional produzida *in loco*. A espessura do emboço interno prevista no projeto arquitetônica é de 20 mm e do emboço externo é de 30 mm.

A Obra 01 foi iniciada em novembro de 2016, tendo como sua previsão de entrega para abril de 2019. A análise da execução do emboço interno desta obra foi realizada em um período no mês de março de 2018. O local da obra onde foi realizado o estudo para este trabalho foi o Pavimento Subtelhado, sendo que o início do trabalho se fez juntamente com o início do revestimento argamassado deste pavimento.

A mão de obra civil da Obra 01 é realizada por uma única empreiteira, que é composta por 08 funcionários presentes nesta obra, sendo eles: 05 pedreiros, 02 serventes e 01 mestre de obra. A mesma é responsável por todas as ferramentas e equipamentos necessários para execução dos serviços, assim como betoneira, colher régua, pá, carrinho de mão, guincho, andaime, equipamentos de proteção individual (EPIs), etc. E os insumos é por conta da Incorporadora.

### **3.1.3 Empresa 02**

A empresa 02 também possui sede e atua somente na cidade de Gramado/RS, mas diferente da Empresa 01 está apenas com 01 obra em andamento na cidade, a mesma que foi utilizada neste presente trabalho. A atuação da Empresa 02 nas obras é idêntica a Empresa 01, possuindo apenas um setor de engenharia responsável pela fiscalização e acompanhamento da obra.

### **3.1.4 Obra 02**

Também situada no bairro Floresta da cidade de Gramado/RS, a Obra 02 fica a poucos metros da Obra 01. Consiste numa edificação multifamiliar dividida em 06 pavimentos, sendo eles: subsolo, térreo, tipo 01, tipo 02, tipo 03 e subtelhado. No Subsolo encontram-se 27 vagas de garagem, o pavimento térreo possui 05 apartamentos com 02 dormitórios e 01 apartamento de 01 dormitório, os três pavimentos tipo possuem 06 apartamentos com 02 dormitórios e no pavimento subtelhado encontram-se 03 apartamentos com 02 dormitórios, totalizando 27 unidades de apartamentos e uma área total de 2.758,21 m<sup>2</sup>, distribuídos em um terreno com 1.197,75 m<sup>2</sup>. A Figura 15 mostra uma perspectiva da obra.

Figura 15 – Perspectiva da Obra 02



Fonte – Empresa 02

A estrutura da edificação foi toda executada em concreto armado, e como alvenaria de vedação foram utilizados blocos de concreto celular autoclavado. Serão utilizados como revestimento de piso: porcelanato nas cozinhas, banheiros e salas de estar e piso laminado para os dormitórios. Os revestimentos argamassados serão chapisco industrializado aplicado com rolo de textura e emboço como massa única executada com argamassa estabilizada fornecido diretamente da cimenteira. A espessura do emboço interno prevista no projeto arquitetônica é de 20 mm e do emboço externo é de 30 mm.

A Obra 02 teve seu início em janeiro de 2017 tendo como previsão de entrega dezembro de 2019. A análise dos revestimentos argamassados da Obra 02 foi realizado no período de abril/2018. O início do acompanhamento na Obra 02 coincidiu com o início do emboço interno da mesma, por esse motivo a análise será feita no Pavimento Térreo seguindo o cronograma proposto pela Empresa 02.

A mão de obra da Obra 02 também é por uma empreiteira terceirizada, onde a mesma possui um quadro de 10 funcionários, sendo eles: 01 mestre de obras, 03 carpinteiros, 03 pedreiros e 03 serventes. Idêntico a Obra 01 a empreiteira é responsável por todas as ferramentas e equipamentos necessários para execução dos serviços, assim como: betoneira, colher régua, pá, carrinho de mão, guincho, andaime, EPI's, etc. (os insumos são por conta da Incorporadora).

## 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Ao realizar a pesquisa, foram coletados os dados das duas obras e posteriormente analisados pelo pesquisador, sendo identificadas as informações importantes para este trabalho de conclusão.

Como trata-se de um estudo comparativo de duas obras, a pesquisa foi dividida em 04 etapas, sendo a primeira etapa uma análise dos canteiros e logística das obras, a segunda etapa trata-se da análise do número de operários, da quantidade de horas trabalhadas, volume de argamassa e área de revestimento executado, a terceira etapa trata-se dos indicadores de produtividade, consumo de materiais e perdas, e a última etapa trata-se do ensaio de resistência de aderência a tração.

### **3.2.1 Etapa 01: Análise dos canteiros e logística da argamassa**

Para realização desta etapa, foram realizadas três visitas ao canteiro de obras da Obra 01 e duas visitas a Obra 02, que foram realizadas nos dias 14, 15 e 16 de março de 2018 (Obra 01) e 27 e 28 de março de 2018 (Obra 02), para análise do layout e da logística do canteiro de obras. Ambas as visitas foram acompanhadas pelo mestre de obras que apresentou ao pesquisador todos os setores da obra. São destacados para esta pesquisa: o local de estocagem dos materiais, os locais de produção ou estocagem da argamassa e o local onde estava sendo executado o revestimento argamassado.

A logística do canteiro foi apresentada também pelo mestre de obras, onde o mesmo informou como funciona os pedidos dos materiais, bem como a sua entrega e a descarga no local indicado.

Após obtidas informações, avaliou-se os prazos de recebimento, a estocagem e o controle dos materiais no canteiro, bem como a produção de argamassa e seu transporte até o local onde ela será aplicada.

### **3.2.2 Etapa 02: Produtividade da mão de obra e consumo de materiais**

Para realização da etapa 02, foi realizado um acompanhamento da execução do revestimento durante o período de 05 dias (01 semana) de trabalho para cada

obra, de segunda a sexta-feira. Em cada obra o levantamento foi realizado em um período diferente em função do cronograma das mesmas.

### 3.2.2.1 Etapa 02 – Obra 01

O acompanhamento da Obra 01 foi realizado através de visitas que aconteceram durante o dia inteiro de trabalho, onde o pesquisador inicialmente se reuniu com o mestre de obra e obteve as informações referente ao número de equipes e operários que iriam trabalhar durante o dia no revestimento e após a reunião com auxílio da tabela 9 foi realizado o controle destas informações.

Tabela 9 – Modelo de Ficha de Controle de Produtividade da Obra 01

<b>OBRA:</b>		<b>01</b>			
<b>EQUIPE N°:</b>					
<b>Data</b>	<b>N° Operários</b>	<b>Horas Trabalhadas</b>	<b>Argamassa (m³)</b>	<b>Betonadas</b>	<b>Revestimento (m²)</b>

Fonte – Autor

Para estabelecer o volume de argamassa produzido pela Obra 01, foi confeccionada uma caixa de madeira de medidas 1mx1mx1m (largura x comprimento x altura) e foram produzidas 05 betonadas de argamassa.

Ao produzir cada betonada foi obtido o volume de argamassa produzido utilizando a caixa de madeira e medindo as alturas de cada amostra. Após obter os volumes das 05 amostras foi calculado a média de volume de argamassa. Os valores são apresentados na tabela 10 a seguir:

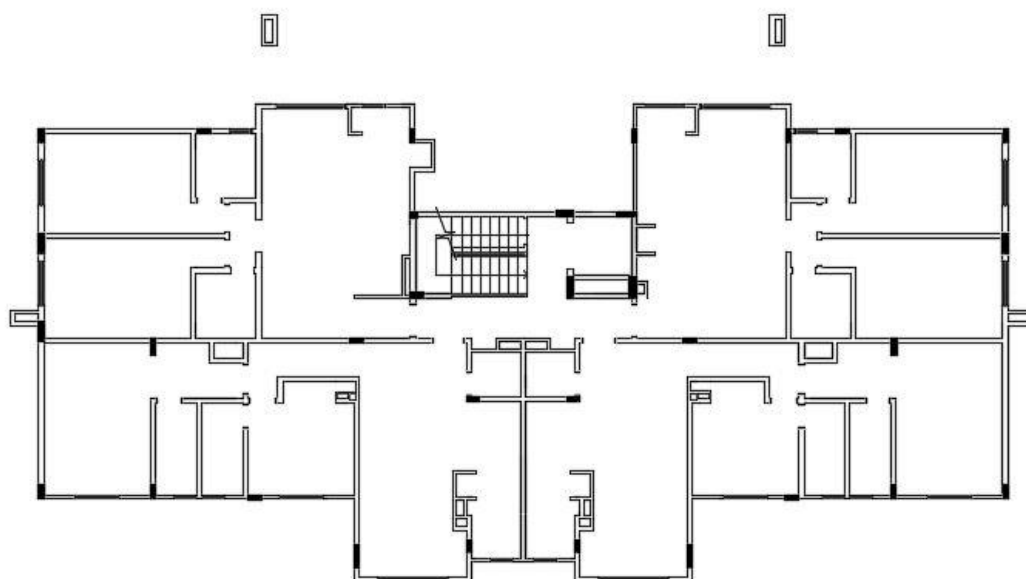
Tabela 10 – Volumes obtidos em cada betonada

<b>Amostra:</b>	<b>Volume medido (m<sup>3</sup>):</b>
1	0,1785
2	0,1605
3	0,1729
4	0,1646
5	0,1852
<b>Média</b>	<b>0,1723</b>

Fonte – Autor

Para obtenção de dados referentes à produtividade foi realizado um acompanhamento da produção do revestimento durante 05 dias de trabalho, de segunda a sexta-feira. Os dados foram obtidos através de medição, que acontecia sempre ao final do dia. Para auxiliar na medição, foi utilizada uma trena a laser e a planta do pavimento subtelhado impressa, conforme figura 16.

Figura 16 – Planta baixa pavimento subtelhado Obra 01



Fonte: Autor

### 3.2.2.2 Etapa 02 – Obra 02

O acompanhamento da Obra 02 foi realizado através de visitas que aconteceram durante o dia inteiro de trabalho, onde o pesquisador inicialmente se

reuniu com o mestre de obra e obteve as informações referente ao número de equipes e operários que iriam trabalhar durante o dia no revestimento e o volume de argamassa estabilizada solicitado. Após a reunião, com auxílio da tabela 11 foi realizado o controle destas informações.

Tabela 11 – Modelo de Ficha de Controle de Produtividade da Obra 02

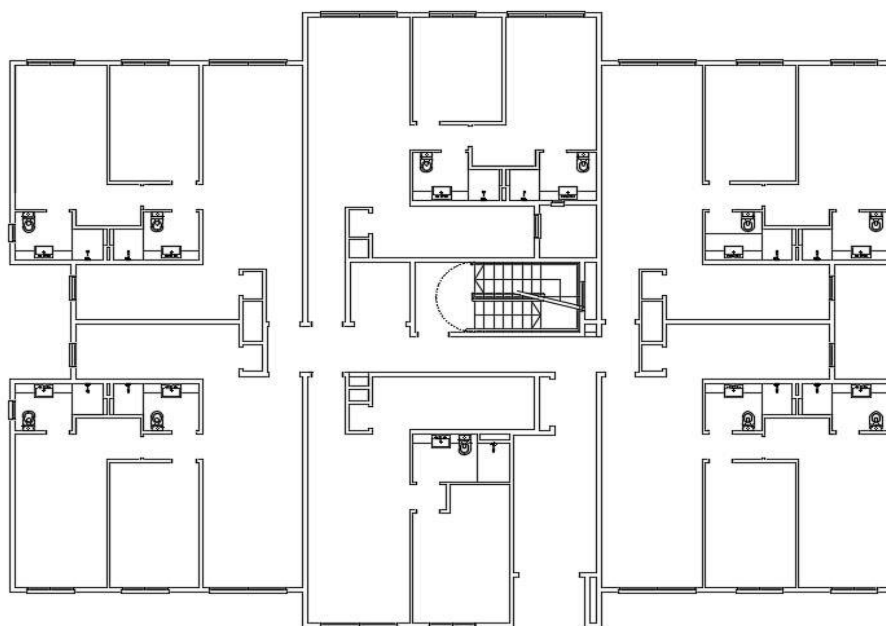
OBRA:		02		
EQUIPE N°:				
Data	N° Pedreiros	Horas Trabalhadas	Argamassa (m <sup>3</sup> )	Revestimento (m <sup>2</sup> )

Fonte –Autor

Os dados referentes à quantidade de revestimento produzida foram obtidos através de medição, que acontecia sempre ao final do dia. Para auxiliar na medição, foi utilizada uma trena a laser e a planta do Pavimento Térreo impressa, conforme figura 17.



Figura 17 – Planta Baixa Pavimento Térreo Obra 02



Fonte – Autor

### 3.2.3 Etapa 03: Indicadores

Após o levantamento dos dados realizado na etapa 02, foi possível realizar uma análise e fazer um comparativo dos dois sistemas, identificando a produtividade de cada obra, o consumo de argamassa e o tempo de execução para cada processo.

Foram obtidos três indicadores nesse levantamento, com isso foi possível realizar a comparação entre os sistemas. Os indicadores foram:

- Indicador 01: Hora homem por metro quadrado ( $hh/m^2$ ). Este indicador é obtido realizando a divisão do número de horas trabalhadas pela área de revestimento produzida, ao fazer este indicador é possível obter a produtividade dos operários;
- Indicador 02: Metros cúbicos por metro quadrado ( $m^3/m^2$ ). Este indicador é obtido realizando a divisão do volume de argamassa produzido (no caso da argamassa convencional ou do volume entregue no caso da argamassa estabilizada) pela área de revestimento

produzida, ao fazer este indicador é possível obter o consumo de argamassa para execução de um metro quadrado de emboço;

- Indicador 03: Perdas (%). Este indicador é obtido realizando a divisão do volume de argamassa necessária (que é obtida pela multiplicação da área de revestimento produzida pela espessura exigida em projeto, que nos casos das duas obras era igual a dois centímetros) pelo volume de argamassa consumido multiplicado por cem, ao fazer este indicador é possível obter qual o percentual de perdas em cada sistema;

### **3.2.4 Etapa 04: Ensaio de resistência de aderência à tração**

A etapa 04 trata-se do ensaio de resistência de aderência à tração da argamassa, segundo o método prescrito na norma NBR 13528/2010.

Os testes de resistência de aderência à tração foram executados na quarta-feira dia 11 de abril de 2018, no turno da manhã em dia ensolarado.

Devido à maior exigência da Norma para revestimentos externos, e nas duas obras os revestimentos externos serem executados com os mesmos materiais dos revestimentos internos, o ensaio de resistência de aderência a tração foi realizado no revestimento de paredes externas das duas obras.

Para o teste de resistência de aderência à tração, seguindo as orientações da NBR 13528/2010 foi delimitado uma fração de parede de 01 metro quadrado para a coleta de 12 amostras. O emboço já havia sido previamente executado há pelo menos 28 dias conforme orienta a norma.

Para aplicação das pastilhas foram realizados cortes com serra copo no diâmetro de 50mm, depois foi realizado uma limpeza na base utilizando um pincel e posteriormente aplicado a cola epóxi bi componente de secagem rápida e inserido as amostras (Figuras 18 e 19).

Figura 18 – Corpos de prova Obra 01



Fonte – Autor

Figura 19 – Corpos de prova Obra 02



Fonte – Autor

Após o período de secagem da cola nas pastilhas foram acopladas nas pastilhas o equipamento de tração do tipo digital da marca Solotest 002. A taxa de carregamento empregada foi de aproximadamente 50 N/s, conforme figuras 20 e 21.

Figura 20 – Ensaio de tração Obra 01



Fonte – Autor

Figura 21 – Ensaio de tração Obra 02



Fonte – Autor

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 APRESENTAÇÃO DOS CANTEIROS E LOGÍSTICA DAS OBRAS

#### 4.1.1 Estocagem dos materiais da Obra 01

Na Obra 01 o controle e a estocagem dos materiais são responsabilidade do empreiteiro, o pedido dos materiais não tem dia específico e não segue um sistema formalizado. É realizado conforme necessidade e através de contato telefônico com o setor de compras da obra. Ao receber o pedido do empreiteiro o setor imediatamente realiza a compra dos materiais.

Abaixo estão listados os prazos de entrega de cada material utilizado no revestimento argamassado:

- **Cimento** – A compra é realizada diretamente da indústria produtora, a qual fica em outra cidade e por isso é comprado uma quantidade grande do produto, em torno de 160 sacos de 50 kg. O prazo de entrega é em torno de 04 dias úteis. Ao chegar na obra, a descarga é realizada pelos funcionários da empreiteira pelo portão lateral da obra que fornece acesso ao subsolo, onde os sacos de cimento são armazenados sobre paletes de madeira próximo a central de argamassa (Figura 22).

Figura 22 – Armazenagem de cimento da Obra 1



Fonte - Autor

- **Cal Hidratada** – A compra da Cal Hidratada é realizada de um atacado de distribuição também localizado em outra cidade e a quantidade comprada é em torno de 100 sacos de 25 kg. O prazo de entrega é em torno de 03 dias úteis. A descarga e o armazenamento são realizados idêntico ao cimento (Figura 23).

Figura 23 – Armazenagem de cal da Obra



Fonte - Autor

- **Areia** – A areia da Obra 1 é comprada de um fornecedor local, o qual realiza a entrega do produto no mesmo dia do pedido. A quantidade comprada é sempre 06 m<sup>3</sup> em função do tamanho do caminhão que faz o transporte, sendo possível a compra de quantidade menor quando necessário. A descarga da areia é realizada pelo caminhão diretamente na central de argamassa, o local de armazenamento não possui delimitação e nem proteção às intempéries, dificultando a realização da conferência da quantidade do material entregue (Figura 24).

Figura 24 – Armazenagem de areia da Obra 1



Fonte – Autor

#### 4.1.2 Logística da argamassa – Obra 01

A argamassa da Obra 01 é produzida na central de argamassa do canteiro que está localizada no pavimento Subsolo, onde encontram-se duas betoneiras de 400 litros.

O traço definido para o emboço da obra 01 é 1:2:9 sendo uma parte de cimento, duas partes de cal e nove partes de areia média.

Após ser produzida e utilizando um carrinho de mão, a argamassa é levada até o poço do elevador onde está localizado o sistema de elevação de cargas da obra. Para o deslocamento de uma betonada são necessárias 06 viagens de carrinho de mão. A Figura 25 mostra o momento em que o servente faz a retirada da argamassa da betoneira.

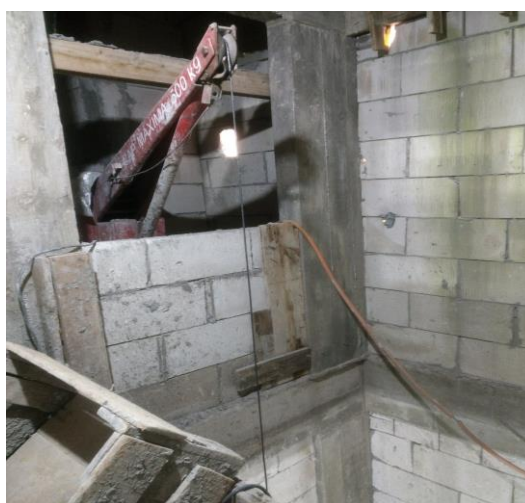
Figura 25 – Central de argamassa Obra 1



Fonte - Autor

Para elevação do material para os outros pavimentos é utilizada uma mini grua (Figura 26) com cabo de aço e um balde metálico. Para utilização deste sistema são necessários no mínimo, dois operários para realizar o deslocamento do material, sendo um deles no Subsolo para inserir o material no balde e outro no pavimento onde será utilizada a argamassa.

Figura 26 - Sistema de elevação de cargas da Obra 01



Fonte – Autor



Ao receber a argamassa no pavimento o operário despeja o material inserido no balde em um segundo carrinho de mão e após feito isso leva a argamassa até o local onde será aplicada. Próximo ao local de aplicação, encontra-se uma caixa feita de madeira onde a argamassa fica depositada até sua utilização, conforme mostra a Figura 27.

Figura 27 – Caixa de armazenamento de argamassa



Fonte – Autor

#### **4.1.3 Logística e Canteiro de Obras – Obra 02**

Na obra 02 é realizada uma reunião semanal onde participam todos os responsáveis da obra, sendo eles: engenheiro, mestre de obras e o estagiário. Nesta reunião é repassado o cronograma da obra e é realizado PCP (Plano de Curto Prazo), onde são descritas todas as atividades da semana que serão executadas na obra.

Ao elaborar o PCP são verificados os materiais necessários para cada serviço previsto e posteriormente é conferido o estoque. Caso necessário, é elaborada uma lista de necessidades de compra, onde a mesma é assinada pelo mestre de obras e conferida pelo engenheiro. Assim que conferida, a lista é passada ao estagiário para que seja efetuada a devida compra (Figura 28).

Para os serviços que utilizam argamassa estabilizada, é solicitada uma quantidade estimada que será usada durante a semana e realizado um acompanhamento diário pelo estagiário e o mestre de obras para que não seja feito pedido sem que haja a necessidade evitando assim o desperdício.

Figura 28 – Pedido de materiais realizado semanalmente

COMUNICAÇÃO INTERNA Nº 000150

OBRA: 10 metros de Massa DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

20kg de grampo para cerco.  
5 telas de viveiro

Responsável Obra \_\_\_\_\_ Responsável Index \_\_\_\_\_

Fonte – Autor

Na Obra 02, por ser utilizada argamassa estabilizada, não houve a necessidade de criar uma central de argamassas.

A argamassa estabilizada utilizada na Obra 02 é de um fornecedor da mesma cidade e tem validade de 36 h. Por isto a solicitação de entrega é sempre realizada no dia anterior para que a entrega seja feita no início da manhã do dia seguinte.

Os pedidos de argamassa são realizados em m<sup>3</sup> (metro cúbico), ao chegar na obra a argamassa é armazenada em reservatórios de fibra de 01 m<sup>3</sup> sendo mais fácil a conferência do pedido. Conforme mostra Figura 29, estes reservatórios ficam depositados na entrada da obra ao lado do portão, pois há a necessidade do acesso do caminhão betoneira para a descarga do produto.

Figura 29 – Entrega da argamassa estabilizada



Fonte – Autor

Ao iniciar o processo de descarga da argamassa, o servente encarregado para o recebimento da mesma foi orientado para fazer a conferência da mesma. Com o auxílio de uma pá, ele faz o nivelamento da argamassa até o topo do reservatório, controlando a quantidade entregue (Figura 30).

Figura 30 – Conferência da quantidade de argamassa entregue



Fonte – Autor

Após a descarga do caminhão betoneira, o reservatório é coberto com uma lona, para que a argamassa fique protegida da chuva e de possíveis sujeiras que possam cair sobre ela, pois há varias árvores grandes no entorno do canteiro de obras.

A coleta da argamassa é realizada pelo servente diretamente dos reservatórios para um carrinho de mão que é levado diretamente aos pedreiros no local onde a argamassa será aplicada. Além de abastecer os pedreiros com argamassa, este servente é responsável pela limpeza e organização da obra.

## 4.2 ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

### 4.2.1 Produtividade Obra 01

Os dados referentes à produção da Obra 01 foram coletados a partir do dia 19 até o dia 23 de março de 2018. O sistema de chapisco definido para Obra 01 foi

chapisco projetado produzido *in loco* e antes de iniciar a execução do emboço é realizado uma conferência da execução do mesmo (Figura 31).

Figura 31 – Conferência do substrato após a execução do chapisco



Fonte – Autor

Após a conferência do substrato chapiscado, conforme mostra a Figura 32, são executadas as taliscas e posteriormente as mestras para dar apoio a régua de alumínio no momento do sarrafeamento do emboço.

Figura 32 – Execução das mestras do emboço



Fonte – Autor

Estando de acordo os serviços anteriores, inicia-se a execução do emboço. Na Obra 01 foram analisados os dados de duas equipes de operários, sendo elas identificadas neste trabalho por: Equipe 01, composta por 03 operários e Equipe 02, composta por 02 operários. A Figura 33, mostra a execução do emboço.

Figura 33 – Execução do emboço no substrato previamente chapiscado



Fonte – Autor

As tabelas 12 e 13 apresentam os dados obtidos pelas equipes 01 e 02 respectivamente, referente à produção de revestimento utilizando argamassa convencional da Obra 01.

Tabela 12 – Tabela de medição equipe 01 (Obra 01)

<b>OBRA:</b>		<b>01</b>			
<b>EQUIPE N°:</b>		<b>01</b>			
<b>Data</b>	<b>N° Pedreiros</b>	<b>Horas Trabalhadas</b>	<b>Argamassa (m³)</b>	<b>Betonadas</b>	<b>Revestimento (m²)</b>
19/03	03	24,00	1,0338	06	38,95
20/03	03	24,00	1,3784	08	46,70
21/03	03	24,00	1,3784	08	50,30
22/03	03	24,00	1,3784	08	47,90
23/03	03	24,00	1,0338	06	40,40

Fonte – Autor

Tabela 13 – Tabela de medição equipe 02 (Obra 02)

OBRA:		01			
EQUIPE N°:		02			
Data	N° Pedreiros	Horas Trabalhadas	Argamassa (m <sup>3</sup> )	Betonadas	Revestimento (m <sup>2</sup> )
19/03	02	16,00	0,6892	04	23,85
20/03	02	16,00	0,6892	04	25,90
21/03	02	16,00	0,6892	04	21,10
22/03	02	16,00	0,6892	04	22,40
23/03	02	16,00	0,6892	04	21,75

Fonte – Autor

Os dados levantados foram referentes à quantia de horas trabalhadas por cada operário, quantia de emboço produzida em metros quadrados e a quantia de argamassa produzida medida em betonadas e, em seguida, convertida para metros cúbicos.

O processo de coleta dos dados para a Obra 01 durou 05 dias. Considerando os 05 pedreiros, neste período foram considerados um total de 200 horas trabalhadas, 339,25 m<sup>2</sup> de emboço executados e 74 betonadas produzidas, com média de 0,1723 m<sup>3</sup> cada uma, totalizando 9,6488 m<sup>3</sup> de argamassa.

#### 4.2.2 Produtividade Obra 02

A coleta dos dados de produção da Obra 02 foi realizada diariamente, a partir do dia 30 de abril até o dia 04 de maio de 2018, no pavimento térreo.

O sistema de chapisco definido para Obra 02 foi chapisco rolado ensacado e antes de iniciar a execução do emboço é realizado uma conferência da execução do mesmo.

Figura 34 – Conferência do substrato após a execução do chapisco rolado



Fonte - Autor

Após a conferência do chapisco, no dia 30 de abril, data do início dos revestimentos argamassados da Obra 02 iniciou-se a coleta dos dados. Primeiramente foram executadas as mestras para facilitar o sarrafeamento do reboco.

Figura 35 – Conferência das mestras do emboço



Fonte - Autor



Foram analisados os dados de 05 operários, sendo eles 04 pedreiros e 01 servente. Os operários foram divididos em 02 equipes formadas por 02 pedreiros cada. Por não haver a necessidade de produzir a argamassa, foi necessário somente 01 servente para fazer a coleta da argamassa nos reservatórios e abastecer as 02 equipes.

As tabelas 14 e 15 apresentam os dados obtidos pelas equipes 01 e 02 respectivamente, referente a produção de revestimento utilizando argamassa estabilizada da Obra 02.

Tabela 14 – Tabela de medição equipe 01 (Obra 02)

<b>OBRA:</b>		<b>02</b>		
<b>EQUIPE N°:</b>		<b>01</b>		
<b>Data</b>	<b>N° Pedreiros</b>	<b>Horas Trabalhadas</b>	<b>Argamassa (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Revestimento (m<sup>2</sup>)</b>
30/04	02	16,00	01	36,20
01/05	02	16,00	01	35,80
02/05	02	16,00	01	39,60
03/05	02	16,00	01	37,10
04/05	02	16,00	01	35,30

Fonte – Autor

Tabela 15 – Tabela de medição equipe 02 (Obra 02)

<b>OBRA:</b>		<b>02</b>		
<b>EQUIPE N°:</b>		<b>02</b>		
<b>Data</b>	<b>N° Pedreiros</b>	<b>Horas Trabalhadas</b>	<b>Argamassa (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Revestimento (m<sup>2</sup>)</b>
30/04	02	16,00	01	45,50
01/05	02	16,00	01	46,80
02/05	02	16,00	01	37,05
03/05	02	16,00	01	39,20
04/05	02	16,00	01	40,80

Fonte – Autor

Os dados levantados foram referentes à quantia de horas trabalhadas por cada operário, quantia de revestimento produzida em metros quadrados e a quantia de argamassa utilizada em metros cúbicos.

O processo de coleta dos dados para a Obra 02 durou 05 dias. Considerando os 04 pedreiros, neste período foram considerados um total de 160 horas trabalhadas, 393,35 m<sup>2</sup> de emboço executados e 10 metros cúbicos de argamassa estabilizada utilizados.

#### 4.3 INDICADORES

Através da análise dos dados obtidos referente à quantia de horas trabalhadas, número de pedreiros, quantia de argamassa produzida e quantia de revestimento executado, foi possível elaborar três indicadores para comparar as duas obras, conforme mostram as Tabelas 16 e 17 a seguir.

Tabela 16 – Análise de dados da Obra 01 (Argamassa Convencional)

OBRA:		01						
REVESTIMENTO :		ARGAMASSA CONVENCIONAL						
Data	Nº Pedreiros	Horas Trabalhadas	m <sup>3</sup> (Consumido)	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> (Necessário)	hh/m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Perdas (%) <sup>3</sup>
19/03	05	40,00	1,723	62,80	1,25	0,64	0,027	27,45
20/03	05	40,00	2,0676	72,60	1,452	0,55	0,028	29,77
21/03	05	40,00	2,0676	71,40	1,428	0,56	0,029	30,93
22/03	05	40,00	2,0676	70,30	1,406	0,57	0,029	32,00
23/03	05	40,00	1,723	62,15	1,243	0,64	0,028	27,86
<b>TOTAL:</b>		200,00	9,6488	339,25	6,785	<b>0,59</b>	<b>0,028</b>	<b>29,68</b>

Fonte – Autor

Tabela 17 – Análise de dados da Obra 02 (Argamassa Estabilizada)

OBRA:		02						
REVESTIMENTO :		ARGAMASSA ESTABILIZADA						
Data	Nº Pedreiros	Horas Trabalhadas	m <sup>3</sup> (Consumido)	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> (Necessário)	hh/m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Perdas (%)
30/04	04	32,00	2,00	81,70	1,634	0,39	0,024	18,30
01/05	04	32,00	2,00	82,60	1,652	0,39	0,024	17,40
02/05	04	32,00	2,00	76,65	1,533	0,42	0,026	23,35
03/05	04	32,00	2,00	76,30	1,526	0,42	0,026	23,70
04/05	04	32,00	2,00	76,10	1,522	0,42	0,026	23,90
<b>TOTAL:</b>		160,00	10,00	393,35	7,867	<b>0,41</b>	<b>0,025</b>	<b>21,33</b>

Fonte – Autor

Após realizar a análise dos dados das duas obras, pode se observar no indicador 01 que se refere à produtividade dos operários, uma taxa 44% maior na produtividade dos operários que executaram o emboço utilizando argamassa estabilizada foram obtidos 0,59 horas homem por metro quadrado no emboço com argamassa convencional contra 0,41 horas homem por metro quadrado no emboço com argamassa estabilizada.

Sendo assim, observa-se que na Obra 01 que utilizou argamassa convencional, em uma hora de trabalho são executados 1,69 metros quadrados de emboço e na Obra 02 a qual foi utilizado argamassa estabilizada, são executados 2,44 metros quadrados de emboço para mesma hora de trabalho.

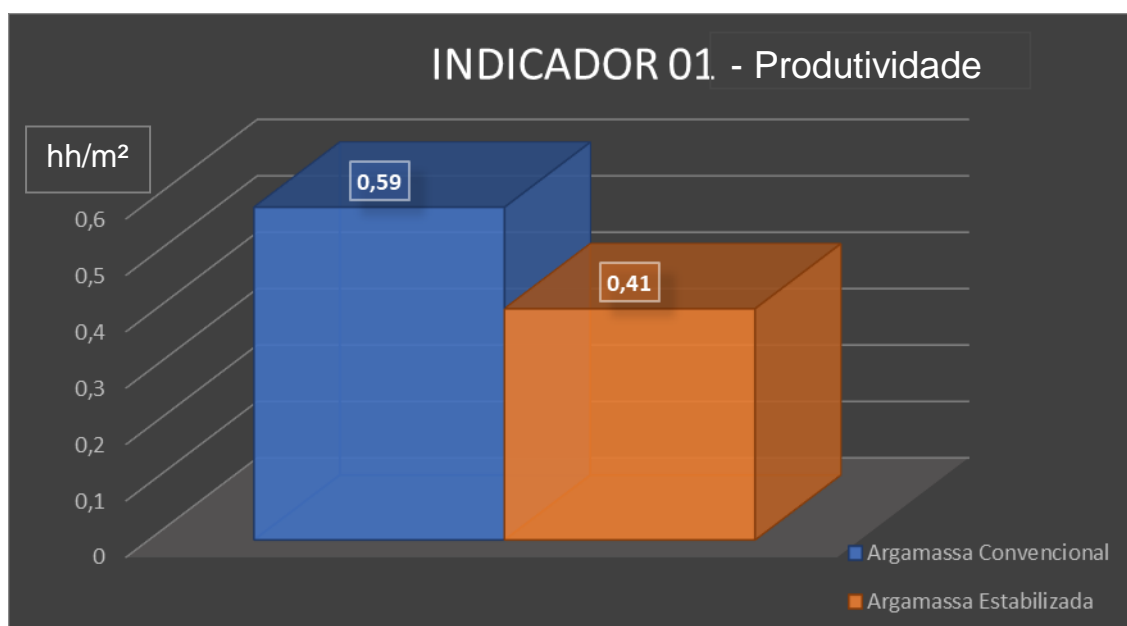
Ao que diz respeito ao Indicador 02, no consumo de argamassa da Obra 02 (argamassa estabilizada) observa-se que foram consumidos 11% a menos de argamassa para produzir um metro quadrado de emboço, passando de 0,025 metros cúbicos de argamassa estabilizada para 0,028 metros cúbicos de argamassa convencional.

Referente ao Indicador 03, de acordo com as especificações dos projetos das duas obras, a espessura de emboço definida foi de 20 mm. Com a área de

revestimento executava multiplicada pela espessura do projeto, obteve os resultados para o volume de argamassa projeto de projeto da Obra 01 igual a 6,785 m<sup>3</sup>. Comparando com o volume de argamassa consumido de 9,6488 m<sup>3</sup>, observou-se que o percentual de perdas na execução do emboço com argamassa convencional foi de 29,68%. Para o volume de argamassa de projeto da Obra 02 obteve-se 7,867 m<sup>3</sup>, comparados com o volume de argamassa consumido de 10m<sup>3</sup>, observou-se que o percentual de perdas na execução do emboço com argamassa estabilizada foi de 21,33%, resultando em uma distorção de 28% de perdas a mais na argamassa convencional em comparação com a argamassa estabilizada.

Para apresentar os indicadores, foram elaborados gráficos comparativos. O gráfico 01 apresenta os resultados comparativos do Indicador 01, ou seja, o comparativo de resultados de homem hora necessário para produzir um metro quadrado de emboço com argamassa convencional e estabilizada.

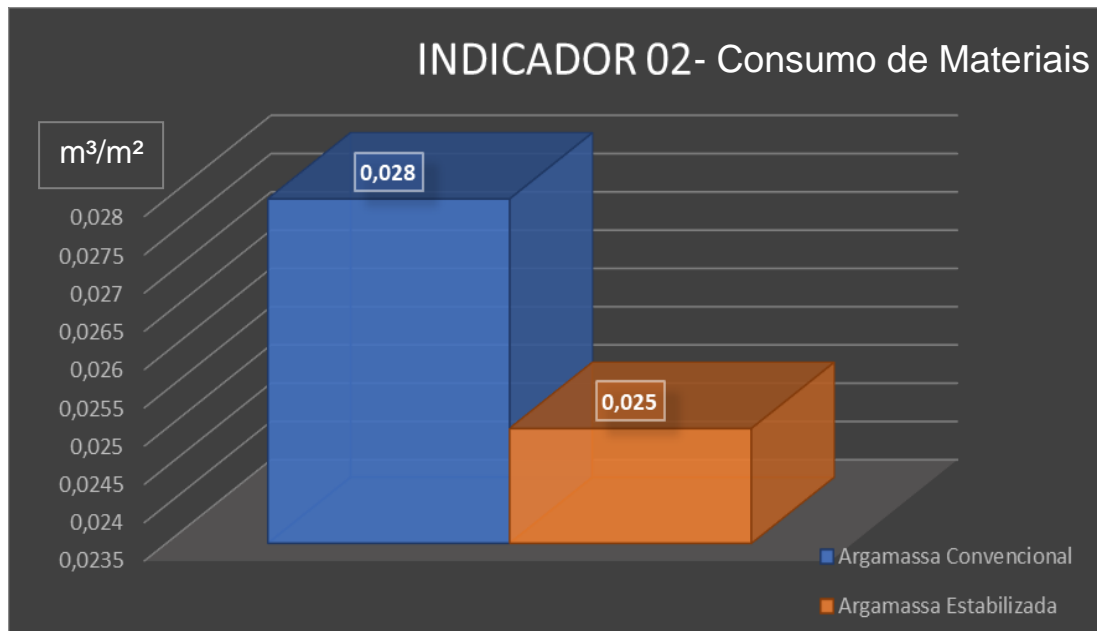
Gráfico 1 – Indicador 01 (Hora homem necessário para produzir um metro quadrado de emboço)



Fonte – Autor

O gráfico 02 apresenta o Indicador 02, ele compara o consumo de argamassa para produção de um metro quadrado de emboço com argamassa convencional e com argamassa estabilizada.

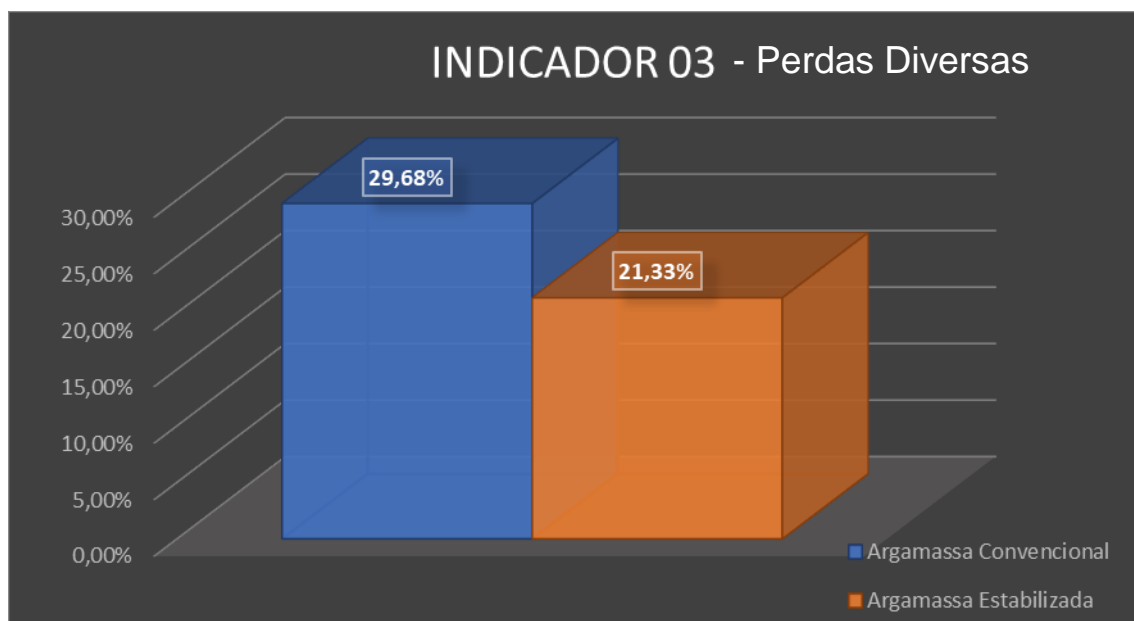
Gráfico 2 – Indicador 02 (Consumo de argamassa para produzir um metro quadrado de emboço)



Fonte – Autor

Para apresentar o Indicador 03, foi elaborado o gráfico 03 que apresenta o comparativo do percentual de perdas de cada Obra no que diz respeito a execução do emboço.

Gráfico 3 – Indicador 03 (Perdas diversas)



Fonte – Autor

#### 4.4 RESISTENCIA À TRAÇÃO

##### 4.3.1 Resultado teste de resistência de aderência a tração Obra 01

Na Tabela 18 a seguir, são apresentados os resultados das determinações de resistência obtidos nas amostras da obra 01:

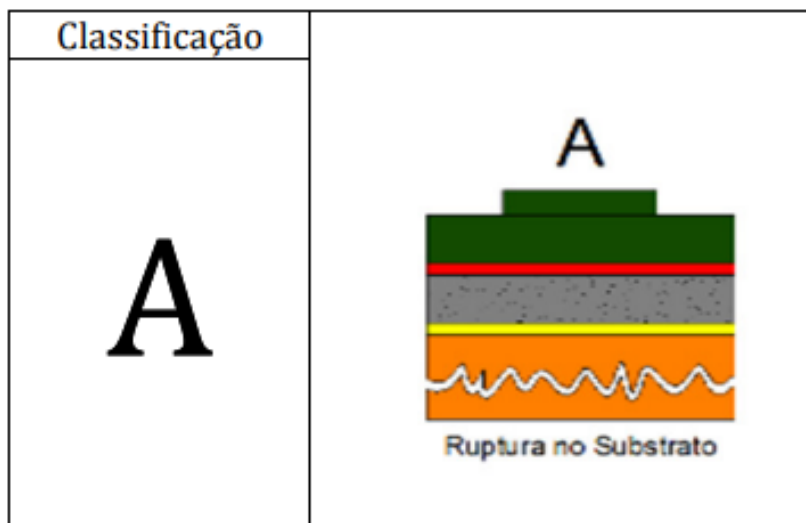
Tabela 18 – Resultados de ensaio de resistência a tração Obra 01

Amostra (n°)	Área Efetiva (mm <sup>2</sup> )	Carga de Ruptura (N)	Resistência de aderência a tração (MPa)	Formas típicas de ruptura (%)							Espessura (mm)
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	
1	1924	870	0,44	100							25
2	1924	830	0,42				80	20			33
3	1924	140	0,07	100							35
4	1924	970	0,49	100							38
5	1924	960	0,48	100							35
6	1924	840	0,42	100							35
7	1924	80	0,04	100							29
8	1924	490	0,25	100							39
9	1924	730	0,37	100							30
10	1924	710	0,36	100							30
11	1924	860	0,43	100							30
12	1924	880	0,44	100							35

Fonte – Autor

Com os resultados apresentados na Tabela 18, observa-se que para o revestimento de argamassa convencional a ruptura predominante presente em 11 corpos de prova válidos é do tipo A (Ruptura no substrato) conforme figura 36, tendo como valores acima do limite 09 corpos de prova.

Figura 36 – Classificação predominante Amostra Obra 01



Fonte – Adaptado de NBR 13528 (2010)

Para resistência média dos corpos de prova para ruptura predominante foi encontrado o valor de 0,34 MPa e uma resistência média de toda a amostra de 0,35 Mpa, com coeficiente de variação do ensaio de 41,58 %.

De acordo com a NBR 13749 (2013), o limite mínimo para revestimentos internos é de 0,20 MPa e para externos é de 0,30 MPa, sendo que em pelo menos oito dentre os doze corpos de prova devem atender o limite mínimo. Sendo assim 09 corpos de prova estão acima do limite, o que indica que a amostra atende à Norma tanto para revestimento interno quanto para revestimento externo.

#### 4.3.1 Resultado teste de resistência de aderência a tração Obra 02

Na Tabela 19 a seguir, são apresentados os resultados das determinações de resistência obtidos nas amostras da obra 02:

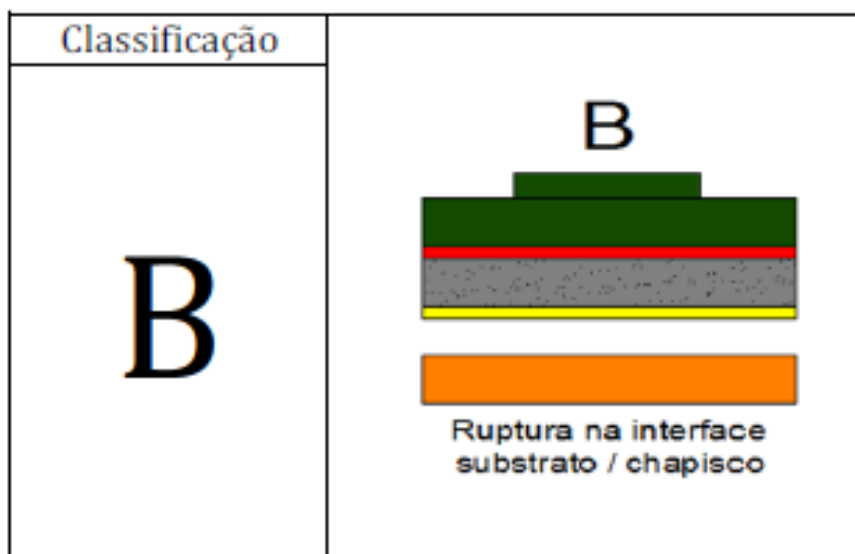
Tabela 19 – Resultados de ensaio de resistência a tração Obra 02

Amostra (n°)	Área Efetiva (mm <sup>2</sup> )	Carga de Ruptura (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Formas típicas de ruptura (%)							Espessura (mm)
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	
1	1924	460	0,23		100						27
2	1924	280	0,14		60						23
3	1924	450	0,23		100						25
4	1924	650	0,33	40	60						15
5	1924	480	0,24		100						19
6	1924	440	0,22		40		60				27
7	1924	330	0,17				100				24
8	1924	460	0,23		100						21
9	1924	500	0,25		100						28
10	1924	630	0,32		100						28
11	1924	250	0,13	60			40				31
12	1924	390	0,20		100						24

Fonte – Autor

Com os resultados apresentados na Tabela 19, observa-se que para o revestimento de argamassa estabilizada a ruptura predominante presente em 09 corpos de prova válidos é do tipo B (Ruptura na interface substrato/chapisco) conforme figura 37, tendo como valores acima do limite 02 corpos de prova.

Figura 37 – Classificação predominante Amostra Obra 02



Fonte – Adaptado de NBR 13528 (2010)



Para resistência média dos corpos de prova para ruptura predominante foi encontrado o valor de 0,24 Mpa e uma resistência média de toda a amostra de 0,22 Mpa, com coeficiente de variação do ensaio de 26,25 %.

De acordo com a NBR 13749 (2013), o limite mínimo para revestimentos internos é de 0,20 MPa e para externos é de 0,30 MPa, sendo que em pelo menos oito dentre os doze corpos de prova devem atender o limite mínimo. Sendo assim, apenas 02 corpos de prova estão acima do limite, o que indica que a amostra não atende à Norma para revestimento externo, porém como 09 corpos de prova apresentaram valores acima de 0,20 MPa, a amostra atende a Norma para revestimento interno.

Para validação do sistema de revestimento externo, foi realizado um segundo ensaio no dia 20 de maio de 2018, que foi realizado em uma parede externa revestida com chapisco produzido na obra traço 1:3 e emboço com argamassa estabilizada, este revestimento foi executado somente para o teste no dia 15 de abril de 2018.

Os resultados obtidos seguem na tabela abaixo:

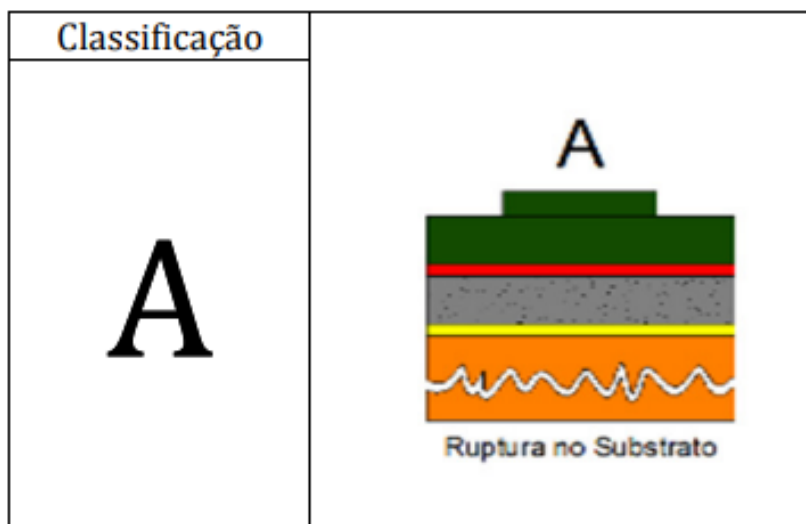
Tabela 20 – Resultados do segundo ensaio de resistência a tração Obra 02

Amostra (n°)	Área Efetiva (mm <sup>2</sup> )	Carga de Ruptura (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Formas típicas de ruptura (%)							Espessura (mm)
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	
1	1924	580	0,35	100							32
2	1924	710	0,43	100							33
3	1924	140	0,09				100				31
4	1924	600	0,36	100							30
5	1924	730	0,44	100							32
6	1924	790	0,48	100							30
7	1924	1020	0,61	100							34
8	1924	660	0,40	100							31
9	1924	1000	0,60	100							29
10	1924	940	0,57	100							30
11	1924	1050	0,63	100							31
12	1924	890	0,54	100							31

Fonte – Autor

Com os resultados apresentados na Tabela 20, observa-se que para o revestimento de argamassa estabilizada a ruptura predominante presente em 11 corpos de prova válidos é do tipo A (Ruptura no substrato) conforme figura 38, tendo como valores acima do limite 11 corpos de prova.

Figura 38 – Classificação predominante segundo ensaio Amostra Obra 02



Fonte – Adaptado de NBR 13528 (2010)

A resistência média encontra na amostra do segundo ensaio foi de 0,49 Mpa, maior que 030 Mpa. Portanto o sistema utilizado no segundo ensaio de resistência de aderência à tração, foi aprovado para execução dos revestimentos externos da Obra 02.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de investigar argamassas de revestimento, este trabalho analisou a produtividade, o consumo e as perdas de materiais, e resistência à tração, de revestimentos de argamassa convencional e estabilizada de duas obras na cidade de Gramado/RS.

Foram elaborados 03 indicadores para fazer o comparativo dos resultados de duas obras. No primeiro indicador, produtividade dos operários, obteve-se uma taxa de 44% superior para produção de argamassa estabilizada. Isso é claramente observado devido a não necessidade da produção de argamassa no canteiro. Nesse caso argamassa estabilizada pode ser vantajosa para manter a obra no cronograma utilizando um número de operários inferior, porém é necessário ressaltar que a argamassa estabilizada requer um controle maior no consumo devido ao curto tempo de validade para que não acabe gerando desperdícios.

Para o segundo indicador, consumo de argamassa, obteve-se uma taxa de consumo 11% inferior utilizando argamassa estabilizada. Assim, é possível afirmar que um dos fatores que podem ter resultado no maior consumo na argamassa convencional é variação na produção da argamassa, por nem sempre haver um controle rigoroso na produção o consumo pode variar.

Para o terceiro indicador, perdas, obteve-se uma taxa de perdas 28% superior na argamassa convencional, o que pode indicar que os riscos para perdas de materiais na argamassa convencional são maiores que a estabilizada, por fatores como: má estocagem dos materiais e utilização de materiais além do necessário na produção da argamassa. O que também pode-se afirmar é que o controle da execução é muito importante para o resultado deste indicador, pois tanto para argamassa convencional quanto para estabilizada, as perdas durante a movimentação da argamassa até o local de aplicação, o desperdício durante a execução e as espessuras excessivas do revestimento executado, são fatores que podem gerar um resultado negativo para a edificação.

Após a realização do ensaio de resistência de aderência à tração, os resultados do sistema de revestimento com argamassa convencional da Obra 01 se mostraram superiores ao da Obra 02 no primeiro ensaio. Como o resultado do primeiro ensaio da Obra 02 foi superior somente aos parâmetros de revestimentos internos exigidos na NBR 13749, para posterior execução dos revestimentos

externos foi necessário realizar um novo ensaio com um sistema de revestimento diferente, devido ao resultado do ensaio ter sido a ruptura no chapisco o primeiro passo foi a substituição do sistema de chapisco, onde foi executado chapisco produzido na obra com traço 1:3 aplicado manualmente. Assim foi realizado um novo ensaio após os 28 dias de cura e obtido um resultado da amostra de 0,49 Mpa, sendo assim o sistema foi aprovado para o revestimento externo da Obra 02.

A Tabela 21 mostrada abaixo, apresenta o comparativo dos resultados obtidos neste trabalho de conclusão.

Tabela 21 – Comparativo dos resultados das duas obras

<b>INDICADOR</b>	<b>Argamassa Convencional</b>	<b>Argamassa Estabilizada</b>
<b>Produtividade</b>		<b>44% maior</b>
<b>Consumo de Materiais</b>		<b>11% menor</b>
<b>Perdas Diversas</b>	<b>28% maior</b>	
<b>Aderência à tração (Mpa)</b>	<b>0,35</b>	<b>0,49 *</b>

(\*Valor obtido no segundo ensaio realizado.)

Fonte - Autor

## REFERÊNCIAS

- ABCP. **Manual de Revestimentos de Argamassa**. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>> Acesso em: 08 de outubro de 2014;
- ALVES, Jefferson. Resíduos da construção civil em obras novas. **Interfaces Científicas-Exatas e Tecnológicas**, v. 1, n. 1, p. 53-65, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528 Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro, 1995 e 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas**. Rio de Janeiro, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação**. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15258: Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração**. Rio de Janeiro, 2005.
- BAUER, Elton (Editor). // **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades**, Brasília: LEM-UnB; Sinduscon, 2005.
- BERNARDES, Mauricio Moreira e Silva. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil** / Maurício Moreira e Silva Bernardes. [Reimpr.] – Rio de Janeiro : LTC, 2010.
- BORTOLINI, Luís Henrique. **Análise de produtividade na execução de emboço interno e perdas de argamassa estabilizada na construção civil**. São Leopoldo: Unisinos, 2016.
- CARASEK, H. **Argamassas**. In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. ISAIA, G.C. (Organizador/Editor). São Paulo: IBRACON, 2010.
- CAVALCANTE, Victor Cunha. **Sistematização e incorporação de elementos gerenciais tácitos à linha de balanço de uma empresa para planejamento de edifícios altos**. – Fortaleza : Universidade Federal do Ceará 2010.
- EL PAIS - **20 frases de Muhammad Ali que são verdadeiras lições de vida**. Disponível em: <[https://brasil.elpais.com/brasil/2016/06/04/deportes/1465019120\\_522470.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2016/06/04/deportes/1465019120_522470.html)> Acesso em: 10 de junho de 2018;
- FIORITO, Antonio J. S. I.. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução** / Antonio J. S. I. Fiorito. – São Paulo : Pini, 1994.

GOLDENBERG, Miriam. 2004. **A arte de pesquisar, como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. 8°. Rio de Janeiro : Record, 2004. pp. 33-67.

HERMANN, Aline; ROCHA, João Pedro de Almeida; **Pesquisa de viabilidade da utilização da argamassa estabilizada para revestimento sem a necessidade de aplicação do chapisco** – Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Campus Pato Branco), Pato Branco, 2013.

MELLO, Ana Cláudia Jaime de; SOARES, Bruno Rezende; COUTINHO, Leonardo Ribeiro de Sousa. **Avaliação do impacto da logística de produção e distribuição das argamassas em canteiros de obra** - Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, 2014.

PAGNUSSAT, D. T.; VIDOR, D.; MASUERO, A. B. **Avaliação de propriedades de argamassas estabilizadas ao longo do seu tempo de utilização**. In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSA E ETICS. 4., 2012, Coimbra. Anais... Coimbra, 2012.

PATTUSSI, Flávio A. HEINNECK, Luiz Fernando. **A utilização de conceitos da produção enxuta na constituição de células de produção em obras de pequeno porte**. – Chapecó : Unochapecó 2016.

PEREIRA, Lucas Araújo; ZOCCOLI, Nayane Roque Bueno; MIRANDA, Nayara Roque Bueno. **REVESTIMENTO DE ARGAMASSA PROJETADA: Avaliação do emprego do sistema no mercado goianiense**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás 2016.

PICCHI, Flavio A. **Lean Thinking (Mentalidade Enxuta): Avaliação sistemática do potencial de aplicação no setor de construção** - programa de pós-doutorado desenvolvido pelo autor no MIT – Massachusetts Institute of Technology, entre julho de 2000 e janeiro de 2001.

RIBAS, Leonardo Calcagno; JÚNIOR, Antônio Neves de Carvalho. **Ganhos no potencial produtivo através da substituição de argamassa de revestimento rodada em obra por industrializada em sacos** – Foz do Iguaçu/PR : XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007.

SILVA, A. F. **Avaliação da resistência à compressão da alvenaria estrutural**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Universidade Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2007.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como reduzir perdas nos canteiros. Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil**. São Paulo: Pini, 2005.

VIEIRA, Helio Flavio. **Logística aplicada à construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras** / Helio Flavio Vieira. – São Paulo : Editora Pini, 2006.