

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

Victor Hugo Butzke

**ESTUDO COMPARATIVO DOS DIFERENTES TIPOS
DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE
ARGAMASSA DE REVESTIMENTO**

Porto Alegre
Dezembro de 2018

VICTOR HUGO BUTZKE

**ESTUDO COMPARATIVO DOS DIFERENTES TIPOS
DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE
ARGAMASSA DE REVESTIMENTO**

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

Orientador: Daniel Tregnago Pagnussat

Porto Alegre
Dezembro de 2018

VICTOR HUGO BUTZKE

**ESTUDO COMPARATIVO DOS DIFERENTES TIPOS
DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE
ARGAMASSA DE REVESTIMENTO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, Dezembro de 2018

Prof Daniel Tregnago Pagnussat (UFRGS)
Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Daniel Tregnago Pagnussat (UFRGS)
Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Ângela Borges Masuero (UFRGS)
Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa Daniela Dietz Viana (UFRGS)
Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a minha família, amigos e todos aqueles que sempre me apoiaram e que estiveram ao meu lado incentivando e provendo energias especialmente durante o período final do Curso de Graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me ajudaram durante a execução do presente trabalho de conclusão de curso.

Viver é como andar de bicicleta: é preciso estar em constante movimento para manter o equilíbrio.

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho versa sobre a avaliação do potencial de racionalização de sistemas de produção de argamassa. Foram realizados estudos de caso em diferentes obras nas quais observou-se os processos e sua gestão. Foram então analisados os resultados e então avaliados os diferentes sistemas de produção e suas vantagens, desvantagens e singularidades. Os sistemas presentes nesta análise são: a argamassa produzida em obra a partir de materiais armazenados separadamente; a argamassa fornecida pré-misturada e armazenada em silos com transporte via seca ou misturador acoplado e a argamassa pronta para o uso, estabilizada produzida em central. Buscou-se então explicitar como cada sistema atua, para isso foram utilizadas ferramentas de controle da produção como diagramas de processo, mapofluxogramas, registro de imagens das atividades e o consumo de materiais. Por fim foi realizado um levantamento de custos de cada sistema que indica a viabilidade econômica dos mesmos. Dessa forma, observou-se que os sistemas com argamassa feita em obra e argamassa estabilizada tem um custo relativamente menor do que as argamassas a granel em silos ou ensacada. Porém, as argamassas em silo têm benefícios na logística sobretudo a com transporte via seca que tem suas atividades de fluxo quase que totalmente automatizadas assim podendo se tornar mais viáveis economicamente, além de por serem dosadas em ambiente industrial elas são garantidoras do controle tecnológico. Constatou-se que o sistema de argamassa estabilizada além de apresentar um custo atrativo, tem suas atividades do processo reduzidas na obra pois as mesmas são majoritariamente executadas em central, assim contanto com maior grau de confiabilidade e racionalização do sistema.

Palavras-chave: argamassa, racionalização, sistemas de produção, lean construction, industrialização, processos, logística de canteiro.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva ABC	24
Figura 2 - Tipos de sistemas de armazenamento em silo	32
Figura 3 - Camadas do revestimento em argamassa com texturas	33
Figura 4 - Camadas do revestimento em argamassa em perfil	34
Figura 5 - Exemplo de diagrama de processos	43
Figura 6 - Exemplo de mapofluxograma	44
Figura 7 - Exemplo de controle de recebimento de argamassa	45
Figura 8 - Processos x Operações	46
Figura 9 - Relação entre fluxo de materiais e fluxo de trabalho	47
Figura 10 - Lote econômico	49
Figura 11 - Central de trabalho de produção de argamassa	55
Figura 12 - Identificação da central e dos operadores	56
Figura 13 - Tabela de traço executivo	56
Figura 14 - Produção de argamassa em betoneiras	57
Figura 15 - Carrinhos de mão utilizados em cada central de betoneiras	57
Figura 16 - Transporte da argamassa via carrinho de mão	57
Figura 17 - Baias centrais de armazenamento de agregados	58
Figura 18 - Transporte da baia central até a baia secundária via retroescavadeira	59
Figura 19 - Estoque de cal em localizados em uma casa do canteiro	59
Figura 20 - Estoque de sacos de cal e cimento utilizados	59
Figura 21 - Mapofluxograma de argamassa a granel em baias	61
Figura 22 - Central de produção de concreto e argamassa	62
Figura 23 - Equipamento utilizada para mistura de argamassa estabilizada	62
Figura 24 - Localização das caixas de armazenamento de argamassa em frente as casas	63
Figura 25 - Abastecimento do carrinho para transporte ao local de aplicação	64
Figura 26 - Mapofluxograma argamassa estabilizada	65
Figura 27 - Silo com misturador acoplado na obra	66
Figura 28 - Abastecimento do silo	66
Figura 29 - Misturador acoplado ao silo	67
Figura 30 - Caminho que a girica faz do misturador até o cremalheira	68
Figura 31 - Local de saída da girica no pavimento	69
Figura 32 - Corredor de transporte da girica	69
Figura 33 - Local de aplicação da argamassa	70

Figura 34 - Perspectiva do corredor e da aplicação.....	70
Figura 35 - Mapofluxograma de argamassa em silo com misturador acoplado.....	71
Figura 36 - Sistema de ar comprimido no caminhão transportador	72
Figura 37 - Exemplos de abastecimento de silos em obras	73
Figura 38 - Localização do silo de argamassa na obra.....	74
Figura 39 - Argamassadeira e caixa de armazenamento no pavimento de trabalho.....	75
Figura 40 - Dosador de água da argamassadeira	75
Figura 41 - Revestimento de fachada em argamassa na obra.....	76
Figura 42 - Mapofluxograma de silo com transporte via seca	77
Figura 43 - Entrada compartilhada pela obra e pelo complexo hospitalar	78
Figura 44 - Local de descarregamento de caminhão no acesso de entrada da obra	79
Figura 45 - Carrinho de transporte das caixas de argamassa.....	80
Figura 46 - Corredor de circulação para transportes no térreo	81
Figura 47 - Movimentação de argamassa no térreo.....	81
Figura 48 - Entrada de acesso ao elevador cremalheira	81
Figura 49 - Saída do acesso do elevador cremalheira	81
Figura 50 - Posicionamento das caixas de argamassa	82
Figura 51 - Espaçamento das caixas de argamassa para uso no revestimento.....	82
Figura 52 - Execução de revestimento de argamassa	82
Figura 53 - Rampa de acesso do elevador cremalheira	83
Figura 54 - Plataformas de elevação para execução de revestimento	83
Figura 55 - Atividades do empreendimento A1: granel em baias	86
Figura 56 - Atividades do empreendimento A2: estabilizada horizontal	86
Figura 57 - Atividades do empreendimento B: silo com misturador acoplado.....	86
Figura 58 - Atividades do empreendimento C: silo com transporte via seca.....	86
Figura 59 - Atividades do empreendimento D: estabilizada horizontal	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Delineamento do trabalho	20
Quadro 2 - Esquema de metodologia aplicada	54
Quadro 3 – Resumo das principais vantagens e desvantagens logísticas dos sistemas de produção nos empreendimentos	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de chapisco	36
Tabela 2 - Diagrama de processos da produção de argamassa a granel em baias	60
Tabela 3 - Diagrama de processo da argamassa industrializada	64
Tabela 4 - Diagrama de processos de argamassa em silo com misturador acoplado	70
Tabela 5 - Diagrama de produção de argamassa com silo de transporte via seca	76
Tabela 6 - Diagrama de produção de argamassa estabilizada em obra vertical	78
Tabela 7 - Comparativo de Atividades de Fluxo	84
Tabela 8 - Atividades de fluxo e conversão	85
Tabela 9 - Custos dos sistemas de produção de argamassa	88

LISTA DE SIGLAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

DFP - Diagrama de Fluxo de Processo

JIT - Just In Time

PCP - Planejamento e Controle da Produção

PGRCC - Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

PPC - Percentual de Pacotes Concluídos

PPCI - Plano de Prevenção Contra Incêndio

STP - Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	DIRETRIZES DA PESQUISA	18
2.1	QUESTÃO DE PESQUISA	18
2.2	OBJETIVOS DA PESQUISA	18
2.2.1	Objetivo principal	18
2.2.2	Objetivo secundário	18
2.3	DELIMITAÇÕES.....	19
2.4	LIMITAÇÕES	19
2.5	DELINEAMENTO.....	20
2.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
3	SISTEMAS DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	22
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA	22
3.2	DEFINIÇÕES E FUNÇÕES	25
3.3	ARGAMASSA DE REVESTIMENTO	26
3.3.1	Propriedades	26
3.3.2	Composição e dosagem	27
3.3.2.1	Areia	27
3.3.2.2	Cimento Portland.....	27
3.3.2.3	Cal Hidratada.....	28
3.3.2.4	Água	28
3.3.2.5	Aditivos	28
3.3.3	Sistemas de produção	29
3.3.3.1	Argamassa industrializada em sacos.....	29
3.3.3.2	Argamassa preparada em central	30
3.3.3.1	Argamassa a granel armazenada em silos.....	31
3.3.3.3	Parâmetros de decisão	32
3.4	EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	33
3.4.1	Camadas	33
3.4.1.1	Substrato	34
3.4.1.2	Chapisco	35
3.4.1.2.1	Chapisco tradicional	35
3.4.1.2.2	Chapisco industrializado.....	36
3.4.1.2.3	Chapisco rolado	36
3.4.1.3	Emboço e Reboco.....	37
3.4.1.4	Massa Única	37
3.4.2	Aplicação.....	37
3.4.3.1	Manual.....	38
3.4.3.2	Projetada.....	39
3.4.3.2.1	Equipamentos para projeção de argamassa.....	40
4	GESTÃO DA PRODUÇÃO.....	41

4.1. FERRAMENTAS DE CONTROLE DA PRODUÇÃO	41
4.1.1 Procedimento executivo padronizado.....	42
4.1.2 Diagrama de processo.....	42
4.1.3 Mapofluxograma	43
4.1.4 Registro de imagens do processo.....	44
4.1.5 Controle de materiais e consumo.....	45
4.2 PERDAS E CONSTRUÇÃO ENXUTA	46
4.3 CUSTOS DA PRODUÇÃO	51
5 ESTUDO DE CASO	53
5.1 MÉTODO DE AVALIAÇÃO	53
5.2 EMPREENDIMENTO A	54
5.2.1 Avaliação da obra na Fase 1	55
5.2.1 Avaliação da obra na Fase 2	61
5.3 EMPREENDIMENTO B	65
5.4 EMPREENDIMENTO C	71
5.5 EMPREENDIMENTO D	77
5.6 COMPARATIVOS.....	84
5.7 CUSTOS.....	87
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
7 REFERÊNCIAS	94

1 INTRODUÇÃO

Os processos desenvolvidos em obra estão em constante evolução afim de encontrar um sistema mais enxuto que busque atingir maior eficiência, garantindo um maior retorno financeiro para a empresa.

Para um retorno mais expressivo na empresa deve existir uma gestão eficiente nos processos, procurando eliminar as atividades que não agregam valor como transportes e deslocamentos que podem ser evitados, com isso há uma necessidade de otimização da produção e recursos.

O processo de revestimentos de argamassa projetados está atualmente substituindo o sistema convencional em algumas obras. Visando esta nova perspectiva de produção, deve-se analisar quais as principais diferenças, vantagens e dificuldades que cada sistema apresenta.

O fator de comparação entre os processos deve avaliar todas as etapas, materiais escolhidos, fornecedores, entrega, prazos, equipamentos, logística de canteiro, equipes de mão-de-obra, controles de execução, planejamento de execução, perdas, consumo de materiais e resultados de execução.

A construção civil constantemente busca na industrialização dos processos uma forma de executar as atividades de forma coesa, com isso sendo mais efetiva na realização da concepção do produto.

Nota-se que industrialização ainda tem diferentes níveis de avanço dependendo de qual serviço ou etapa de obra se analisa. Enquanto alguns itens são produzidos totalmente fora da obra e são rapidamente embutidos na edificação, outros ainda têm sua produção e operacionalização totalmente conduzidas na obra.

As atividades que são executadas na obra ocupam espaço que muitas vezes é limitado, demandam equipes presentes no mesmo local que agregam outras atividades de controle e supervisão. Além disso se estiverem sendo executadas em paralelo com outras podem gerar um conflito de operação pela sobreposição de atividades na mesma etapa e área.

Há serviços que já estão consolidados com alto nível de industrialização, enquanto outros ainda estão em vias de se desenvolver-se entre as obras nos próximos anos.

O potencial de racionalização e industrialização da argamassa pode ser de uma forma simples expresso simplesmente pela forma como seus componentes chegam e são estocados na obra. As matérias primas podem chegar a granel, ainda com os componentes da argamassa separados, como podem chegar já misturadas e preparadas para aplicação.

Cabe ao profissional encarregado interpretar qual o método que deseja, todavia cada qual tem suas vantagens e desvantagens. Este trabalho busca então interpretar essas prerrogativas a ponto de definir uma escolha mais objetiva.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

A pesquisa a ser realizada para elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) obedecerá às diretrizes apresentadas a seguir.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: qual o método de produção e execução de revestimentos de argamassa mais eficiente e produtivo? Quais as principais vantagens de racionalizar o processo?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e específicos e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é comparar diferentes métodos de produção de argamassa. A avaliação pretende contemplar o meio de produção podendo ser em canteiro ou central, os aspectos logísticos envolvidos, análise de fluxos e atividades e também o controle de consumo. Para atingir este objetivo principal foram definidos objetivos específicos que corroboram com o desígnio principal.

2.2.2 Objetivo secundário

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) analisar as vantagens, desvantagens e singularidades de cada sistema, suas diferenças de processos, e as perdas geradas por cada método;

- b) quantificar as diferenças de custo envolvidas em cada processo.

2.3 DELIMITAÇÕES

As delimitações do trabalho estão descritas a seguir:

- a) análise de quatro obras que utilizem diferentes tipos de sistemas de produção de argamassa, sendo os mesmos: estabilizada fornecida por central, industrializada fornecida em sacos ou silo e produzida em obra com mistura dos componentes a granel.

2.4 LIMITAÇÕES

As limitações do trabalho estão relacionadas a seguir:

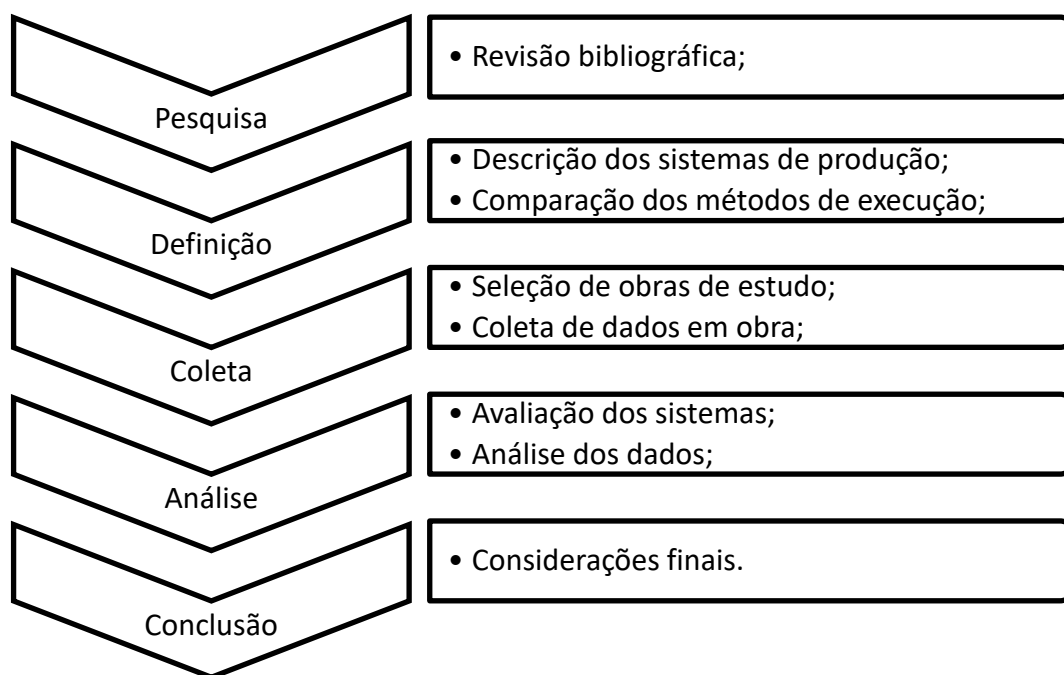
- a) não serão estudadas as características da argamassa já em seu estado final, ou seja, não serão realizados ensaios de laboratório, ficando restrito a análises em obra;
- b) o trabalho ficará restrito aos dados obtidos nas obras de estudo e seus respectivos elementos: como equipamentos utilizados, fornecedores de argamassa utilizados e logística do canteiro analisado;
- c) a variabilidade intrínseca das equipes de execução de cada obra não será preponderante nas considerações da análise, mas somente o processo executivo de cada sistema. Especificamente pode haver alterações no desempenho das equipes por razões climáticas, ou diferença de performance por questões de observação, podendo haver distorções nos dados coletados.

2.5 DELINEAMENTO

O trabalho foi desenvolvido com a descrição de cada etapa do trabalho representada abaixo:

- a) definição do tema pesquisado;
- b) revisão bibliográfica;
- c) descrição dos sistemas de produção;
- d) comparação dos métodos de execução;
- e) seleção de obras de estudo;
- f) coleta de dados em obra;
- g) avaliação dos sistemas;
- h) análise dos dados;
- i) considerações finais.

Quadro 1 - Delineamento do trabalho



(fonte: elaborado pelo autor)

Foi elaborado um estudo de caso de obras que estejam em execução na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, utilizando sistemas de produção de argamassa com a finalidade de compará-los. Os sistemas de produção e seus aspectos intrínsecos como mistura, logística e fluxos serão descritos e analisados a fim de otimizar os mesmos.

Os sistemas foram então comparados através de diagramas de fluxo, registro de imagens do processo, controle da utilização da mão de obra, quantitativos de materiais e seus consumos, e indicadores de produção calculada em função da equipe e comparada com a prevista na etapa de planejamento.

2.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é dividido em seis capítulos. O primeiro introduz o tema pesquisado. O segundo define o trabalho quanto aos seus objetivos, delimitações e limitações bem como o delineamento do mesmo. O terceiro apresenta o revestimento de argamassa do ponto de vista de suas propriedades, funções desempenhadas, camadas componentes e modo de execução. O quarto apresenta os sistemas de produção, as ferramentas de controle dos processos e identificação de perdas. O quinto descreve o estudo de caso e a coleta de dados e apresenta a análise dos processos e por fim o sexto apresenta as considerações finais e conclusões do trabalho.

3 SISTEMAS DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Este capítulo trata sobre os sistemas de revestimento à base de argamassa. Primeiramente, será apresentada uma contextualização histórica, seguido da definição das funções e componentes do sistema de revestimento e finalmente a apresentação de seus possíveis métodos de execução.

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

O uso de revestimentos de argamassa é amplamente utilizado quase que na totalidade das obras no Brasil é uma técnica que já está consolidada na construção civil. O tratamento dos ambientes com revestimento para proteção de paredes interiores e exteriores foi implementado na época colonial com a utilização de argamassas de cal e areia com ou sem adição de material granular fino para o acabamento. Posteriormente com a introdução do cimento Portland como aglomerante o cenário se modificou com a abertura de novas possibilidades para a produção de revestimentos de argamassa (CARNEIRO, 2010).

A transferência das técnicas de revestimentos sucedeu-se com o passar dos anos prioritariamente pela mão de obra, principalmente baseada no conhecimento adquirido geralmente de forma empírica, essa falta padronização dos processos induzia a ineficiência e problemas durante a produção.

A falta de conhecimento muitas vezes leva a adaptações (*making-do*) que não amparavam da forma mais condizente com o processo correspondente. *Making-do* pode ser brevemente descrito como a execução da atividade sem que se tenha todos os recursos necessários para ser executado, ou seja em desacordo com o conceito do kit completo. O despreparo das equipes de produção como falta de planejamento, equipamentos e padronização dos processos implicava em grandes perdas nessa atividade. Para evitar *making-do* deve-se ter todo o conjunto de itens necessários para execução de uma atividade, evitando assim um aumento do trabalho em progresso, ao mesmo tempo que impede uma possível depreciação qualidade final do produto garantindo também uma maior segurança quanto ao cumprimento dos prazos (SCARAMUSSA; ISATTO; FORMOSO, 2017).

A construção civil por décadas não apostou em técnicas de racionalização da produção como forma de tornar os processos mais eficientes e diminuir as perdas e por consequência a um menor custo de construção. Conforme relata Crescencio, (2000) “A construção civil, especificamente no setor de edificações, foi sempre marcada por uma grande quantidade de desperdício e falta de qualidade”, particularidades muitas vezes até tratadas como intrínsecas ao sistema. A mesma autora ainda complementa “até poucos anos atrás, o processo construtivo era usualmente relegado a um segundo plano frente à grande lucratividade existente na ciranda financeira.”

Em épocas em que a indústria de manufaturados estava implementando na produção os conceitos de produção enxuta, segundo Ohno, (1997) “A eliminação de desperdício precisa ser o objetivo primeiro da empresa.”. A indústria da construção civil estava décadas atrasada perante a mesma preocupação com sua produção. Não havia grandes motivações para alterar o *status quo*, isto que o foco era na questão financeira. “Era mais rentável investir em sistemas financeiros do que em sistemas construtivos, sendo o lucro da empresa preponderantemente maior conforme a habilidade desta em lidar com o mercado financeiro” (CRESCENCIO, 2000).

O fato das empresas ignorarem a racionalização da produção apenas começou a ser implementado quando tais conceitos já eram amplamente consolidados na indústria de manufaturados. Esse novo objeto de melhoria focando nos processos construtivos faz com que a indústria se transforme adotando novas políticas que irão se propagar por toda a cadeia construtiva.

Também pode-se complementar destacando que a abertura da economia brasileira ao mercado estrangeiro no final da década de 80 faz com que se aumente a busca da qualidade pelas dificuldades competitivas do período (ROCHA et al., 2004).

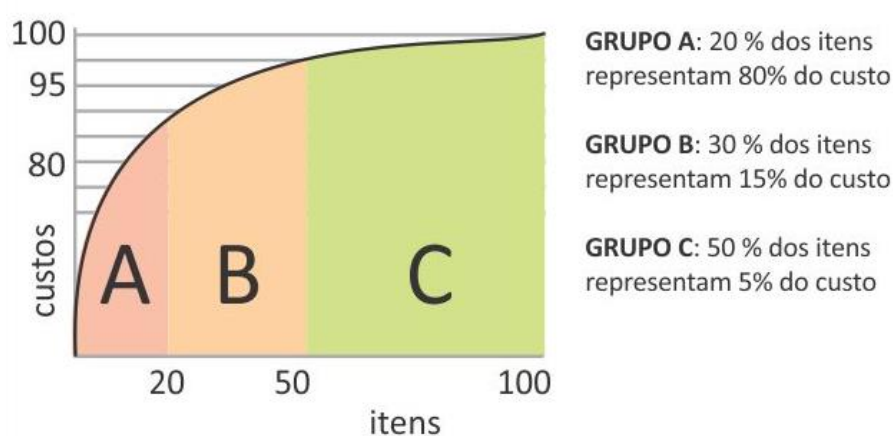
Seguindo a sequência do desenvolvimento na área e de adoção de medidas de gestão e inovação nos anos seguintes Crescencio (2000) afirma:

A partir de meados da década de 90, o cenário nacional foi drasticamente alterando, sendo as consequências para o setor bastante evidentes. Nesse novo cenário o sucesso da empresa está preponderantemente ligado à habilidade que esta possui em escolher e administrar os processos construtivos. O lucro é baseado na capacidade da empresa em construir com qualidade e menor custo. Dentro desse escopo muitas construtoras vão a procura de novas tecnologias.

Os processos que tem os maiores índices de perdas passam então a ter importância aumentada dentro da construção, e a busca pela racionalização da produção tem papel fundamental para equalizar um mínimo de desperdício e um máximo de eficiência. O revestimento de argamassa tem grande importância pela parcela de custo que representa em uma edificação. O Manual de Revestimentos de Argamassa da ABCP (2002) cita que os custos dos revestimentos “representam cerca de 10 a 30% do total da construção, dependendo do tipo da edificação e do seu padrão” e dentro desse revestimento geralmente o preponderante é o de argamassa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

O revestimento de argamassa quase que na totalidade das obras de edificação ocupa a classe A de uma curva ABC. Rocha et al. (2004) definem que os serviços e insumos classe A são aqueles 20% do total de itens que representam 80% do custo da obra, conforme pode se visualizar mais naturalmente na Figura 1.

Figura 1 - Curva ABC



(fonte: adaptado de ROCHA 2004 p.88)

Começou-se a estudar então mais profundamente as partes do processo de produção e execução dos revestimentos de argamassa. Conforme descreve Carneiro (2010):

Já em 1993 destacava a necessidade de se adotar uma "nova cultura" para a produção de revestimentos de argamassa, baseada nas seguintes linhas de ação: ênfase no projeto de revestimento; planejamento detalhado das operações no canteiro de obras; implementação de procedimentos para o controle e garantia da qualidade dos materiais; dosagem racional das argamassas; detalhamento de procedimentos para a execução do revestimento e padronização do processo de produção.

Algumas outras melhorias no revestimento de argamassa também foram propostas por: Reis e Melhado (1999):

Em se tratando da gestão da tecnologia, foi possível perceber uma grande tendência à racionalização da produção, através da utilização de materiais, equipamentos e ferramentas que otimizam a execução dos serviços e melhoram a organização interna do canteiro de obras (argamassadeiras de eixo horizontal para mistura de argamassa localizadas no próprio andar de execução dos serviços, equipamentos de projeção de argamassa, caixas de massa metálicas com altura regulável distribuídas nos andares, andaimes e cavaletes metálicos).

Atualmente a construção civil está em uma situação em que investir na melhoria de seus processos é a melhor forma de corresponder as crescentes pressões do mercado pelo menor custo, além das exigências dos consumidores, flexibilidade e qualidade do produto. Em condições de desaquecimento de mercado, que intermitentemente se manifestam em seus ciclos que podemos definir como “momentos de transição”, há significativa mudança nas organizações (SALES; BARROS NETO; ALMINO, 2004).

3.2 DEFINIÇÕES E FUNÇÕES

O revestimento de argamassa, conforme a ABCP entende, “[...] é a proteção de uma superfície porosa com uma ou mais camadas superpostas, com espessura normalmente uniforme, resultando em uma superfície apta a receber de maneira adequada uma decoração final.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

As edificações são formadas por um conjunto de elementos básicos, como a estrutura, as vedações verticais e horizontais e os sistemas prediais, cumprindo funções específicas e contribuindo para o desempenho final das mesmas. Os revestimentos de argamassa são partes integrantes das vedações dos edifícios e devem apresentar propriedades que contribuam para a obtenção do adequado comportamento das vedações. As principais funções do revestimento de argamassa são (BAÍA; SABBATINI, 2000):

- a) proteger os elementos de vedação dos edifícios da ação direta dos agentes agressivos;
- b) auxiliar as vedações no cumprimento das suas função, como o isolamento termo acústico e a estanqueidade à água e aos gases;
- c) regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular e adequada ao recebimento de outros revestimentos ou constituindo-se como o acabamento final.

Segundo a Associação Brasileira do Cimento Portland (2002), um revestimento de argamassa com espessura entre 30% a 40% da espessura de uma parede, pode ser responsável por 50% do isolamento acústico, 30% do isolamento térmico e 100% da estanqueidade de uma vedação em alvenaria comum (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

Cabe ressaltar que não é função do revestimento cobrir imperfeições grosseiras na base, muitas vezes desaprumada e desalinhada devido à falta de cuidado na execução da estrutura e da alvenaria, pois compromete o desempenho das reais funções do revestimento (BAÍA; SABBATINI, 2000).

3.3 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

A argamassa é uma “mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria” (NBR 13281) (ABNT, 2013).

A ABCP define argamassa como um material de construção constituído por uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes (cimento ou cal), agregado miúdo (areia) e água, podendo ainda ser adicionado aditivos ou adições a fim de melhorar ou conferir determinadas propriedades ao conjunto. As argamassas utilizadas para revestimento são à base de cal, cimento ou mistas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

3.3.1 Propriedades

As argamassas de revestimento devem possuir um conjunto de propriedades para o cumprimento adequado de suas funções: massa específica e teor de ar, trabalhabilidade, retenção de água, aderência inicial e retração na secagem são as propriedades necessárias no estado fresco. Por outro lado, aderência, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, resistência ao desgaste e durabilidade são para o estado endurecido (BAÍA; SABBATINI, 2000).

Acrescenta-se ainda o módulo de elasticidade, que deve ser tão baixo quanto o necessário para absorver por deformação as tensões internas geradas pela movimentação da estrutura e/ou dos

materiais que a compõe, e a estabilidade química frente aos agentes de deterioração (RECENA, 2012).

3.3.2 Composição e dosagem

A composição da argamassa refere-se aos seus materiais constituintes e a dosagem, comumente denominada traço da argamassa, correspondem ao proporcionamento dos materiais. No caso das argamassas industrializadas, tanto a dosagem quanto a composição são definidas pelo fabricante. Entretanto, para a definição da composição e dosagem das argamassas preparadas em obra deve-se considerar as características dos materiais a serem empregados, além de outros fatores como (BAÍA; SABBATINI, 2000):

- a) as condições de exposição do revestimento;
- b) as características da base de aplicação;
- c) as propriedades requeridas para a argamassa e para o revestimento;
- d) as condições de produção e controle da argamassa e do revestimento;
- e) custo.

3.3.2.1 Areia

O agregado miúdo, ou areia, é de origem mineral, de forma particulada e com diâmetros entre 0,06 e 2,0 mm. A granulometria do agregado tem influência nas proporções de aglomerantes e água como, por exemplo, quando a curva granulométrica for descontínua, ocorre maior consumo de água de amassamento, reduzindo a resistência mecânica e aumentando a retração por secagem.

3.3.2.2 Cimento Portland

O cimento Portland possui propriedade aglomerante devido a sua reação com a água, por isso, é denominado de aglomerante hidráulico. O cimento contribui para a retenção de água, para a plasticidade e, principalmente, para a resistência mecânica das argamassas. Assim, quanto maior a quantidade de cimento, maior é a retração, mas também maior é a aderência à base. Os cimentos são classificados em diferentes tipos por normas específicas, de acordo com suas características.

Os aspectos a serem considerados na utilização do cimento para a preparação da argamassa são o tipo de cimento (característica) e classe de resistência; disponibilidade e custo; comportamento da argamassa produzida com o cimento (BAÍÁ; SABBATINI, 2000).

3.3.2.3 Cal Hidratada

A cal hidratada, em uma argamassa onde não há a presença de cimento Portland, tem como função principal ser o aglomerante da mistura. As vantagens desse tipo de argamassa são as propriedades de trabalhabilidade e a capacidade de absorver deformações. Porém, as propriedades de resistência mecânica e aderência pontual.

Em argamassas mistas, de cal e cimento, a cal retém água em volta de suas finas partículas, contribuindo para uma melhor hidratação do cimento, além de aumentar significativamente a trabalhabilidade e capacidade de absorver deformações.

Os aspectos da cal a serem considerados na composição e dosagem são o tipo de cal (características), forma de produção, massa unitária, disponibilidade e custo e comportamento da argamassa produzida com cal (BAÍÁ; SABBATINI, 2000).

3.3.2.4 Água

A água permite a ocorrência das reações, principalmente dos cimentos, entre os materiais da mistura e deve ter sua dosagem atendendo o que foi pré-estabelecido, seja para a argamassa industrializada ou a preparada em obra. A água potável é considerada a melhor para a produção de produtos à base de cimento Portland, e não devem ser utilizadas águas contaminadas ou com excesso de sais solúveis.

3.3.2.5 Aditivos

Os aditivos são adicionados em pequena quantidade, expressa em porcentagem do aglomerante à mistura, com objetivo de melhorar alguma propriedade da argamassa no estado fresco e/ou endurecido. Geralmente, são utilizados para diminuir a retração na secagem, diminuindo a fissuração; aumentar o tempo de pega e manter a plasticidade, facilitando a trabalhabilidade; aumentar a retenção de água e aumentar a aderência da argamassa ao substrato.

3.3.3 Sistemas de produção

Os sistemas de produção referem-se a como as argamassas são produzidas e transportadas para o ambiente da obra. Os sistemas de produção existentes são: argamassa preparada na obra, argamassa preparada em central, argamassa industrializada em sacos e argamassa industrializada em silos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

As argamassas industrializadas e as dosadas em central apresentam uma grande vantagem técnica em relação às produzidas em obra: a homogeneidade, tanto no proporcionamento (traço) como na qualidade dos insumos empregados. Essas características eliminam a necessidade de correções ou intervenções feitas na obra, minimizando a probabilidade de ocorrerem defeitos, principalmente em revestimentos de paredes, que são onde mais ocorrem (RECENA, 2012).

Ceotto et al. (2005) afirma que “O grande problema da variabilidade do desempenho das argamassas produzidas em obra é a variabilidade do seu único insumo não industrializado, a areia.”. Isso ocorre, pois, a areia apresenta grande variabilidade, durante as estações do ano, de granulometria e teor de impurezas, que são parâmetros necessários para a determinação da dosagem de areia na argamassa. Assim, deve-se avaliar a possibilidade de correção da granulometria, que pode não ser possível por falta de material de compensação, ou a execução de um novo estudo de dosagem.

A preferência pela industrialização da argamassa, em detrimento da preparação em obra, vem sendo relatada há bastante tempo (REIS; MELHADO, 1999):

Nas obras das empresas pesquisadas, diagnosticou-se utilização crescente de argamassas industrializadas (pré-dosadas armazenadas em silo ou ensacadas). A preferência pelo uso desse material, de acordo com os diretores técnicos e engenheiros de obras, deve-se, primordialmente, à possibilidade de se eliminar uma etapa de fabricação de argamassa em obra, que exige um controle tecnológico rigoroso durante a produção.

3.3.3.1 Argamassa industrializada em sacos

As argamassas industrializadas em sacos são compostas de aglomerante, agregados com granulometria controlada e aditivos especiais que melhoram suas propriedades no estado fresco e endurecido.

Essas argamassas são produzidas em complexos industriais, nos quais os aglomerantes, os aditivos em pó e os agregados miúdos são misturados a seco, dosados em massa, ensacados e chegam à obra necessitando apenas do acréscimo de água para serem utilizadas.

Devido aos processos industriais, mecanizados e com rígidos controles de produção, as argamassas ensacadas apresentam grande uniformidade de dosagem, ou seja, é possível repetir o traço com um satisfatório grau de confiança.

O preparo em obra pode ser realizado de duas formas: com uma única central para que se faça o transporte de argamassa pronta até o local de uso ou, de forma mais racional, transportar os sacos e armazená-los nos andares para, no momento da aplicação, efetuar o preparo através de misturadores no próprio pavimento.

O fabricante da argamassa industrializada deverá apresentar uma ficha técnica do sistema substrato/chapisco/argamassa contendo todos os valores das propriedades solicitadas, atestando que o sistema atende às especificações previstas no projeto e que tem condições de manter essas propriedades durante todo o fornecimento. A ficha técnica deve especificar ainda (CEOTTO; BANDUK; NAKAKURA, 2005):

- a) tempo e forma de mistura (manual ou mecânica);
- b) relação entre água e materiais secos a ser utilizada na preparação da argamassa;
- c) forma de aplicação;
- d) espessura máxima das camadas;
- e) espessura máxima sem reforço;
- f) número máximo de camadas sem reforço;
- g) remistura;
- h) adição de outras substâncias;
- i) reaproveitamento e descarte da argamassa.

3.3.3.2 Argamassa preparada em central

Essas argamassas são dosadas em centrais e fornecidas em caminhões-betoneira, prontas para aplicação. Dessa forma, elimina-se a necessidade de central de preparo e área de estocagem de materiais na obra. Com aditivos estabilizantes as argamassas cimentícias apresentam períodos

para aplicação de 48 a 72 horas, assim, deve-se prever a quantidade adequada de argamassa a receber na obra durante a jornada de trabalho.

É importante salientar a necessidade de se tomar alguns cuidados para a preservação das propriedades da argamassa. Após a descarga e o posicionamento em local adequado, deve-se despejar água cuidadosamente sobre a argamassa até formar uma lâmina de água de cerca de 1 cm. Essa lâmina de água tem como finalidade proteger a argamassa para que não haja início das reações do cimento. (ARNEZ, 2017)

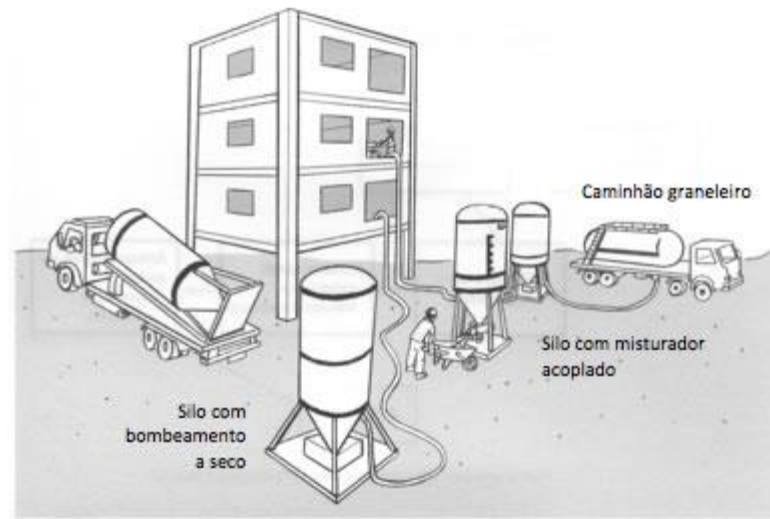
3.3.3.3 Argamassa a granel armazenada em silos

O sistema de produção e transporte em silos é geralmente utilizado em obras de grande porte sendo uma alternativa muito eficaz para solucionar várias questões logísticas da obra.

A utilização de silos deve ser definida já no planejamento do empreendimento pois ele necessita de uma localização estratégica dentro do canteiro. O silo deve ser de fácil acesso para o recebimento do fornecedor da argamassa, pois o abastecimento é feito a partir de caminhões que enviam a argamassa via mangotes que bombeiam com compressores de ar para dentro do silo. Da mesma forma o silo deve estar próximo ao local de aplicação visto que o deslocamento da argamassa para a edificação também se dá por mangotes, então deve-se evitar o deslocamento de grandes distancias sobretudo na horizontal (THOMAS, 2012).

O sistema de bombeamento para a edificação pode ser via úmida ou via a seco, conforme pode se observar na Figura 2. O sistema via a seco é realizado com compressores de ar que impulsionam a argamassa até o pavimento da atividade onde é transportado ao misturador que dosa a quantidade de água necessária para a utilização na aplicação. Já o bombeamento conta com o misturador anexo ao silo, de onde a argamassa já sai com a dosagem de água incorporada na argamassa pronta para aplicação. Desta forma as características na dosagem da argamassa dos sistemas requerem traços específicos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

Figura 2 - Tipos de sistemas de armazenamento em silo



(fonte: ABCP, 2002)

Na comparação o bombeamento via seco é mais eficiente, consumindo menos energia, menor desperdício do material e menos manutenção dos equipamentos com um gasto menor de energia; e como desvantagens tem uma maior segregação dos elementos da argamassa. Já o sistema via a úmido tem como vantagem ter o misturador em uma posição fixa, eliminando a movimentação do mesmo pelos pavimentos de aplicação. Entretanto necessita uma maior pressão de bombeamento, assim consumindo mais energia. Além disso, apresenta maior risco de entupir a tubulação, demandando maior manutenção do sistema (THOMAS, 2012).

3.3.3.4 Parâmetros de decisão

Os principais aspectos a serem analisados na escolha do sistema de produção e transporte de argamassa são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002):

- a) redução das áreas de estocagem;
- b) redução de perdas na etapa de transporte;
- c) agilidade no preparo da argamassa;
- d) redução de custo;
- e) atendimento dos prazos.

3.4 EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

“A execução dos revestimentos de argamassa envolve uma série de etapas, com atividades próprias e procedimentos específicos, que devem estar bem definidos para que seja alcançado um maior nível de racionalização das atividades de execução. ” A sequência de execução de um processo pode ser dividida em subprocessos e a otimização de cada subprocesso corrobora com o controle de perdas (BAÍÁ; SABBATINI, 2000) (ALVAREZ; ANTUNES, 2001).

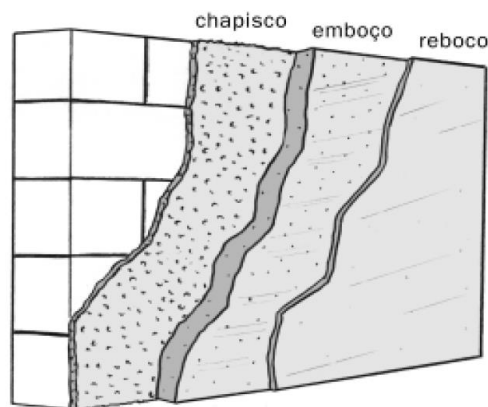
“As etapas gerais da execução do revestimento de argamassa são: a preparação da base; a definição do plano de revestimento; a aplicação da argamassa; o acabamento das camadas e a execução dos detalhes construtivos. ” (BAÍÁ; SABBATINI, 2000).

Inicialmente será definida a relação entre camadas e suas funções, composições e características.

3.4.1 Camadas

Conforme a proporção entre os materiais da argamassa e sua aplicação no revestimento, as argamassas recebem diferentes nomes em seu emprego (NBR 13529) (ABNT, 2013). A Figura 3 apresenta as camadas de revestimento em argamassa em um esquema aplicado enquanto a Figura 4 apresenta as mesmas em perfil.

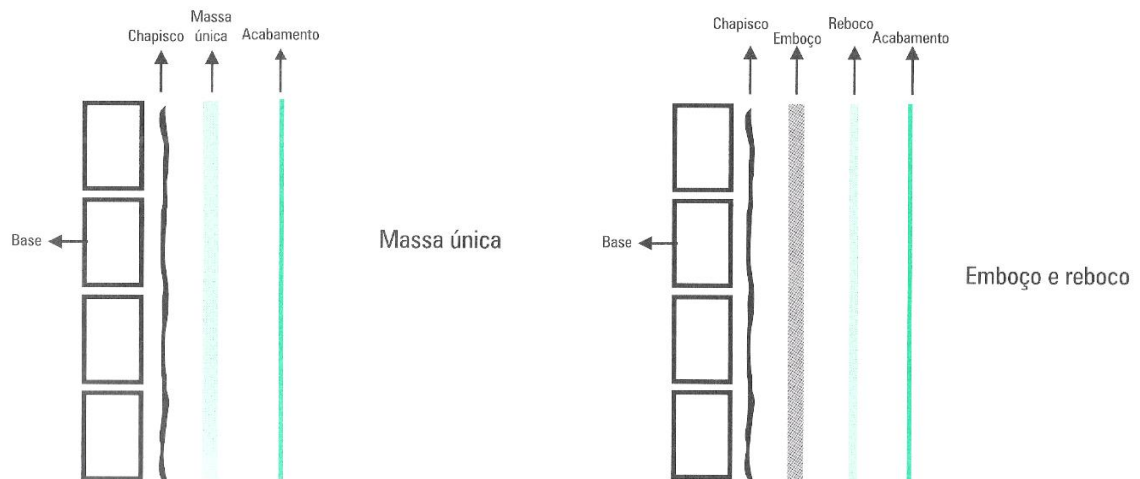
Figura 3 - Camadas do revestimento em argamassa com texturas



Camadas do revestimento em argamassa

(fonte: ABCP, 2002)

Figura 4 - Camadas do revestimento em argamassa em perfil



(fonte: Baia Sabbatini 2000)

3.4.1.1. Substrato

O substrato, também chamado de base, se define essencialmente pela estrutura de concreto armado ou a alvenaria de vedação sobre a qual o revestimento de argamassa é aplicado. A alvenaria pode ser constituída por diferentes elementos como diferentes tipos de bloco e tijolos podendo ser cerâmico ou de concreto por exemplo, já a estrutura é continuamente de concreto armado. Cada tipo de base de aplicação interfere significativamente nas propriedades do revestimento de argamassa, devendo essas a serem consideradas desde o momento da definição da argamassa (BAÍA; SABBATINI, 2000).

As principais características das bases de aplicação do revestimento, que são variáveis para as diferentes bases são:

- a) absorção de água
- b) porosidade
- c) resistência mecânica
- d) movimentações higroscópicas

e) rugosidade

f) homogeneidade

A absorção de água, a porosidade e a rugosidade da base, por exemplo, vão interferir na aderência do revestimento.

O substrato tem certos requisitos de importantes para o bom desempenho das camadas de revestimento. Para cumprir o desempenho inicia-se pela análise detalhada do ambiente de aplicação dos revestimentos, fazendo as correções quando necessárias, tipo falhas estruturais exposição de armadura, rebarbas, limpeza de resíduos, fazendo assim as regularizações mantendo a porosidade necessária para a micro e macro ancoragem, observando a ideal umidade (CEOTTO; BANDUK; NAKAKURA, 2005).

3.4.1.2 Chapisco

Chapisco é uma camada de preparo da base, entre o substrato e o revestimento, com objetivo de uniformizar a superfície quanto à absorção e de melhorar as condições de aderência do revestimento. Essa argamassa é constituída por cimento Portland e areia média ou grossa, podendo ainda ser modificada com emprego de um polímero.

Há três formas comumente utilizadas na aplicação do chapisco: convencional, aplicado com colher de pedreiro; desempenado, aplicado com desempenadeira denteada e usualmente aplicado sobre a estrutura de concreto; rolado, aplicado com rola de espuma tanto na estrutura como na alvenaria.

Formas de aplicação e características dos chapiscos conforme descritos por BAÍA; SABBATINI, (2000):

3.4.1.2.1 Chapisco tradicional

“Argamassa de cimento, areia e água, adequadamente dosada. ”

a) resulta em uma película rugosa, aderente e resistente;

- b) apresenta um elevado índice de desperdício, em razão da reflexão do material;
- c) pode ser aplicado sobre alvenaria e estrutura.

3.4.1.2.2 Chapisco desempenado

“Argamassa industrializada com aditivos”

- a) só é necessário acrescentar a água no momento da mistura na proporção definida
- b) é aplicado com desempenadeira dentada somente sobre a estrutura de concreto
- c) apresenta uma elevada produtividade e rendimento

3.4.1.2.3 Chapisco rolado

“Mistura de cimento e areia, com adição de água e resina acrílica.”

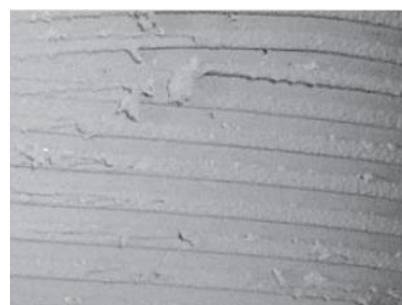
- a) argamassa bastante plástica, aplicada com um rolo para textura acrílica em demãos;
- b) pode ser aplicado na fachada, tanto na estrutura como na alvenaria;
- c) proporciona uma elevada produtividade e um maior rendimento do material;
- d) necessita do controle rigoroso da produção da argamassa e da sua aplicação sobre a base.

Os tipos de chapiscos podem ser visualizados na Tabela 1:

Tabela 1 - Tipos de chapisco



Convencional



Desempenado



Rolado

(fonte: adaptado de Ceotto, 2005)

3.4.1.3 Emboço e Reboco

Emboço é a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base com ou sem chapisco. Permite que a superfície receba a camada de reboco ou de revestimento decorativo ou, ainda, se constitua no acabamento final. Reboco é a camada de revestimento de cobertura do emboço, permitindo receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final.

Essa técnica de execução separando em duas camadas vem sendo gradualmente menos adotada. Por se compreender em duas etapas que podem ser substituídas por apenas uma, sua utilização acaba sendo mais inviabilizada quando comparado com a massa única, apesar de usualmente ter resultados mais satisfatórios de acabamento de superfície.

3.4.1.4 Massa Única

Massa única é o revestimento executado em uma camada, cumprindo as funções do emboço e reboco. Os principais benefícios do revestimento de camada única se compreende prioritariamente no aumento da produtividade, mas além disso também se destacam a aplicação sem a necessidade de outro tipo de acabamento e a espessura reduzida, na ordem de 15 mm. Os principais fundamentos para o aumento da produtividade são: a eliminação das camadas intermediárias do sistema convencional, diminuindo as etapas e custos de construção e também um menor consumo de insumos, dessa forma aumentando a produtividade e a eficiência dos revestimentos (BERTOTTI, 2017).

A aplicação em uma única camada também tem de desvantagens, entre elas pode-se apontar: “a maior possibilidade de retenção de poeira, menor resistência a recalques ou deformações da estrutura, além da necessidade de mão-de-obra especializada para manter o mesmo padrão de acabamento. ” (BERTOTTI, 2017).

3.4.2 Aplicação

São descritos nesse item a aplicação manual, também denominada convencional e projetada. A principal diferença está na forma de lançamento da argamassa sobre o substrato, a qual também reflete nos equipamentos utilizados. Além disso, demandam configurações de equipes

diferentes visto que a argamassa convencional necessita de maior nível de mão de obra para os deslocamentos da mesma, sendo que a projetava tem bombeamento via mangotes.

3.4.3.1 Manual

A aplicação da argamassa é feita após a aplicação do chapisco que proporciona uma superfície contínua e homogênea para o recebimento da argamassa de revestimento

Inicialmente deve-se mapear e posicionar as linhas de eixo da edificação, e identificar os pontos críticos do ambiente, de menor e maior espessura e então deve-se realizar o taliscamento. Ao assentar as taliscas deve-se considerar um mínimo de 5mm no ponto de menor espessura. As taliscas devem ser espaçadas no máximo em 2,3m em ambas as direções. Ao longo das quinas e vãos devem ser previstas e posicionadas taliscas distanciadas aproximadamente a 30cm das bordas.

Ao iniciar a aplicação da argamassa deve-se atentar ao seu tempo de vida útil, que é de aproximadamente 3 horas para argamassas convencionais e de aproximadamente 48 a 72 horas para argamassa estabilizada. O início do trabalho ocorre com a execução de mestras, com faixas de argamassa de aproximadamente 5 cm de largura unindo as taliscas no sentido vertical.

A aplicação da argamassa sobre a superfície deve ser feita por projeção enérgica do material sobre a base, não excedendo 3 cm de espessura. Acima de 3cm a aplicação deve ser feita em etapas com cada camada tendo no máximo 3cm e respeitando o intervalo de pelo menos 16 horas entre a aplicação de cada camada.

A execução do acabamento pode ser sarrafeado, desempenado, camurçado ou ainda receber nova camada de revestimento (reboco). Assim que argamassa atingir uma consistência mais firme deverá ser realizado o sarrafeamento, processo que irá definir um plano de revestimento a partir das mestras executadas. O sarrafeamento consiste em aplainar o revestimento com uma régua de alumínio apoiada sobre as mestras, de baixo para cima, até que atinja uma superfície cheia. Após o sarrafeamento deve ser feito o desempeno que consiste no alisamento da superfície através de pressão contra camada de argamassa geralmente com aspersão de água. Finalmente é feito o camurçamento ou feltro empregado para textura mais lisa, seu emprego pode ser retirada dependendo do acabamento sobre o revestimento de argamassa

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002) (BAÍA; SABBATINI, 2000).

3.4.3.2 *Projetada*

No método de aplicação por bomba de projeção, a argamassa deve ter características que não provoque problemas tanto no bombeamento, como o entupimento do mangote, quanto na projeção, como reflexões elevadas e deslocamentos (CRESCENCIO, 2000).

As principais características na dosagem das argamassas projetadas são destacadas a seguir (CRESCENCIO, 2000).

A consistência das argamassas projetáveis deve permitir a passagem da argamassa pela bomba e pelo mangote e deve proporcionar boa aderência com o substrato. A adição excessiva de água causará uma maior reflexão e maior tendência ao escorrimento da argamassa projetada, além da possibilidade de ocorrer o deslocamento da argamassa, mesmo em pequenas espessuras de revestimentos, e de dificultar o sarrafeamento. Já a adição de pouca água causa dificuldades no bombeamento, podendo ocasionar o entupimento da bomba ou da mangueira, e, em seguida, no desempenho. A falta da adequada quantidade de água na argamassa pode ser verificada pela temperatura da argamassa recém projetada: caso ela esteja morna (e a camisa de projeção quente) significa que há grande resistência à passagem da argamassa pela tubulação. (CECHIN, 2017)

A argamassa projetada deve haver uma boa distribuição granulométrica, contendo partículas finas, médias e grossas, para que não se permita que a água presente passe pelos poros e seja projetada separadamente do restante da argamassa. Já a forma dessas partículas também influencia no bombeamento, pois grãos angulares tendem a encunhar e entupir a mangueira, assim, os arredondados são mais facilmente bombeados. (CECHIN, 2017)

A adição de cal em argamassas proporciona melhor trabalhabilidade, sendo utilizada muitas vezes para combater problemas de entupimento, entretanto a cal é frequentemente substituída por aditivos em argamassas industrializadas.

A utilização de plastificantes facilita o bombeamento e permite uma redução no teor de água da argamassa, melhorando a qualidade. A utilização de aditivos incorporadores de ar também

facilita o bombeamento em argamassas com pouca porosidade, visto que a pressão exercida pela bomba faz com que os poros desapareçam.

As argamassas muito ricas têm menor tendência a entupir e a segregar, porém necessitam altas pressões para serem bombeadas.

3.4.3.2.1 Equipamentos para projeção de argamassa

Podem ser encontrados no mercado os seguintes equipamentos de projeção: pequenos projetores com recipientes acoplados e bombas de projeção.

Projetores com recipiente acoplado que oferecem uma melhor produtividade em relação ao método tradicional e garantem uma energia de aplicação constante garante uma uniformidade do revestimento, porém não representam uma grande contribuição para a racionalização da obra;

Há também as bombas de projeção que podem ou não ter integrado um misturador. nesse caso a argamassa fresca é inserida em câmaras existentes nos equipamentos. Essa será bombeada através de um mangote e projetada na pistola com o auxílio de ar comprimido. As bombas com misturador acoplado podem receber a argamassa seca transportada por mangotes diretamente de silos ou pode-se despejar sacos de argamassa pré-misturada no seu receptor. (CRESCENCIO, 2000).

4 GESTÃO DA PRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a importância das atividades e a forma como os recursos são geridos, tendo como perspectiva obter sistemas de produção eficientes, através de ferramentas de gestão e controle. "As atividades de fluxo em geral consomem recursos, mas não contribuem para o objetivo da produção (não agregam valor), as empresas devem sempre procurar reduzir a quantidade dessas atividades em seus processos produtivos." (ISATTO et al., 2000).

As atividades de fluxo são todas as atividades relacionadas a um processo em que não há modificação dos insumos em um produto novo. São elas transportes ou movimentações, esperas ou estoques e inspeções. Tais atividades não são o objetivo do processo, porém são necessárias para a realização do serviço como um todo. Já as atividades de conversão são as que realmente transformam o produto e são aquelas que agregam valor ao mesmo sendo o objeto principal do processo.

4.1. FERRAMENTAS DE CONTROLE DA PRODUÇÃO

Para controle e diagnóstico da produção deve-se usar ferramentas que possibilitem uma forma mais racional de análise. Neste trabalho foram escolhidas algumas para aplicação e análise da produção do revestimento de argamassas. O conceito e a função de cada uma são descritos a seguir.

As ferramentas apresentadas são voltadas para avaliação da eficiência e eficácia da produção. Segundo ISATTO et al., (2000) para o controle da eficiência são necessárias ferramentas que permitam quantificar a produção por período e determinar a quantidade de recursos utilizados na produção, ou seja, diz respeito ao uso racional dos recursos. Ao mesmo tempo que para a avaliação da eficácia são necessárias ferramentas que determinem o grau que as metas já definidas estão sendo atingidas, ou seja, diz respeito ao atendimento das finalidades, usualmente expressas na forma de prazos e de sequências de execução relacionados a diferentes etapas da obra.

4.1.1 Procedimento executivo padronizado

É conveniente que se desenvolva um procedimento padrão de execução de serviços que possa ser seguido como um roteiro. Esse cuidado diminui a incidência de erros, evita improvisações e retrabalhos e atua na manutenção da forma correta de se aplicar as tarefas com as equipes de trabalho.

Especificamente, “a execução dos revestimentos de argamassa envolve uma série de etapas, com atividades próprias e procedimentos específicos, que devem estar bem definidos para que seja alcançado um maior nível de racionalização das atividades de execução. ” (BAÍA; SABBATINI, 2000).

4.1.2 Diagrama de processo

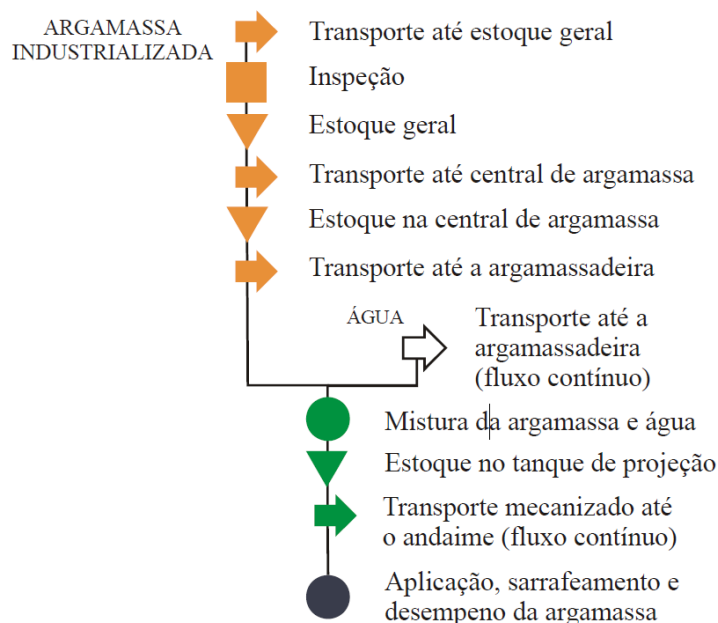
O diagrama de processos é a ferramenta que registra o fluxo realizado no processo, através da representação de seus materiais na extensão do processo de produção, consta a seguir na Figura 5 um exemplo. Nesse contexto tem-se como objetivos da sua utilização (ISATTO et al., 2000):

- a) permitir a visualização e a análise do processo;
- b) avaliar a relação entre a quantidade de atividades de fluxo e a quantidade total de atividades do processo;
- c) permitir a quantificação de outros indicadores de processo tais como: tempo do processo, distâncias e número de pessoas envolvidas.

A diminuição desses indicadores pode trazer uma redução de custo, em muitos casos, significativa para a empresa.

Ainda segundo o mesmo autor “o diagrama de processo tem sua utilização associada principalmente à análise e proposição de melhorias nos processos de uma forma genérica, como por exemplo a eliminação de atividades associadas a estoques intermediários ou alteração da sequência das atividades ao longo do processo”. Deste modo reduzindo essas atividades de fluxo e por consequência aumentando a eficiência do processo e reduzindo o custo de produção (ISATTO et al., 2000).

Figura 5 - Exemplo de diagrama de processos



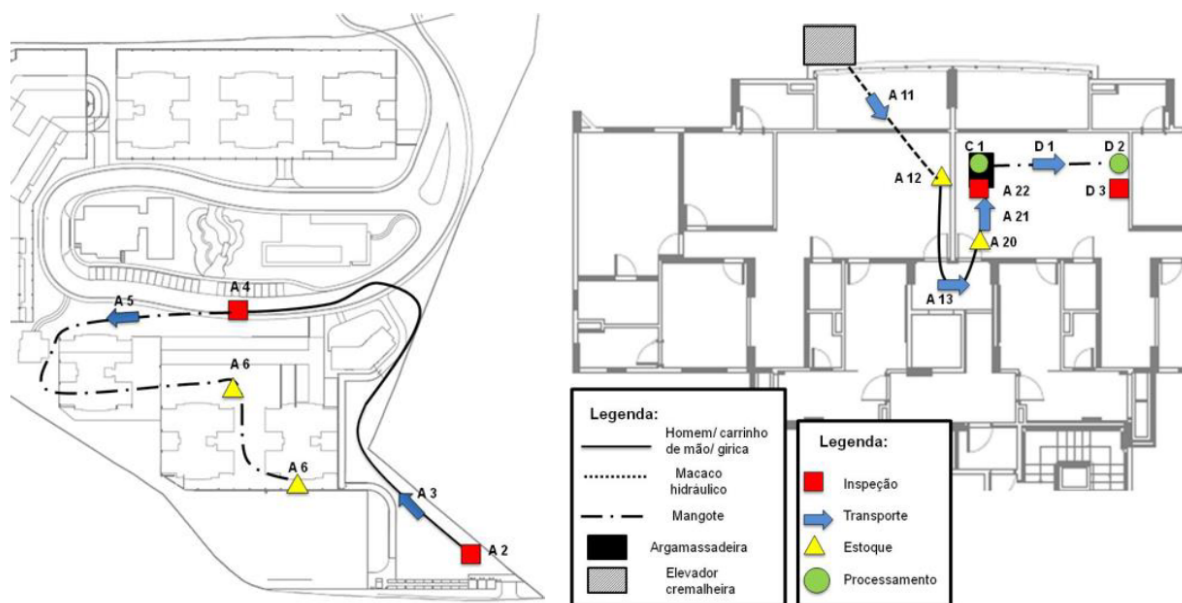
(fonte: Paravisi, 2008)

4.1.3 Mapofluxograma

O mapofluxograma é a representação gráfica do processo onde cada atividade é referenciada ao seu local de produção seguindo sua sequência de execução como forma de apresentar seu caminho de maneira espacial, pode-se dizer que é uma representação do diagrama de processos em uma planta. “Essa ferramenta é um esboço que mostra os deslocamentos e as relações entre as situações de um processo de produção, podendo, desta forma, auxiliar na visualização de restrições e cruzamentos de fluxos”(SALES; BARROS NETO; ALMINO, 2004).

“A representação dos locais de armazenagem e rotas de movimentação dos materiais sobre um leiaute do canteiro possibilita a identificação visual da eficiência do plano de obra proposto e evidencia pontos, onde o controle pode ser realizado”, conforme podemos observar na Figura 6 que contém um exemplo da ferramenta (CARNEIRO, 2010).

Figura 6 - Exemplo de mapofluxograma



(fonte: Pérez, 2016)

"O uso do diagrama de fluxo e do mapofluxograma tem grande importância dentro do processo de planejamento e melhoria contínua, pois permite que os processos sejam acompanhados e se tenha um panorama de como as atividades estão se desenvolvendo. Deste modo, essas ferramentas podem auxiliar na manutenção do equilíbrio nas melhorias realizadas nas atividades de fluxo e nas conversões e na simplificação do processo através da redução do número de passos ou partes constituintes do mesmo." (ISATTO et al., 2000)

Sua utilização mostra-se eficiente no planejamento de distribuição física dos elementos do canteiro e pode ser usado, durante o desenvolvimento de atividades, para avaliar mudanças em relação ao que foi planejado, podendo ser analisado e revisto. (SALES; BARROS NETO; ALMINO, 2004)

A representação de pessoas e equipamentos também podem ser apresentadas nesse tipo de ferramenta, permitindo uma melhor visualização do processo. Uma característica importante dos mapofluxogramas é que eles são representados em planos horizontais, havendo assim a necessidade de vários deles para o caso de atividades que ocorrem em vários pavimentos de uma obra vertical. (SALES; BARROS NETO; ALMINO, 2004)

4.1.4 Registro de imagens do processo

O registro de imagens do processo é um meio simples e pontual de documentar a execução de uma atividade, é muitas vezes aplicado de forma intuitiva para apontar características do método de execução. "O registro de imagens do processo também desempenha importante papel no sentido de complementar as demais ferramentas, bem como permitir o registro de boas práticas para a disseminação pela empresa" (ISATTO et al., 2000).

Segundo o mesmo autor o “diagrama de processo e o mapofluxograma podem servir como um roteiro de fotos/filmagens, devendo-se buscar incluir todas as atividades registradas nos mesmos. ” A visualização dos sistemas empregados é facilitada pela complementação das imagens referenciando os documentos já feitos. É de interesse que sejam também registrados os componentes e seu fluxo no processo como equipamentos e as atividades das equipes. Além disso é importante a representação do produto final que pode ser considerada um registro do resultado a ser esperado, padronizando o produto final.

4.1.5 Controle de materiais e consumo

O controle de matérias pode ser executado através de uma simples planilha de recebimento e consumo de materiais. Com dados obtidos a partir destes registros pode-se fazer a comparação com os parâmetros de consumo de materiais para a referida atividade. Pode -se ver um exemplo de controle na Figura 7.

Figura 7 - Exemplo de controle de recebimento de argamassa

CONTROLE RECEBIMENTO DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA									
TIPO: PROJEÇÃO (caixa cinza)									
NF	CAIXA (nº)	QTDE. (m³)	ASS. RCBTO.	RECEBIMENTO		VALIDADE		APLICAÇÃO	ASS. GUINCHO
				DATA	HORA	DATA	HORA		
21042	5	3	X	11/09	17:10	13/09	17:10	Torre 1 - 7º pavimento	
21079	9	1,5	X	12/09	16:00	14/09	17:10	Torre 1 - 9º pavimento	

(fonte: o autor)

No caso da argamassa faz-se a comparação do volume de material consumido com a volume de material que deve ser incorporado na parede tendo em vista a área e espessuras ideais, a partir desse comparativo pode-se verificar as perdas e aproveitamentos. Além disso pode-se comparar com o volume orçado sendo mais uma forma de avaliar os custos da atividade, porém com outro enfoque.

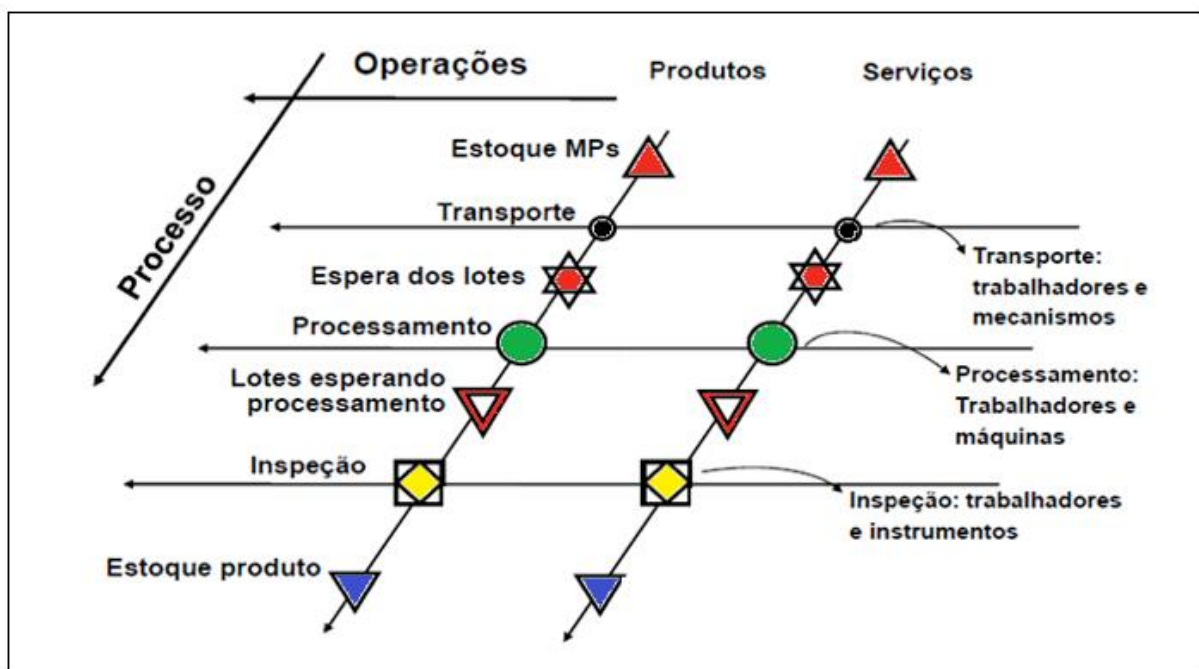
4.2 PERDAS E CONSTRUÇÃO ENXUTA

Para FORMOSO (1996) o conceito de perdas na construção civil não se restringe a apenas desperdício de materiais, mas deve ser entendido como “qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores às necessárias à produção da edificação”. Esta visão amplia as observações das fontes de perdas para além dos materiais, dando igual importância às tarefas de execução do serviço que geram custos adicionais e não agregam valor (FORMOSO, 1996).

A visão da produção provocada por essa ampliação de conceito abre o enfoque aos processos e sua eficiência, pois um processo de baixa qualidade além de elevar os custos não entrega um produto final com a qualidade esperada (FORMOSO, 1996).

Essa abertura de enfoque para reduzir perdas se baseia na teoria da construção enxuta que analisa os processos de uma nova forma contrapondo o modelo de conversão tradicionalmente usado. Há uma distinção entre processos e operações, sendo que o processo visualiza o fluxo de materiais e as operações compreendem o fluxo pessoas e equipamentos, conforme ilustra a Figura 8 (SHINGO, 1996).

Figura 8 - Processos x Operações



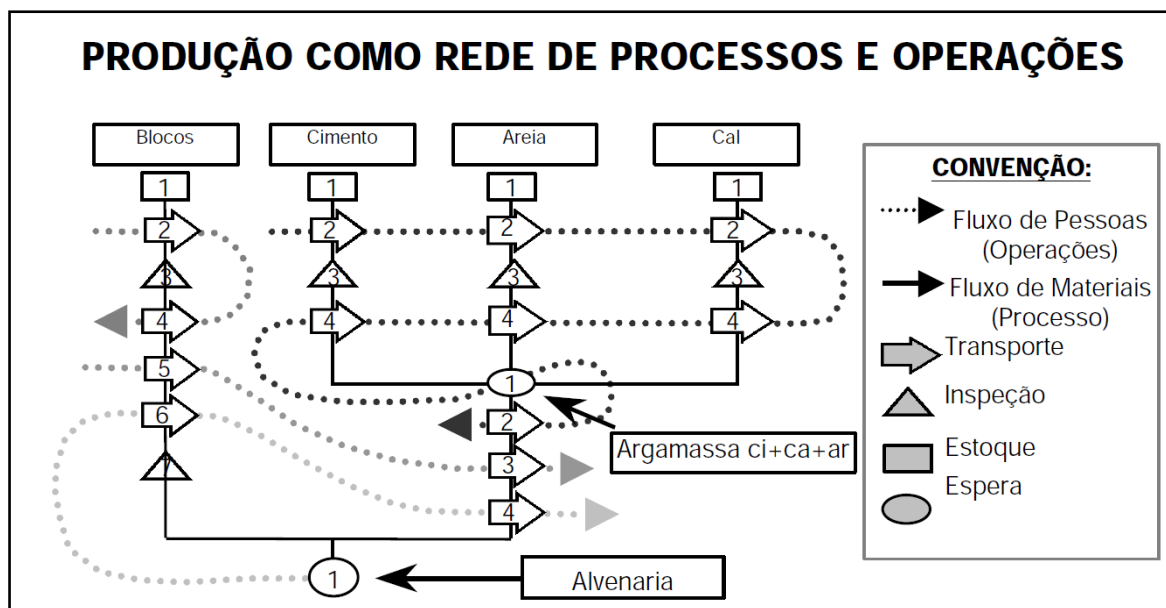
(fonte: adaptado de Shingo 1996)

O modelo tradicional define a produção como um conjunto de atividades de conversão que transformam os insumos em produtos intermediários ou final. Já o modelo de processo da construção enxuta assume que um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final. Pode-se observar um exemplo desse modelo na Figura 9 (ISATTO et al., 2000).

O modelo conceitual dominante na construção civil costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimentos) ou final (edificação). Por esta razão, o mesmo é também denominado de modelo de conversão.

No modelo de conversão apenas atribuímos os processos de montagem de uma edificação, admitindo que cada serviço do escopo de uma obra é composto por processos e subprocessos de conversão dos insumos, porém nesse modelo não são contempladas as atividades que não estão diretamente transformando os insumos, mas sim são atividades indiretas complementares a atividade e que tem um custo. No modelo processo da construção enxuta contempla-se todas as atividades que podem ser subdivididas em: atividades de fluxo que são estoque, transporte inspeção que não agregam valor e atividades de conversão que processam e agregam valor ao produto (ISATTO et al., 2000).

Figura 9 - Relação entre fluxo de materiais e fluxo de trabalho



Fonte: Isatto (2000)

O principal benefício de visualizar o todo do processo de produção é poder identificar com maior clareza as oportunidades de melhoria, aumentando a eficiência das atividades de conversão e reduzindo ou até eliminando atividades de fluxo.

Soibelman, (1993) afirma que é aceitável um certo nível de perdas, pois exigiria um demasiado investimento que superaria a economia oriunda de tal medida. Sendo assim há um nível aceitável de perdas que variam entre diferentes empresas e obras pois dependem das particularidades dos canteiros e empreendimentos

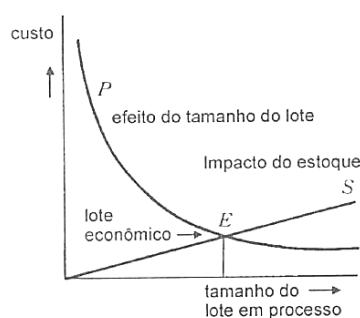
Segundo a pesquisa realizada por Soibelman, (1993) a argamassa regular foi o material que apresentou, em média, o maior índice de perdas.

Quanto a gestão do canteiro de obras e o fluxo de materiais busca-se a utilização de equipamentos que facilitem e agilizem a execução dos serviços, como também encurtar as distâncias e percursos que deverão ser percorridos em obra, além disso se procura “minimizar possíveis interferências e reduzir os tempos improdutivo de movimentação, esperas e paradas, que não agregam valor ao processo de produção.” (REIS; MELHADO, 1999).

Uma forma de executar apenas o necessário para a produção é a filosofia *just in time* que segundo Silva (2000) “se baseia no princípio de que nenhuma atividade deve acontecer num sistema sem que haja necessidade dela”. Quanto aos materiais ou produtos em processo, também não devem chegar no ponto de processamento se o mesmo não for ser utilizado naquele momento. Assim Silva (2000) define que “a demanda (do cliente final) é que deve "puxar" toda a produção na cadeia logística”. Com essa prática há a redução de estoques intermediários, assim expondo as possíveis ineficiências na sequência da atividade que eram de menor percepção, implementando assim uma melhoria contínua no processo produtivo (SILVA, 2000).

Outra forma de reduzir os estoques é a diminuição do tamanho do lote, para isso é importante o entendimento do conceito de lote econômico. O custo é diretamente impactado pelo tamanho do lote, sendo que quanto maior um lote menor seu custo, porém grandes lotes geram perdas de estoque, e deficiências de qualidade por ser menos controlável. Então o lote econômico consiste em identificar a intersecção entre o tamanho do lote e o impacto do estoque (ROSA, 2001).

Figura 10 - Lote econômico



(fonte: Shingo, 1996 p.46)

O conceito do lote econômico pode ser visualizado na Figura 10, na qual se observa os custos de mão-de-obra diminuem à medida que o tamanho dos lotes crescem. Por outro lado, grandes lotes são acompanhados do aumento da quantidade estocada. “Portanto, o lote econômico é definido pela interseção entre as linhas do efeito do tamanho do lote e o impacto do estoque.” (ROSA, 2001).

Na produção de argamassa o desperdício de materiais pode ser dividido basicamente em duas frentes: perda por entulho e perda incorporada (SOUZA et al., 1999).

A maior parcela de perdas é devido à execução de revestimentos com espessuras maiores do que as necessárias, causadas por: desaprumos e irregularidades nas estruturas; falta de coordenação entre o projeto arquitetônico e estrutural e falta de coordenação entre as dimensões dos tijolos e a largura dos marcos das aberturas (SOIBELMAN, 1993).

Para que o impacto na produção as medidas de racionalização construtiva devem ser previamente adotadas, já sendo previstas na etapa de projeto como forma de padronização da prática construtiva da empresa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

Como afirma Carneiro, (2010): “O maior detalhamento das informações obtidas do projeto de revestimento permite também a definição racional da logística para recebimento, armazenamento, movimentação e processamento dos materiais no processo.”

O planejamento contendo uma proposta de implantação e de logística de canteiro é importante para equalizar as distâncias e postos de trabalho, organizando assim uma melhor distribuição das atividades. A falta dessa iniciativa de planejamento implica em movimentações

desnecessárias devido à má localização de equipes, materiais e equipamentos causando prejuízos à qualidade e produtividade e afetando diretamente os custos da produção, assim “[...] torna-se cada vez mais importante a gestão dos fluxos físicos em canteiros, a fim de reduzir perdas nos processos.” (SALES; BARROS NETO; ALMINO, 2004).

O desperdício na produção começou a ser apontado no setor industrial e foi segmentado em: “superprodução; espera; transporte; muita maquinização (processamento demais); inventários; movimentação; fabricação de peças e produtos defeituosos” (OHNO, 1997).

Na construção civil os mesmos conceitos de perda podem ser analogamente relacionados conforme Formoso et al. (1997) descrevem:

(a) Perdas por superprodução: refere-se às perdas que ocorrem devido à produção em quantidades superiores às necessárias, como, por exemplo: produção de argamassa em quantidade superior à necessária para um dia de trabalho, excesso de espessura de lajes de concreto armado.

(b) Perdas por substituição: decorrem da utilização de um material de valor ou características de desempenho superiores ao especificado, tais como: utilização de argamassa com traços de maior resistência que a especificada, utilização de tijolos maciços no lugar de blocos cerâmicos furados.

(c) Perdas por espera: relacionadas com a sincronização e o nivelamento do fluxos de materiais e as atividades dos trabalhadores. Podem envolver tanto perdas de mão de obra quanto de equipamentos, como, por exemplo, paradas nos serviços originadas por falta de disponibilidade de equipamentos ou de materiais.

(d) Perdas por transporte: as perdas por transporte estão associadas ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais e componentes em função de uma má programação das atividades ou de um layout ineficiente, como, por exemplo: tempo excessivo despendido em transporte devido a grandes distâncias entre estoques e o guincho, quebra de materiais devido ao seu duplo manuseio ou ao uso de equipamento de transporte inadequado.

(e) Perdas no processamento em si: têm origem na própria natureza das atividades do processo ou na execução inadequada dos mesmos. Decorrem da falta de procedimentos padronizados e ineficiências nos métodos de trabalho, da falta de treinamento da mão de obra ou de deficiências no detalhamento e construtividade dos projetos. São exemplos deste tipo de perdas: quebra de paredes rebocadas para viabilizar a execução das instalações; quebra manual de blocos devido à falta de meios-blocos.

(f) Perdas nos estoques: estão associadas à existência de estoques excessivos, em função da programação inadequada na entrega dos materiais ou de erros na orçamentação, podendo gerar situações de falta de locais adequados para a deposição dos mesmos. Também decorrem da falta de cuidados no armazenamento dos materiais. Podem resultar tanto em perdas de materiais quanto de capital, como por exemplo: custo financeiro dos estoques, deterioração do cimento devido ao armazenamento em contato com o solo e ou em pilhas muito altas.

(g) Perdas no movimento: decorrem da realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores, durante a execução das suas atividades e podem ser geradas

por frentes de trabalho afastadas e de difícil acesso, falta de estudo de layout do canteiro e do posto de trabalho, falta de equipamentos adequados, etc. São exemplos deste tipo de perda: tempo excessivo de movimentação entre postos de trabalho devido à falta de programação de uma seqüência adequada de atividades; esforço excessivo do trabalhador em função de condições ergonômicas desfavoráveis.

(h) Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: ocorrem quando são fabricados produtos que não atendem aos requisitos de qualidade especificados. Geralmente, originam-se da ausência de integração entre o projeto e a execução, das deficiências do planejamento e controle do processo produtivo; da utilização de materiais defeituosos e da falta de treinamento dos operários. Resultam em retrabalhos ou em redução do desempenho do produto final, como, por exemplo: falhas nas impermeabilizações e pinturas, descolamento de azulejos.

(i) Outras: existem ainda tipos de perdas de natureza diferente dos anteriores, tais como roubo, vandalismo, acidentes, etc.

Na produção de argamassa o desperdício de materiais pode ser dividido basicamente em duas frentes: perda por entulho e perda incorporada.

Paravisi, (2008) relata que a uma forma de diminuir a variabilidade e a dependência de mão de obra é com um maior grau de racionalização que pode ser obtido através do uso de projetores mecânicos no revestimento de argamassa.

Nas obras das empresas pesquisadas, diagnosticou-se utilização crescente de argamassas industrializadas (pré-dosadas armazenadas em silo ou ensacadas). A preferência pelo uso desse material, de acordo com os diretores técnicos e engenheiros de obras, deve-se, primordialmente, à possibilidade de se eliminar uma etapa de fabricação de argamassa em obra, que exige um controle tecnológico rigoroso durante a produção.

Assim pode-se vislumbrar algumas melhorias que poderão ser visualizadas ou então aplicadas nos processos das obras em estudo.

4.3 CUSTOS DA PRODUÇÃO

“O custo é uma variável presente em todas as etapas de um processo produtivo. ” O custo ponderavelmente é o fator predominante nas tomadas de decisões de sistemas produtivos. Por isso deve-se sempre destacar qual o custo de melhoramento do sistema e sua viabilidade (ROCHA et al., 2004).

Ainda segundo Rocha (2004) “os indicadores de custo são ferramentas simplificadas para controlar o consumo de recursos, dando agilidade a identificação de grandes desvios na produtividade e utilização de materiais. ” Portanto o controle dos custos do sistema pode ser usado como uma ferramenta de medição de eficiência do mesmo.

Porém em inúmeros quesitos o controle de custos não consegue medir corretamente a eficiência do sistema visto que existem custos indiretos envolvidos que muitas vezes são difíceis de serem mensurados e são muito diluídos no conjunto da obra, podemos citar aqui o elevador cremalheira, o abastecimento de água e a própria fiscalização da equipe de administração da obra.

5 ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta os estudos de caso feito a partir da coleta em campo de registros das atividades do sistema de produção de argamassa.

5.1 MÉTODO DE AVALIAÇÃO

Nesse item será apresentado os métodos empregados na avaliação dos sistemas de produção de argamassa.

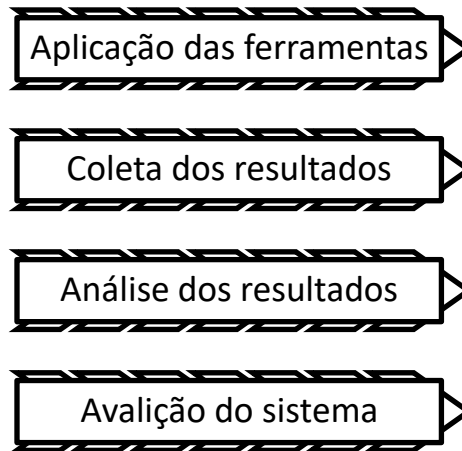
Inicialmente foram selecionados os sistemas que seriam avaliados, e então a partir dessa seleção foi realizada uma busca na região metropolitana de Porto Alegre de possíveis obras que pudessem ser objeto de estudo. Foram selecionadas obras que contemplassem diferentes características e métodos de produção para enriquecer a pesquisa, e assim também salientar possíveis vantagens e desvantagens encontradas pelos aspectos de avaliação.

Para a avaliação foram empregadas as ferramentas de controle da produção descritas no item 4.1 do presente trabalho:

- a) procedimento executivo padronizado;
- b) diagrama de processo;
- c) mapofluxograma;
- d) registro de imagens do processo;
- e) controle de materiais e consumo.

O estudo de caso consiste em, para cada obra selecionada, aplicar as ferramentas de controle da produção, analisar os resultados e então avaliar os diferentes sistemas de produção e suas vantagens, desvantagens e singularidades. Pode ser melhor visualizado no Quadro 2.

Quadro 2 - Esquema de metodologia aplicada



(fonte: elaborado pelo autor)

A seguir estão descritos os empreendimentos estudados e seus respectivos sistemas adotados. Também são apresentadas as ferramentas de controle de processos realizadas nos correspondentes empreendimentos.

5.2 EMPREENDIMENTO A

O empreendimento “A” constitui-se de um condomínio horizontal localizado na cidade de Cachoeirinha. O loteamento é composto por casas paralelas de 43m² e casas de esquina de 54m². A construtora será denominada de construtora “V”. O empreendimento é uma obra de padrão popular do programa “Minha Casa Minha Vida” correspondente ao nível de subsídio de faixa 1,5.

As casas são em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, o revestimento é de argamassa em camada única, o acabamento interno é pintura diretamente no revestimento com tinta PVA e placas cerâmicas nas áreas úmidas, e o acabamento externo é com aplicação de textura com tinta PVA.

O empreendimento “A” se divide em duas fases, com atuação de diferentes subempreiteiros em cada fase. Os sistemas construtivos utilizados ficam sob responsabilidade dos subempreiteiros que podem optar pelo que mais lhe for conveniente desde que cumpram os requisitos de desempenho e qualidade predefinidos.

Na fase um o sistema de produção de revestimento de argamassa adotado foi de produção em betoneira no local de aplicação, com recebimento de materiais a granel e utilização de baias para armazenamento.

Na fase dois o sistema utilizado é o de argamassa estabilizada dentro de uma central localizada no canteiro de obras.

A seguir descrevem-se as fases com suas respectivas atividades.

5.2.1 Avaliação da obra na Fase 1

Para produção da argamassa são estabelecidas centrais de trabalho que atendem entre 12 e 18 casas dependendo da disposição das quadras do loteamento. Essas centrais se configuram com a execução de uma base de concreto para trabalho, uma cobertura para a betoneira e baias secundárias para armazenamento da areia como pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11 - Central de trabalho de produção de argamassa



(fonte: foto do autor)

Na central de betoneira são identificados os traços executivos e os profissionais autorizados a operar a betoneira, como pode ser visualizado na Figura 12. O baixo grau de industrialização desse sistema de produção acarreta em um alto número de operadores para a mistura da argamassa como a Figura 12 também demonstra.

Figura 12 - Identificação da central e dos operadores



(fonte: foto do autor)

Figura 13 - Tabela de traço executivo

TABELA DE TRAÇO EXECUTIVO

CONCRETO PARA LATA DE BALDE LÍQUIDO

TIPO DE SERVIÇO	ÁREA (M ²)	ÁREA (M ²)	ÁREA (M ²)	QUANTO (M ³)	QUANTO (M ³)	ACTIVO
ORGANIZADA PARA ASSENTAMENTO 2 Mm	ÁREA (M ²)	ÁREA (M ²)	ÁREA (M ²)	QUANTO (M ³)	QUANTO (M ³)	ACTIVO
ÁREA (M ²)	10,42	10,42	10,42	1,0	1,0	
ÁREA (M ²)	11,34	11,34	11,34	1,1	2,1	
ÁREA (M ²)	11,52	11,52	11,52	1,1	2,2	
ÁREA (M ²)	11,23	11,23	11,23	1,1	1,1	
ÁREA (M ²)	11,41	11,41	11,41	1,1	1,1	
TOTAL	56,92	56,92	56,92	5,4	7,5	

NOTA: O tempo de ciclo deve ser de aproximadamente 45 minutos.
 Cada traço de concreto para betoneiras de 400 litros; para betoneiras de 200 litros utilizar metade do traço.
 Obs. 1: Slump médio para concreto: 12,5 a 13 cm.
 Obs. 2: Slump médio para concreto: 25 cm.

(fonte: foto do autor)

Além disso, o baixo índice de mecanização do sistema faz com que se perca a precisão da dosagem se comparado com os sistemas mais industrializados pois nesse sistema a dosagem é feita em volume e não em massa como aponta a Figura 13, geralmente sendo utilizado baldes ou latas conforme ilustra a Figura 14. Na mesma imagem pode-se observar que se trata do revestimento de uma casa de esquina mais afastada das centrais onde os deslocamentos seriam maiores, e a equipe de trabalho acabou deslocando os equipamentos para próximo ao local. Como consequência dessa ingerência que acabou acontecendo, também denominada *making-do*, temos uma diminuição da distância de transporte, porém não temos a base concretada de trabalho e a cobertura dos equipamentos provocando uma perda das condições de trabalho do ponto de vista de ergonomia e salubridade, da mesma forma como não há as baias de armazenamento, fazendo com que ocorra uma maior perda dos materiais que são acomodados diretamente no chão.

Figura 14 - Produção de argamassa em betoneiras



(fonte: foto do autor)

A argamassa após a mistura em seu estado fresco é despejada diretamente nos carrinhos de mão para transporte até o local de aplicação. Como as betoneiras utilizadas são de 400 litros faz se o uso de um maior número de carrinhos se comparado com a argamassa estabilizada que precisa apenas um por casa pois já tem uma caixa para armazenar a argamassa em estado fresco. Geralmente são utilizados 4 carrinhos por “betonada” como pode-se ver na Figura 15

Figura 15 - Carrinhos de mão utilizados em cada central de betoneiras



(fonte: foto do autor)

Figura 16 - Transporte da argamassa via carrinho de mão



(fonte: foto do autor)

O transporte é realizado por carrinhos de mão da betoneira até o local de aplicação, o que em locais mais distantes aumenta a probabilidade de haver desperdício por derramamento se levarmos em conta que tipicamente as equipes trabalham com o carrinho perto da máxima capacidade como pode-se perceber no conto inferior esquerdo da Figura 16. A dispersão de material não apenas reproduz a perda de material produtivo como também gera um serviço extra de limpeza do trajeto provocando um maior uso de mão de obra.

A areia é recebida na obra a granel e armazenada em uma baia central ilustrada na Figura 17, depois é transportada através de betoneira para baias secundárias localizadas nas centrais de betoneiras, o transporte pode ser visualizado na Figura 18. Essa atividade de fluxo poderia facilmente ser eliminada se a areia fosse diretamente descarregada nas baias secundárias, porém as dimensões das baias secundárias comportam um pequeno volume comparado com o utilizado e as cargas de recebimento dos fornecedores de agregados são em grandes quantidades já que são utilizadas para a produção de concreto conjuntamente e assim são descarregadas na central. Esse descompasso desencadeia atividades de estoque e transporte além do necessário. Além disso as movimentações de material nesse fluxo utilizaram de um equipamento de alto valor agregado gerando um alto custo vinculado ao processo, no caso é empregado uma retroescavadeira como pode ser visualizado na Figura 18.

Figura 17 - Baias centrais de armazenamento de agregados



(fonte: foto do autor)

Figura 18 - Transporte da baía central até a baía secundária via retroescavadeira



(fonte: foto do autor)

O armazenamento do cimento e da cal na obra é em uma das casas que se localizam perto das centrais de betoneira conforme ilustra a Figura 19.

Figura 19 - Estoque de cal em localizados em uma casa do canteiro



(fonte: foto do autor)

Figura 20 - Estoque de sacos de cal e cimento utilizados



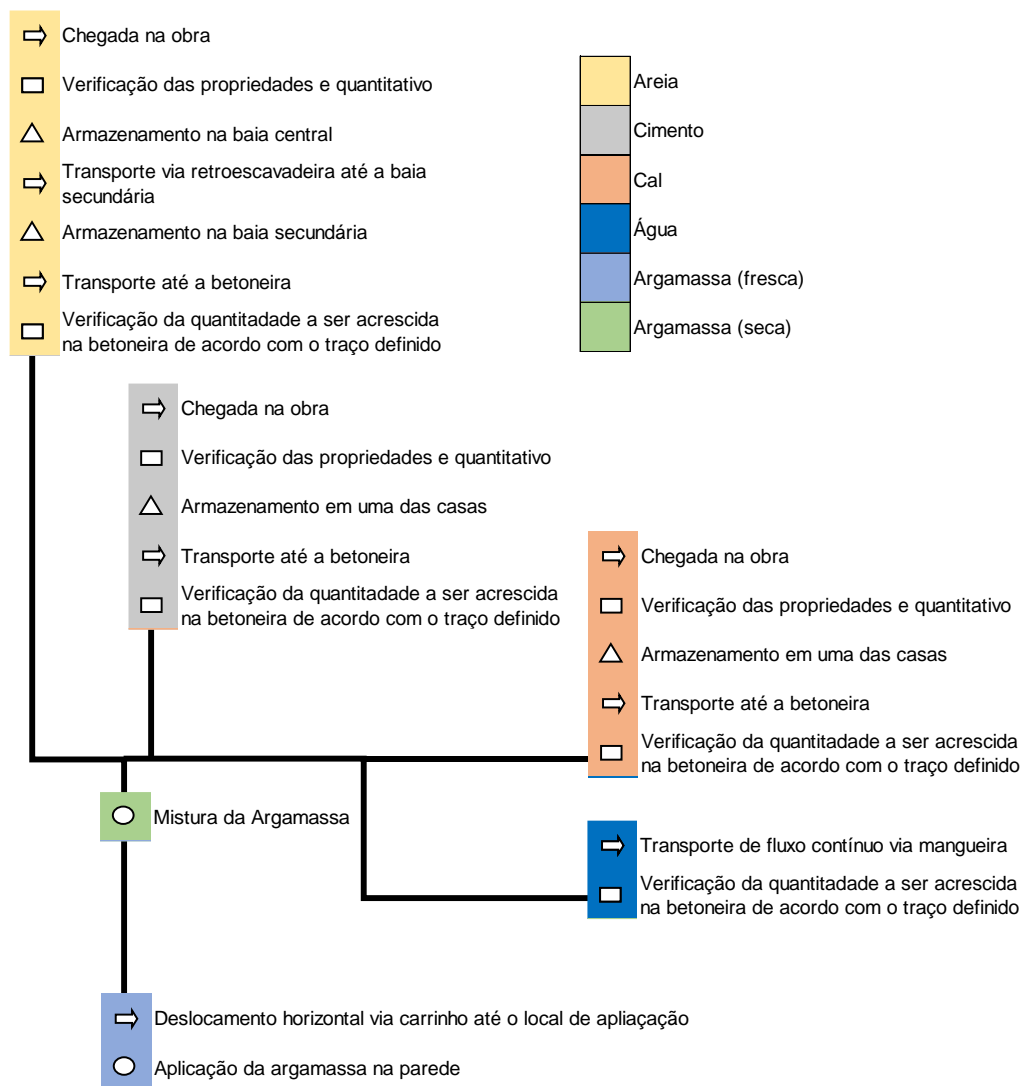
(fonte: foto do autor)

Esse armazenamento acaba por quebrar a ordem de execução de serviços devido a utilização do espaço, criando assim um *gap*, que cria uma série de trabalhos fora de escalonamento nas casas utilizadas como estoque gerando um desequilíbrio no ritmo de produção.

Outro detalhe que pode se observar nesse sistema de produção é que acaba deixando as embalagens de papelão dos sacos de cimento e cal utilizados na produção de argamassa conforme observa-se na Figura 20. Esses resíduos, além de gerarem uma nova atividade intrínseca a produção de argamassa ainda provoca alguns estoques diminuindo espaços no canteiro. Os resíduos posteriormente também devem ser destinados propriamente de acordo com o PGRCC.

As atividades do processo de produção de argamassa podem ser visualizadas no diagrama da Tabela 2.

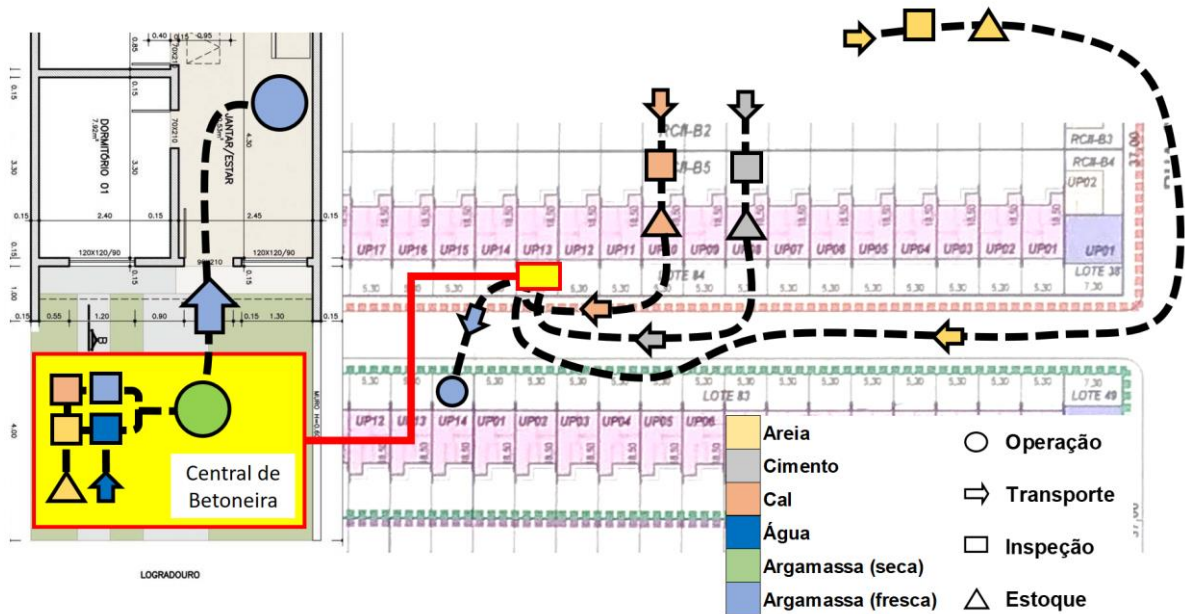
Tabela 2 - Diagrama de processos da produção de argamassa a granel em baias



(fonte: elaborado pelo autor)

Para visualizar as atividades na implantação do canteiro de obras foi elaborado o mapofluxograma da Figura 21.

Figura 21 - Mapofluxograma de argamassa a granel em baias



(fonte: elaborado pelo autor)

5.2.1 Avaliação da obra na Fase 2

O sistema utilizado na fase 2 é de argamassa estabilizada que é produzida em central localizada no canteiro como pode ser observada na Figura 22

Figura 22 - Central de produção de concreto e argamassa



(fonte: foto do autor)

A central de usinagem conta com as baias de agregados, um silo de estocagem de cimento, um contendor de aditivos e um reservatório de água. O processo de dosagem é muito mais preciso do que o das centrais de betoneira, pois os componentes da argamassa são dosados por massa enquanto nas centrais de betoneira são dosados por volume geralmente em baldes

Figura 23 - Equipamento utilizada para mistura de argamassa estabilizada



(fonte: foto do autor)

Após realização da mistura, a argamassa estabilizada é distribuída na obra pelo equipamento em caixa localizadas na frente da casa que esteja ocorrendo o serviço de revestimento, conforme pode-se observar na Figura 24. Como o mesmo equipamento de mistura já faz o transporte da argamassa não há necessidade de se fazer um estoque intermediário, eliminando assim atividades de fluxo no sistema de produção da mesma.

Figura 24 - Localização das caixas de armazenamento de argamassa em frente as casas



(fonte: foto do autor)

O transporte para o local de aplicação da argamassa então também é realizado com carrinho de mão, porém as distâncias são muito menores visto que há um estoque individualizado e próximo de cada casa. Com a utilização de pás é feito a baldeação para o carrinho que se desloca até a aplicação do revestimento de argamassa conforme podemos ver na Figura 25.

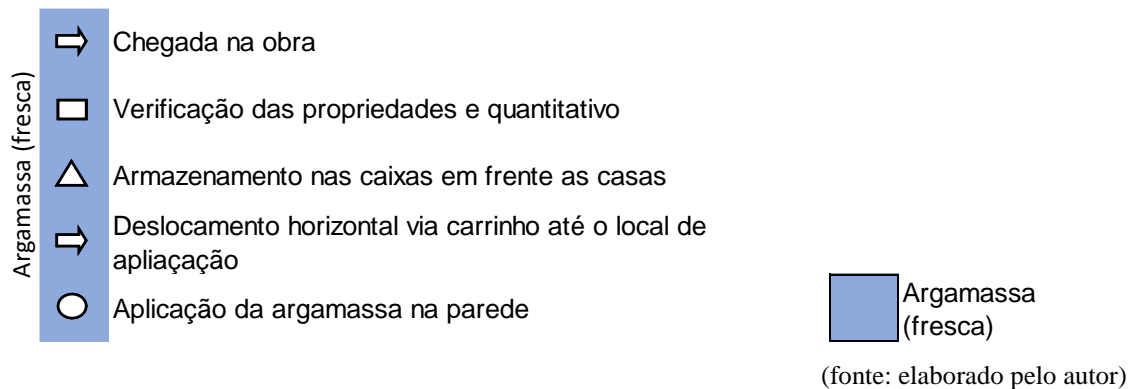
Figura 25 - Abastecimento do carrinho para transporte ao local de aplicação



(fonte: foto do autor)

O diagrama da Tabela 3 demonstra o caminho dos insumos até o produto final.

Tabela 3 - Diagrama de processo da argamassa industrializada



O armazenamento de argamassa fica individualizado podendo facilmente ser controlado o consumo de cada casa, enquanto o sistema de central de betoneira distribui para diferentes casas dificultando o controle de consumo.

O mapofluxograma da Figura 26 expressa os processos em um layout para visualização das distâncias.

O sistema de produção de argamassa de revestimento adotado na obra é de silo com misturador acoplado conforme elucidado na Figura 27

Figura 27 - Silo com misturador acoplado na obra



(fonte: foto do autor)

Figura 28 - Abastecimento do silo



(fonte: foto do autor)

O silo possui capacidade de armazenamento de 20 toneladas de argamassa seca. O abastecimento é feito com caminhões do tipo “cebola” onde o material é bombeado para o silo através de ar comprimido com o auxílio de mangotes que são conectados do caminhão até o silo, deve prever uma passagem no tapume da obra para conexão do abastecimento, podemos ver a conexão do abastecimento do silo na Figura 28. Para identificação do nível de abastecimento do silo é usada a técnica de percussão, que deve ser interpretada empiricamente. Essa técnica não reflete os resultados mais precisos, portanto recomenda-se um controle de consumo e de pedidos de materiais integrado para não ocorrer problemas de abastecimento e consequente parada de atividades subsequentes.

O misturador acoplado ao silo tem capacidade de produção de 50 litros/minuto (aproximadamente 3 m³/hora), e o sistema é autolimpante. Todo este equipamento é fornecido para a obra sem custo de locação, é somente cobrado o custo de transporte do silo. Pode-se visualizar o misturador com mais detalhes na Figura 29.

Figura 29 - Misturador acoplado ao silo



(fonte: foto do autor)

A argamassa é produzida no térreo e despejada diretamente em giricas que fazem o transporte horizontal na obra. O posicionamento do silo deve ser estratégico na obra como forma de diminuir deslocamentos deve ser próximo a área de estacionamento do caminhão e também o mais próximo possível do elevador cremalheira que será o transporte vertical do sistema de abastecimento de argamassa. Na Figura 30 pode-se observar o caminho que a girica faz do misturador até o elevador cremalheira que fica logo ao lado esquerdo do pilar que aparece na imagem. Destaca-se que é um curto trajeto interferindo menos nas outras atividades que podem estar sendo realizadas no térreo.

Figura 30 - Caminho que a girica faz do misturador até o cremalheira



(fonte: foto do autor)

O transporte vertical para abastecimento da argamassa é compartilhado com vários outros serviços da obra que utilizam em seus sistemas logísticos o elevador cremalheira. Portanto é interessante ter uma rotina de movimentações que permita todos os processos serem atendidas. Uma característica típica de congestionamento da cremalheira é no primeiro horário da manhã quando várias atividades começam em seus respectivos pavimentos e precisam levar ferramentas e insumos que comumente são estocados nos primeiros pavimentos. Para evitar essa falta de processos recomenda-se o uso de kanban que informa os materiais necessários para realização de um pequeno pacote de serviço que pode ser vinculado ao planejamento de curto prazo, nesse caso também denominado PPC semanal. Dessa forma, pode-se antecipar os abastecimentos de materiais nos horários onde o elevador cremalheira esteja subutilizado, deixando ele mais desafogado e com prioridade para o transporte de materiais perecíveis como é o exemplo da argamassa.

Outra questão é o ponto de saída de materiais da obra que deve ser uma área de livre movimentação para auxiliar nos transportes, manobras e baldeamentos intervenientes aos processos logísticos, podemos observar o local de saída da argamassa que estava sendo executada no quarto pavimento na Figura 31. Na obra foi observado que os deslocamentos e estoques eram diligentemente planejados para o mínimo de interferência entre atividades paralelas.

Figura 31 - Local de saída da girica no pavimento



(fonte: foto do autor)

Figura 32 - Corredor de transporte da girica



(fonte: foto do autor)

O transporte no pavimento tipo deve atender a todos os deslocamentos necessários, muitas vezes devendo percorrer corredores e pequenos vãos das esquadrias, para isso é recomendado que se utilize de equipamentos que consigam se deslocar com facilidade, visto que esse trajeto será percorrido inúmeras vezes e busca-se uma agilidade no mesmo para aumentar a eficiência do sistema. Na Figura 32 aparece o corredor de transporte do pavimento tipo com suas respectivas entradas dos ambientes. Nas verificações, julgou-se que o sistema de giricas consegue ter uma satisfatória desenvoltura no abastecimento de todas as áreas do pavimento.

Para a aplicação na parede muitas vezes se utiliza a argamassa diretamente do carrinho desde que a altura esteja em níveis adequados, para aplicação em pontos mais altos é utilizada uma em uma pequena caixa que é abastecida pelo carrinho e pode ser facilmente apoiada sobre os andaimes. Pode se observar a estação de trabalho para aplicação na parede na Figura 33 e na Figura 34.

Figura 33 - Local de aplicação da argamassa



(fonte: foto do autor)

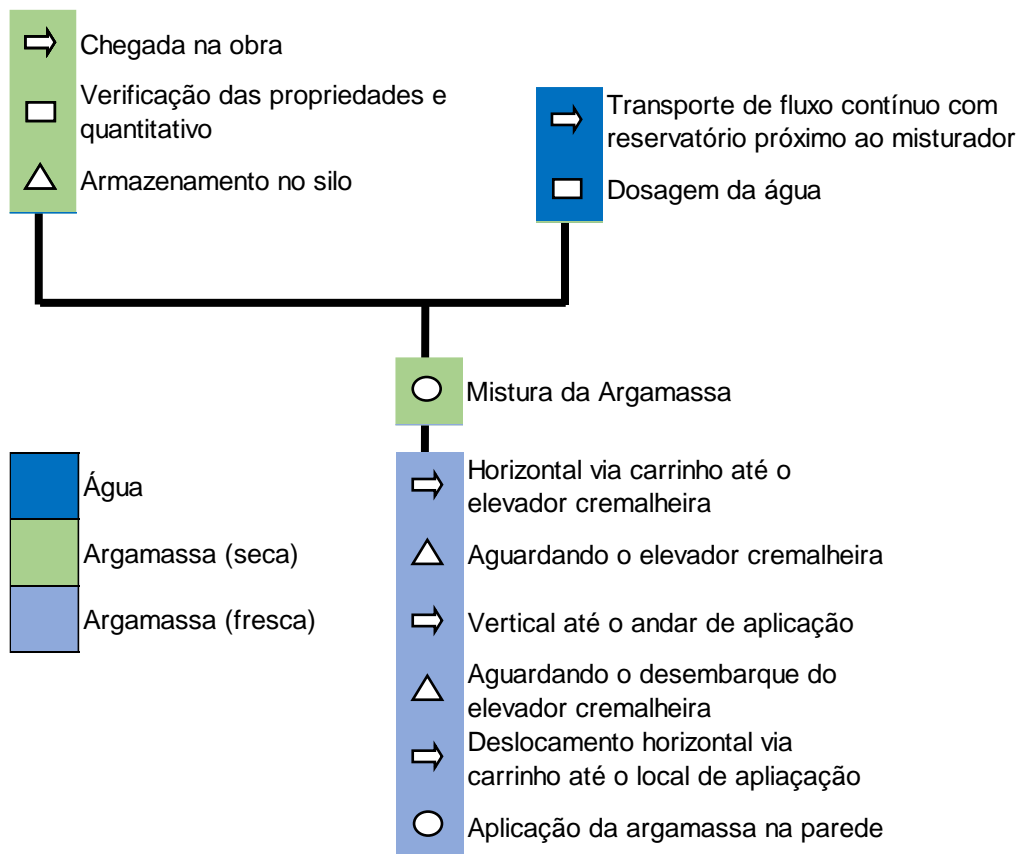
Figura 34 - Perspectiva do corredor e da aplicação



(fonte: foto do autor)

O diagrama da Tabela 4 demonstra o caminho dos insumos até o produto final.

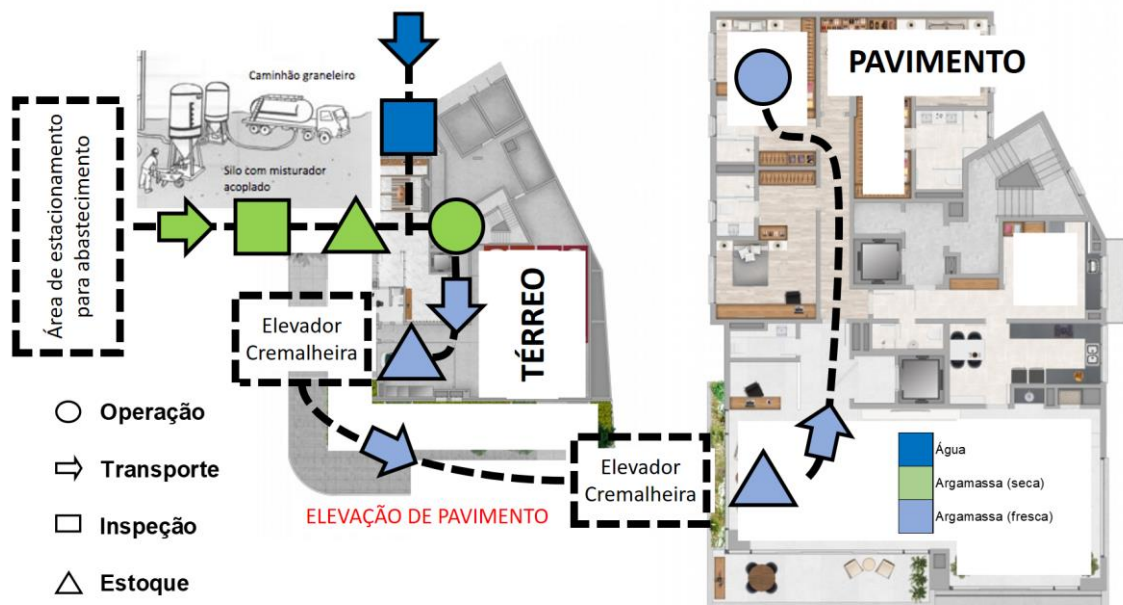
Tabela 4 - Diagrama de processos de argamassa em silo com misturador acoplado



(fonte: elaborado pelo autor)

O mapofluxograma da Figura 35 expressa os processos em um layout para visualização das distâncias.

Figura 35 - Mapofluxograma de argamassa em silo com misturador acoplado



(fonte: elaborado pelo autor)

5.4 EMPREENDIMENTO C

O empreendimento “C” constitui-se de uma edificação vertical de 8 pavimentos sendo o térreo com as áreas comuns e cinco pavimentos tipo mais uma cobertura duplex. São 18 unidades, sendo as unidades do pavimento tipo com 65m² até 84m² privativos e as unidades duplex de cobertura com 119m² e 144m² privativos. A construtora será denominada de construtora “X”.

A edificação é executada em concreto armado com as paredes de vedação que dividem as unidades entre si executadas em blocos cerâmicos com revestimento de argamassa em camada única, há também alguns detalhes em concreto aparente, já as paredes internas das unidades são executadas em divisórias leves de gesso acartonado. O acabamento das paredes das áreas úmidas é executado com placas cerâmicas e as paredes restantes são com aplicação de massa corrida e posterior pintura com tinta acrílica premium. A fachada é mista com partes em

revestimento de argamassa em camada única e outras com painéis de vidros, também é adotada a utilização de brises móveis na fachada.

O sistema de produção de argamassa adotado é de argamassa industrializada a granel armazenada em silos e com transporte via seca até o pavimento de trabalho.

A argamassa é recebida em obra por caminhões do tipo “cebola” onde o material é transferido para o silo através de ar comprimido, esse sistema de bombeamento é gerado por equipamento do próprio caminhão como ilustra a Figura 36. O tempo de descarga é de aproximadamente 15 minutos.

Figura 36 - Sistema de ar comprimido no caminhão transportador



(fonte: foto do autor)

A descarga é feita com o estacionamento do caminhão o mais próximo possível do silo, e o abastecimento é através de mangotes que são conectados do caminhão ao silo. Pode-se visualizar exemplos realizados em obras na qual o abastecimento estava sendo realizado pela fornecedora de argamassa na Figura 37.

Figura 37 - Exemplos de abastecimento de silos em obras



(fonte: foto da fornecedora de argamassa)

O estoque é feito em silos com capacidade de armazenamento de 20 toneladas de argamassa seca. Pode ser visualizado o silo da obra na Figura 38. O silo possui internamente um esquema que realiza redistribuição da argamassa como forma de garantir o uso homogêneo do mesmo.

Figura 38 - Localização do silo de argamassa na obra



(fonte: foto do autor)

O material é transportado do silo para o pavimento de trabalho por bombeamento via seca através de ar comprimido. É conectado um mangote na parte inferior do silo que recebe material via gravidade e então bombeia o material através de um compressor de ar comprimido para o andar de destino. Na Figura 38 também é possível observar o compressor de ar abaixo da cobertura e o mangote de transporte de argamassa conectado ao silo e que é conectado ao equipamento de mistura localizado no local de mistura.

O sistema de transporte a seco de argamassas é de propriedade da fornecedora de argamassa, estas máquinas tem um valor de locação de aproximadamente 2 mil reais por mês. A empresa fornecedora possui três marcas destes equipamentos, todos eles de origem alemã: Maltec, PFT e M-Tec. A capacidade de transporte de material deste equipamento é de 2 toneladas/hora (aproximadamente 1,5 m³).

A argamassadeira possui um recipiente de armazenamento de argamassa seca que auto detecta a quantidade armazenada e em caso de estar abaixo do nível pré-definido automaticamente aciona o compressor para bombeamento de argamassa a fim de preencher o nível do recipiente da argamassadeira.

Ao lado da argamassadeira fica localizado um reservatório de água para estabilizar a pressão da água e não interferir na dosagem da mesma no equipamento. Assim basta ligar o

equipamento para ele armazenar a argamassa seca, logo após define-se o dosagem da água no regulador, conforme mostra a Figura 40, e a argamassadeira está pronta para iniciar a produção.

Figura 39 - Argamassadeira e caixa de armazenamento no pavimento de trabalho



fonte: foto do autor)

Figura 40 - Dosador de água da argamassadeira



(fonte: foto do autor)

A argamassadeira que produz argamassa no pavimento de trabalho possui capacidade de produção de 30 litros/minuto (aproximadamente 1,8 m³/hora).

No pavimento de trabalho então é executada a mistura da argamassa que é estocada em caixas conforme aparece na Figura 39.

O transporte horizontal é executado com o auxílio de giricas que fazem o abastecimento do pavimento de trabalho para o revestimento interno, já para o revestimento de fachada é feito o uso de balancins que são abastecidos pelas giricas através dos vãos das esquadrias. Nos balancins que efetuam o deslocamento vertical na fachada a argamassa é estocada em caixotes e então é aplicada. Pode se visualizar o revestimento de fachada na Figura 41.

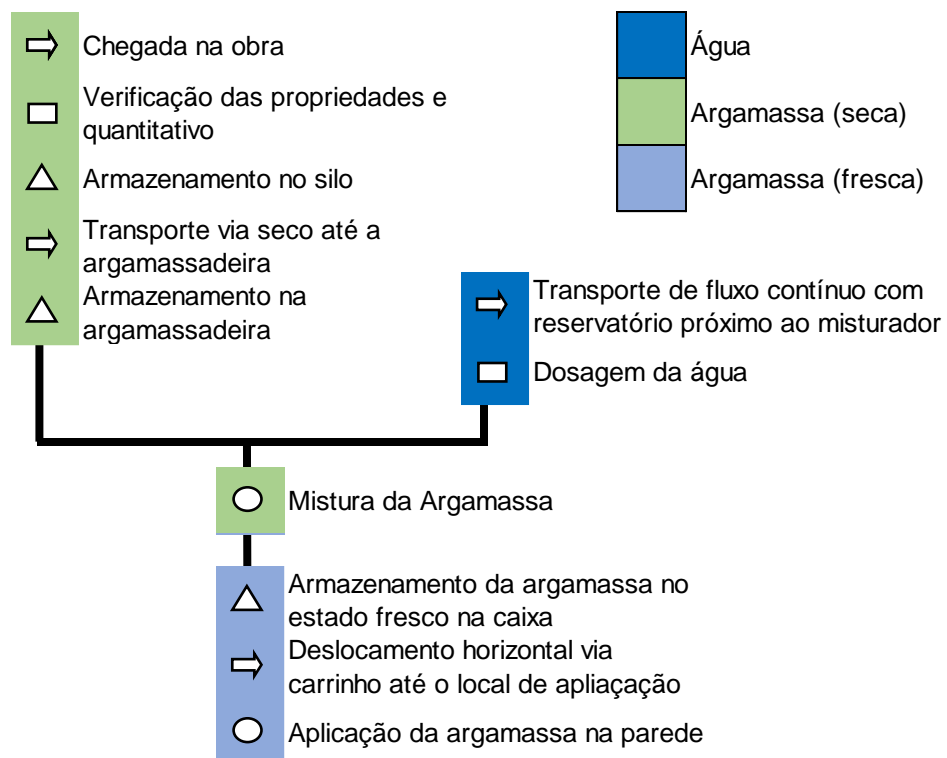
Figura 41 - Revestimento de fachada em argamassa na obra



(fonte: foto do autor)

O diagrama da Tabela 5 demonstra o caminho dos insumos até o produto final.

Tabela 5 - Diagrama de produção de argamassa com silo de transporte via seca

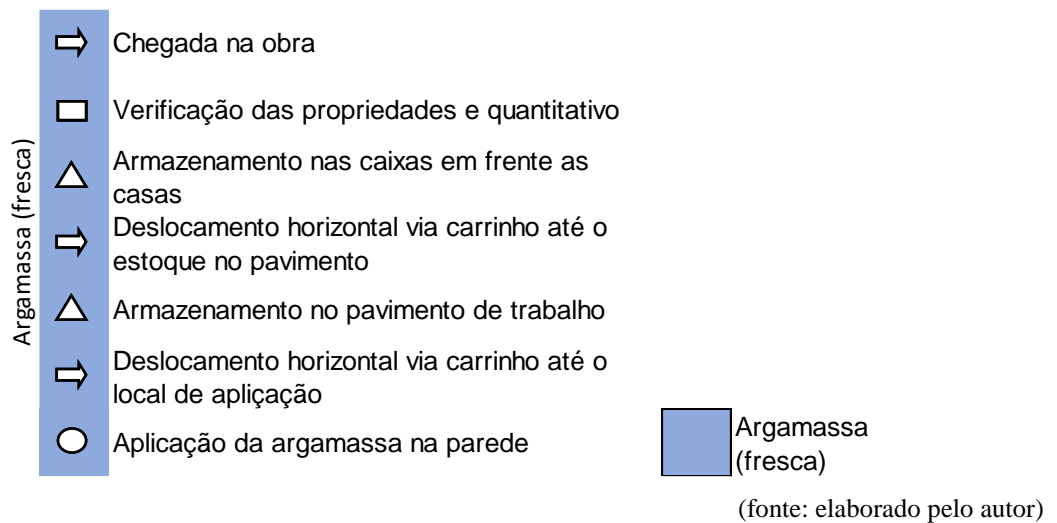


(fonte: elaborado pelo autor)

revestimento externo é com massa única de argamassa e porcelanato ultrafino importado da Itália. A construtora responsável será denominada construtora “U”.

O sistema de produção de argamassa é de argamassa estabilizada produzida em central. O diagrama de processo que resume o sistema na obra pode ser visualizado na Tabela 6

Tabela 6 - Diagrama de produção de argamassa estabilizada em obra vertical



A chegada na obra é localizada em uma pequena passagem entre os blocos já existentes e se localiza ao lado da emergência do hospital, sendo um ponto crítico para tomadas de decisão nos fluxos da obra. Pode-se visualizar a entrada da obra na Figura 43.

Figura 43 - Entrada compartilhada pela obra e pelo complexo hospitalar



(fonte: imagem do Google Street View)

A partir da entrada foi isolada uma pequena área para ser ocupada como estoque e área de estacionamento de descarga para veículos que consigam adentrar ante a cancela do pórtico de entrada. O local pode ser visualizado na Figura 44, e equivale a parte que fica logo a direita perpassando a cancela e o trajeto para obra é pelo portão que localiza-se ao fundo frontalmente á via de entrada.

Figura 44 - Local de descarregamento de caminhão no acesso de entrada da obra



(fonte: foto do autor)

Nesta área então é executada a descarga da argamassa na obra. As entregas são habitualmente feitas as 6h da manhã com a intuito de evitar os horários de mais tráfego nas imediações. o tempo de descarga é de aproximadamente 30 min e o volume consumido pela obra na etapa que se encontra é de cerca de 6 a 7m³.

O tempo de descarga foi um quesito preponderante para a decisão do sistema a ser adotado, pois a entrada da obra localiza-se ao lado da emergência do hospital em uma avenida com intenso tráfego de ambulâncias. Ao comparar-se com a argamassa feita em obra por exemplo o descarregamento dos insumos comprometeria a circulação obstruindo uma importante rota de emergência por muito tempo, visto que o descaramento de cimento em sacos de 50kg e o volume de areia necessário consumiriam um tempo demasiado de descarga, que precisa ter uma celeridade adequada com a logística do complexo. Ainda pode-se acrescentar que grandes veículos não conseguiriam adentrar a área interna do hospital reservada para a descarga.

Outra hipótese que foi descartada é o uso de silo pois as extensões do canteiro não comportavam o abrigo do mesmo, inviabilizando este sistema.

A obra trabalha com vários tamanhos de caixas para estoque da argamassa sendo 3 de 1m³, 4 de 0,5m³ 20cx de 200L as caixas de 200L são transportadas por carrinho desenvolvido propriamente para o transporte e fornecidos pela fornecedora de argamassa. Pode-se observar os equipamento citados que são utilizados para transporte na Figura 45, que já se localizam na entrada do canteiro para o armazenamento da carga do dia seguinte.

Figura 45 - Carrinho de transporte das caixas de argamassa



(fonte: foto do autor)

A prioridade é descarregar as caixas de 200L já na estação de trabalho para assim não haver a imposição de novas atividades de fluxo no processo. Contudo como o volume total pedido supera a capacidade de armazenamento em pequenas caixas e mesmo que houvesse tamanho quantidade de caixas elas demandariam grande área de estocagem sendo inviável. Pode-se observar as áreas anexas para estocagem na Figura 46, e nota-se que são reduzidas. Por isso armazena-se uma parcela do pedido em caixas maiores para depois serem transferidas para as caixas menores. O transporte então é executado em caixa acopladas no carrinho para os andares da obra via elevador cremalheira, a caixa acoplada ao carrinho pode ser vista na Figura 47.

Figura 46 - Corredor de circulação para transportes no térreo



(fonte: foto do autor)

Figura 47 - Movimentação de argamassa no térreo



(fonte: foto do autor)

O elevador cremalheira é de capacidade reduzida devido ao pequeno espaço disponível para sua instalação, porém consegue distribuir as caixas de 200L para os respectivos andares. Podemos observar a entrada e saída da argamassa estabilizada nas Figura 48 e Figura 49

Figura 48 - Entrada de acesso ao elevador cremalheira



(fonte: foto do autor)

Figura 49 - Saída do acesso do elevador cremalheira



(fonte: foto do autor)

As caixas conseguem ser facilmente locomovidas com o carrinho de suporte. Esse vínculo aperfeiçoa esse sistema de transporte que estabelece uma plausível agilidade nas movimentações. Como forma de reduzir transportes e estoques muitas vezes quando não for

necessário a utilização de andaimes usa-se diretamente a argamassa das caixas para aplicação. Ademais faz uma distribuição previamente a utilização do que será consumido na sequência de execução, dessa forma há um menor risco de interrupção para abastecimento. Pode-se visualizar um exemplo dessa distribuição na Figura 50 e na Figura 51.

Figura 50 - Posicionamento das caixas de argamassa



(fonte: foto do autor)

Figura 51 - Espaçamento das caixas de argamassa para uso no revestimento



(fonte: foto do autor)

A execução do revestimento então tem sua forma mais racional na aplicação diretamente conforme é possível ver na Figura 52.

Figura 52 - Execução de revestimento de argamassa



(fonte: foto do autor)

Contudo podem ser necessária adaptações para acesso do carrinho como no exemplo da Figura 53 que demonstra a rampa de acesso para transporte.

Nos trabalhos em altura há a necessidade do uso de andaimes como na Figura 54 acarretando em mais uma movimentação e um novo estoque que por exemplo não seriam necessários se fosse executada a argamassa com o uso de projeção que utilizaria apenas a elevação do operador sem a necessidade de movimentação da argamassa. Logo pode-se incluir o uso de argamassa estabilizada projetada como uma recomendação de racionalização do sistema utilizado.

Figura 53 - Rampa de acesso do elevador cremalheira



(fonte: foto do autor)

Figura 54 - Plataformas de elevação para execução de revestimento



(fonte: foto do autor)

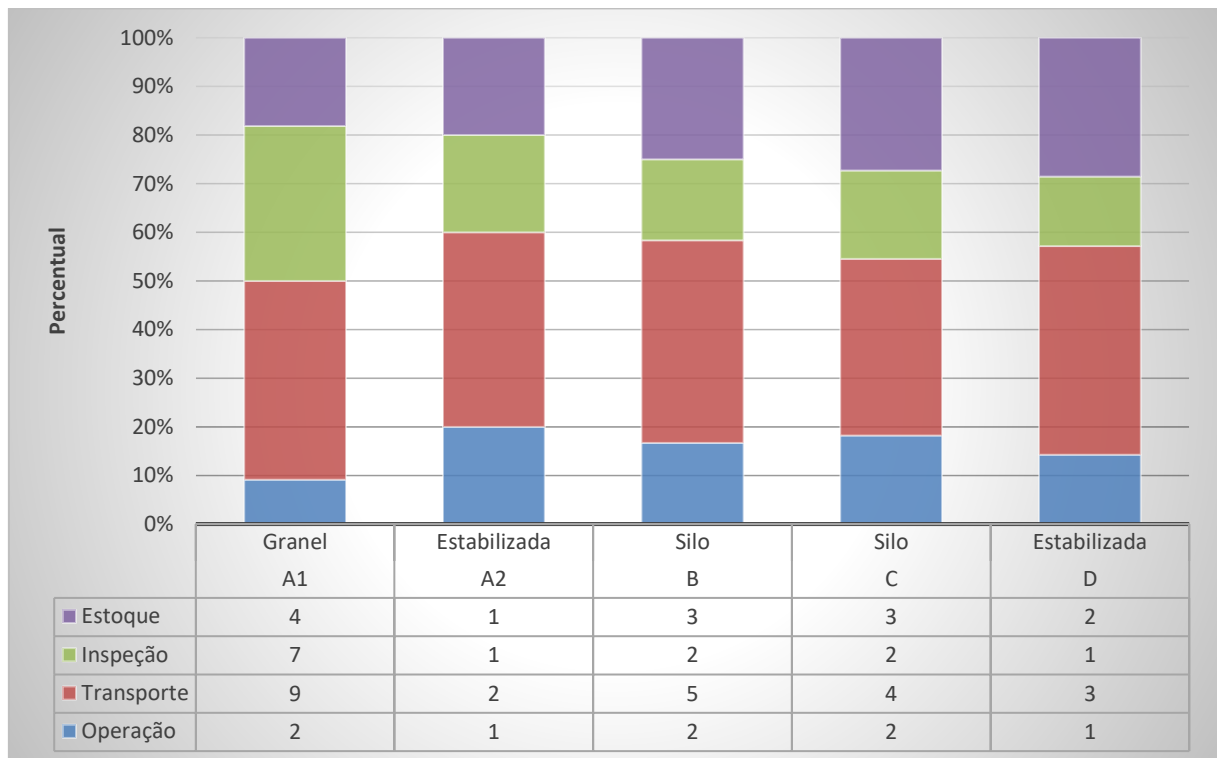
O horizonte de pedidos da obra é de 48h sendo nesse período consumido o volume pedido de 6 a 7m³, a obra também conta com um pequeno estoque de argamassa ensacada para absorver possíveis demandas que não possam ser administradas dentro do prazo de pedidos. Mesmo o pedido não demandando muito tempo de antecedência por capacidade técnica de logística do fornecedor.

5.6 COMPARATIVOS

A seguir seguem comparativos dos resultados observados no estudo de caso.

Na Tabela 7 pode-se visualizar um comparativo do número de atividades executadas em cada obra.

Tabela 7 - Comparativo de Atividades de Fluxo



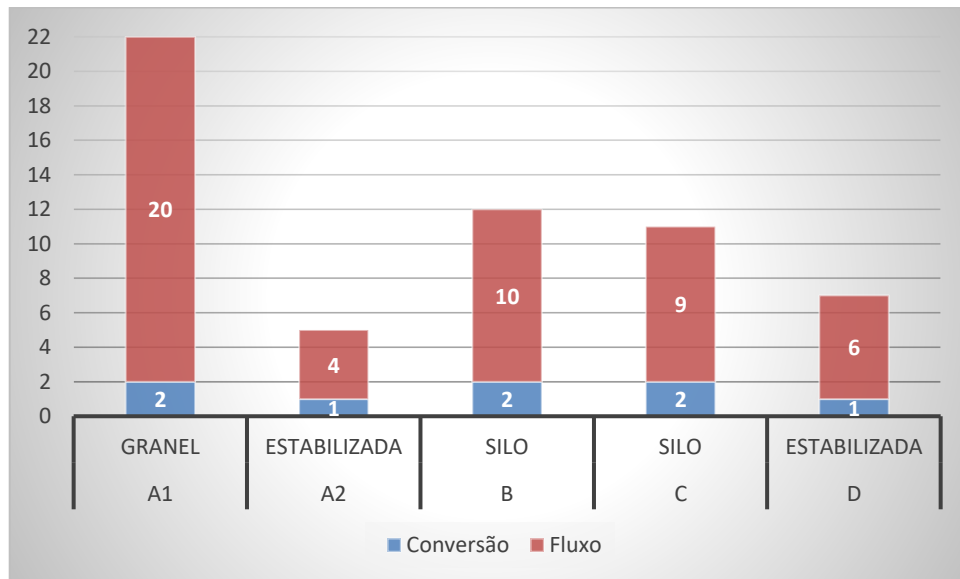
(fonte: elaborado pelo autor)

Constata-se que a obras com sistema a granel tem tanto percentualmente quanto em parâmetros absolutos um número de tarefas de inspeção consideravelmente mais elevadas que os outros sistemas, por conseguinte de maior indução a imprecisões.

Também pode-se ressaltar que o número total de atividades da argamassa misturada e produzida em obra tem um número muito elevado de transporte se comparado a outros sistemas sobretudo na comparação com a argamassa estabilizada produzida em central.

Na Tabela 8 visualiza-se as atividades de fluxo e de conversão e o número total de atividades.

Tabela 8 - Atividades de fluxo e conversão

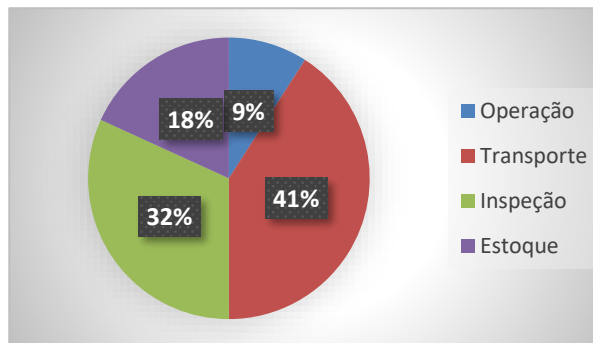


(fonte: elaborado pelo autor)

Constata-se que a atividade a granel tem um número muito maior de atividades chegando de duas a quatro vezes comparando com os outros sistemas, comparando no mesmo empreendimento “A” fica mais evidente e mais direta a comparação e o potencial de racionalização que comportava método construtivo. Já comparando o número de atividades de conversão vemos que a argamassa estabilizada compreende menos conversão em obra visto que a mistura de materiais e a dosagem da água já é executada em central. A dosagem de água na central tende a ser mais precisa, porém as propriedades da argamassa estabilizada são razoavelmente diferentes das com dosagem em obra para prioritariamente ampliar o tempo no estado fresco para utilização, porém não forma objeto de análise neste estudo de caso.

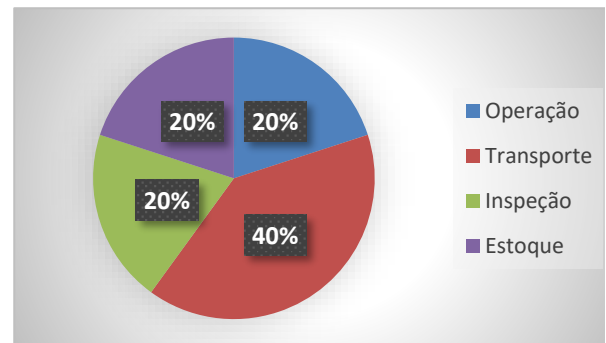
Nas Figura 55 a 59 é possível observar os percentuais de cada tipo de atividade representa dentro de seu sistema de produção.

Figura 55 - Atividades do empreendimento A1: granel em baias



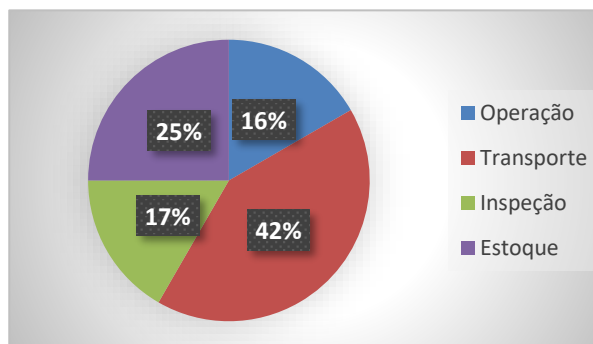
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 56 - Atividades do empreendimento A2: estabilizada horizontal



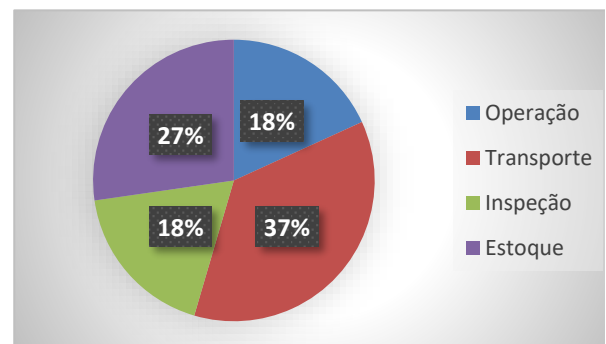
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 57 - Atividades do empreendimento B: silo com misturador acoplado



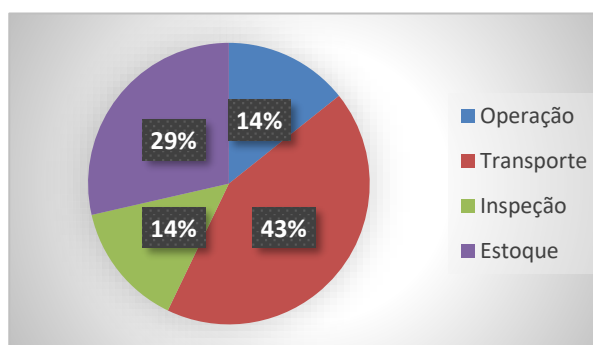
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 58 - Atividades do empreendimento C: silo com transporte via seca



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 59 - Atividades do empreendimento D: estabilizada horizontal



(fonte: elaborado pelo autor)

No Quadro 3 foram resumidas as principais vantagens e desvantagens dos aspectos logísticos de cada empreendimento estudado e seu respectivo sistema de produção utilizado juntamente com a influência das características do tipo de construção.

Quadro 3 – Resumo das principais vantagens e desvantagens logísticas dos sistemas de produção nos empreendimentos

Empreendimento	Tipo de condomínio	Sistema de produção	Vantagem	Desvantagem
A - Fase 1	Horizontal	Misturada e produzida em obra	Fácil acesso aos insumos no mercado.	Maior variabilidade, mais desperdícios e muitas atividades de transporte, inspeções e estoques.
A - Fase 2	Horizontal	Estabilizada produzida em central	Vem pronta, menores distâncias e menor número de atividades.	Cuidado com as propriedades e desempenho.
B	Vertical	Silo com misturador acoplado	Menor área de estocagem e alta velocidade de produção.	Uso do cremalheira e maiores deslocamentos.
C	Vertical	Silo com transporte via seca	Não usa o cremalheira e alta velocidade de produção.	Necessidade de equipamento específico.
D	Vertical	Estabilizada produzida em central	Vem pronta, menor número de atividades, usa a mesma caixa de estoque para descarga e posterior aplicação.	Cuidado com as propriedades e desempenho, uso do cremalheira e necessidade de sistema de transporte padronizado combinado.

(fonte: elaborado pelo autor)

5.7 CUSTOS

Neste tópico serão apresentados os custos referentes a cada sistema de produção de argamassa.

Serão explicitadas as composições de custo utilizadas que representam os valores dos insumos consumidos, desde a matéria prima incluindo os custos logísticos de deslocamentos e transportes no canteiro e os equipamentos utilizados até chegar na argamassa em estado fresco no posto de trabalho para sua aplicação final.

Para parametrizar foi utilizado a produção de um metro cúbico de argamassa nos referidos sistemas.

Foram utilizados três tipos de custos: os insumos, os equipamentos utilizados e a mão de obra com suas respectivas contribuições sociais conforme legislação. Os custos dos insumos foram obtidos junto aos fornecedores das obras, o custo de mão de obra foi obtido junto ao Sinduscon-RS, já os quantitativos de mão de obra foram estimados de acordo com o volume de atividades e deslocamentos necessários para cumprir as tarefas. Já os equipamentos específicos para a produção foram usados custos recorrentes no mercado, também foram estimados os custos de equipamentos indiretos que os sistemas fazem uso, como por exemplo elevadores cremalheiras, paleteiras, carrinhos e andaimes entre outros como forma de mensurar o benefício dos equipamentos com transportes paralelos, então arbitrou-se um valor percentual de uso destes equipamentos porém mesmo no processo que mais usa equipamentos indiretos esse custo fica abaixo de 2% do custo total de produção do metro cúbico. Também foi atribuído um custo de despesas indiretas da obra para obter o valor no contexto final de orçamento. Os custos de transporte estão embutidos nos insumos, sendo assim considerado o valor dos itens já postos em obra.

Os custos são respectivos aos estudos de caso descritos no trabalho. Seguem apontados na Tabela 9 os mesmos.

Tabela 9 - Custos dos sistemas de produção de argamassa

Argamassa estabilizada produzida em central							
DESCRIÇÃO	UNIDADE CONSUMO	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO EQUIP.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL	
Argamassa	m3	1,00 R\$	285,00 R\$	285,00			R\$ 285,00
Caminhão basculante (6,5m3)	h	0,20 R\$	39,60		R\$ 7,92		R\$ 7,92
Outros Equipamentos	diária	1,00 R\$	2,00		R\$ 2,00		R\$ 2,00
Servente	h	0,60 R\$	5,76		R\$ 3,46		R\$ 3,46
Leis Sociais	%	122%			R\$ 4,22		R\$ 4,22
B.D.I.	%	30%					R\$ 90,78
Preço total do item	R\$			R\$ 285,00	R\$ 9,92	R\$ 7,67	R\$ 393,37

Argamassa a granel em silo com misturador acoplado							
DESCRIÇÃO	UNIDADE CONSUMO	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO EQUIP.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL	
Argamassa	m3	1,00 R\$	510,84 R\$	510,84			R\$ 510,84
Outros Equipamentos	diária	1,00 R\$	12,00		R\$ 12,00		R\$ 12,00
Servente	h	3,00 R\$	5,76		R\$ 17,28		R\$ 17,28
Leis Sociais	%	122%			R\$ 21,08		R\$ 21,08
B.D.I.	%	30%					R\$ 168,36
Preço total do item	R\$			R\$ 510,84	R\$ 12,00	R\$ 38,36	R\$ 729,56

Argamassa a granel em silo com transporte via seca							
DESCRIÇÃO	UNIDADE CONSUMO	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO EQUIP.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL	
Argamassa	m3	1,00 R\$	545,00 R\$	545,00			R\$ 545,00
Misturador via Seca	mês	0,02 R\$	2.000,00		R\$ 40,00		R\$ 40,00
Outros Equipamentos	diária	1,00 R\$	3,00		R\$ 3,00		R\$ 3,00
Servente	h	0,60 R\$	5,76		R\$ 3,46		R\$ 3,46
Leis Sociais	%	122%			R\$ 4,22		R\$ 4,22
B.D.I.	%	30%					R\$ 178,70
Preço total do item				R\$ 545,00	R\$ 43,00	R\$ 7,67	R\$ 774,37

Argamassa ensacada produzida com argamassadeira no andar							
DESCRIÇÃO	UNIDADE CONSUMO	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO EQUIP.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL	
Argamassa	sc	68,00 R\$	7,80 R\$	530,40			R\$ 530,40
Argamassadeira	mês	0,02 R\$	470,00		R\$ 9,40		R\$ 9,40
Outros Equipamentos	diária	1,00 R\$	13,50		R\$ 13,50		R\$ 13,50
Servente	h	2,00 R\$	5,76		R\$ 11,52		R\$ 11,52
Leis Sociais	%	122%			R\$ 14,05		R\$ 14,05
B.D.I.	%	30%					R\$ 173,66
Preço total do item				R\$ 530,40	R\$ 22,90	R\$ 25,57	R\$ 752,54

Argamassa de insumos a granel em baias produzida em obra com betoneira (traço 1:2:9)							
DESCRIÇÃO	UNIDADE CONSUMO	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO EQUIP.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL	
Cimento	kg	157,00 R\$	0,55 R\$	86,35			R\$ 86,35
Cal hidratada	kg	131,00 R\$	0,42 R\$	55,02			R\$ 55,02
Areia úmida	m3	1,18 R\$	64,50 R\$	76,11			R\$ 76,11
Betoneira	mês	0,02 R\$	180,00		R\$ 3,60		R\$ 3,60
Retroescavadeira	h	25% R\$	68,00		R\$ 17,00		R\$ 17,00
Central de betoneira	unidade	0,03 R\$	600,00		R\$ 20,00		R\$ 20,00
Outros Equipamentos	diária	1,00 R\$	6,83		R\$ 6,83		R\$ 6,83
Servente	h	5,00 R\$	5,76		R\$ 28,80		R\$ 28,80
Leis Sociais	%	122%			R\$ 35,14		R\$ 35,14
B.D.I.	%	30%					R\$ 98,65
Preço total do item				R\$ 217,48	R\$ 47,43	R\$ 63,94	R\$ 427,50

(fonte: elaborado pelo autor)

Basicamente existem dois patamares de valores verificados, a argamassa estabilizada e a argamassa produzida em obra, a as argamassas misturadas fornecidas em silos e em sacos.

Os custos de produção dependem prioritariamente dos preços das matérias primas, sendo que na misturada em obra representa aproximadamente 50% do custo total e nos outros sistemas representa aproximadamente 70% do custo total. Contudo os custos de mão de obra e equipamentos representam aproximadamente 25% do custo total na argamassa misturada e produzida em obra, enquanto nos outros sistemas esse mesmo custo varia de 4% a 7%. Os

demais custos que representam o valor são os benefícios e despesas indiretas atribuídas no orçamento.

Comparando os sistemas que usam o silo entre si, observa-se que o transporte via seca compensa o uso da mão de obra que é mais utilizado no sistema com misturador acoplado ao próprio silo, os custos de uma forma ampla se equivalem, não sendo assim o principal parâmetro de decisão e sim os aspectos logísticos já mencionados.

Os custos de mão de obra estão diretamente ligados à distância do local de produção da argamassa, sendo que os sistemas com produção próxima a aplicação e principalmente aqueles que já tem a argamassa pronta obtém vantagens econômicas.

O custo de execução de uma central de betoneira para a produção da argamassa gera um custo diluído no volume total produzido para as casas das quais seu revestimento é derivado. Analisando então a contribuição da mesma no metro cúbico produzido compreende-se que 5% do custo está nessa central, que é necessária visando as questões de segurança e higiene de trabalho para evitar riscos laborais. O custo deste item de operação é absolutamente superior se comparado com os outros sistemas.

A argamassa misturada em obra possui mais insumos o que majora o custo administrativo do processo, pois aumenta o número de fornecedores que por sua vez implica em diferentes controles de estoque, maior número de pedidos e maior pulverização dos recursos e serviços financeiros que dificultam as questões contábeis.

Nos custos não foram considerados os desperdícios, porém os sistemas estudados têm diferentes níveis de perdas de recursos. Geralmente os custos de desperdício são diretamente proporcionais a variabilidade dos processos utilizados, portanto os sistemas com maior mecanização, menor uso de mão de obra, e menor número de inspeções levam vantagens economicamente por gerarem menos perdas.

Apesar de o custo ser um fator predominante e muitas vezes decisivo na escolha do sistema de produção existem fatores que compensam a utilização de sistemas de maior custo. O uso do silo por exemplo dá a obra uma agilidade de logística que é um diferencial, tanto nas descargas quanto nos transportes internos da obra, principalmente se for mecanizado.

Outro quesito está no tempo de execução, que também está ligado ao tempo de secagem da argamassa, que pode variar pela dosagem e clima da obra assim não sendo estritamente dependente do sistema utilizado. Tal item pode ser mais prontamente administrado com o a adequação do volume de lotes para que a produção seja ajustada com o conceito do lote econômico.

Um fator importantíssimo e altamente intrínseco ao custo das argamassas é o desempenho da mesma na edificação. O desempenho não foi mensurado no presente trabalho com resultados absolutos, como por exemplo testes de arranchamento. Contudo, no mercado as argamassas pré-misturadas têm indicativos de melhores resultados de desempenho, portanto seu uso acaba sendo mais difundido principalmente em obras de maior valor agregado.

Um tema que é difícil de ser mensurado é o custo de manutenção que o revestimento demandará, sendo o desempenho um fator preponderante para uma redução nos custos pós obra assim como os cuidados preditivos com o estado de conservação.

No universo das obras estudadas, em se tratando de requisitos de desempenho como por exemplo no revestimento de fachada que estão submetidos a um maior nível de exigência observou-se que o uso das argamassas pré-misturadas foi mais aplicado, e em locais com menor nível de exigência como por exemplo no revestimento interno comprovou-se um crescimento no uso de argamassa estabilizada.

Concluindo, como uma forma geral, no comparativo de sistemas há um alto número de fatores a serem considerados como parâmetros de decisão, sobretudo parâmetros logísticos. Entretanto, considerando uma edificação com menor número de especificidades e sem grandes intervenientes logísticos e mercadológicos, genericamente pode-se apontar a argamassa estabilizada pronta para o uso como mais viável no revestimento interno, e pré-misturada por questão de desempenho dos requisitos mais indicada para uso em fachadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões que envolvem a diferença, vantagens e singularidades de cada sistema estudado.

Como primeiro ponto a se destacar envolve a questão de custos dos processos, sendo as argamassas estabilizadas e a produzida em obra as mais economicamente atrativas, porém o processo de aplicação dos sistemas com silo e com sacos tem características de logística que podem viabilizar a sua utilização.

Quanto à questão de logística a argamassa de silo com silo de transporte via seca para o andar é a que pode ser considerada a mais racionalizada, pois ao ser transportada via bombeamento a ar comprimido, ela elimina atividades de transportes com emprego de mão de obra, além de evitar o uso de sistemas de elevação como o elevador cremalheira, por exemplo. Outra questão deste sistema é que ele tem menos interferência com outros processos visto que seus deslocamentos são paralelamente as outras atividades da obra.

Analisando a quantidade de equipamentos utilizados nos sistemas estudados, destaca-se a argamassa estabilizada que está pronta para uso, eliminando assim o uso de equipamentos de mistura tornando o processo fácil por não precisar de pontos de água, energia e não necessitar manutenção dos mesmos equipamentos. Os sistemas de silo possuem equipamentos específicos, porém eles substituem mão de obra e tem fluxos mais concisos. Enquanto a argamassa a granel em baias e a industrializada fornecida em sacos tem diferentes equipamentos intervenientes ao processo.

O sistema a granel em baias com produção em obra tem os materiais mais baratos e por essa forma simplificada de análise de custos parece o processo mais conveniente economicamente. Porém a administração do processo, o número de equipamentos utilizados, o alto emprego de mão de obra, o dispêndio de espaço físico para produção, o controle de inspeções de qualidade de traço adotado e finalmente a grande variabilidade que o processo inteiro traz a atividade da obra muitas vezes retiram o foco da atividade fim do processo que é o revestimento da

edificação. Assim não se considera o processo mais recomendado, sobretudo em obras de grandes volumes.

Para uma maior racionalização do sistema, não só da produção de argamassa, mas como o processo de revestimento em si, o uso da projeção pode ser um avanço se combinado com os sistemas com maior automação, eliminando assim mais atividades de fluxo e assim tornando o sistema mais eficiente.

7 REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 13529 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, [s. l.], p. 13, 2013.

ARNEZ, Diego Gazineu; GIRARDI, Ricardo; HASTENPFLUG, Daniel. Argamassa estabilizada: influência da lâmina de água disposta na estocagem e da pré-saturação do substrato cerâmico. **Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana**, Porto Alegre, p. 27-34, jan. 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Manual de Revestimentos de Argamassa. [s. l.], p. 104, 2002.

BAÍA, Luciana Leone Maciel; SABBATINI, Fernando Henrique. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. [s.l.] : O nome da rosa, 2000.

BERTOTTI, Gabriela. LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS OBSERVADAS EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS. [s. l.], p. 1-62, 2017.

CARNEIRO, Luis Carlos Bonin; Arnaldo Manoel pereira. **Construção civil: uma abordagem macro da produção ao uso**. [s.l.] : Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia, 2010.

CECHIN, G. **Análise de fatores que exercem influência na argamassa e no processo de projeção em revestimento de paredes**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

CEOTTO, Luiz Henrique; BANDUK, Ragueb C.; NAKAKURA, Elza Hissae. Revestimentos de Argamassas - **Boas práticas em projeto, execução e avaliação**. Habitare, [s. l.], v. 1, p. 96, 2005.

CRESCENCIO, Rosa M. EXECUÇÃO DE REVESTIMENTOS COM ARGAMASSA PROJETADA. **Encontro nacional de tecnologia do ambiente contruído**, [s. l.], p. 1067-1074, 2000.

FORMOSO, CT. As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor-. ... **em Engenharia Civil, ...**, [s. l.], p. 12, 1997.

ISATTO, Eduardo Luis et al. Lean Construction: Diretrizes E Ferramentas Para O Controle De Perdas Na Construção Civil. [s. l.], p. 267, 2000.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Producao Alem Da Producao**. [s.l.] : Bookman, 1997.

PARAVISI, Sandra. **AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS DE FACHADA COM APLICAÇÃO MECÂNICA E MANUAL DE ARGAMASSA**. 2008. [s. l.], 2008.

RECENA, Fernando Antônio Piazza. **Conhecendo argamassa**. [s.l.] : EDIPUCRS, 2012.

REIS, Palmyra F.; MELHADO, Silvio B. A GESTÃO DA QUALIDADE E A PRODUÇÃO DE REVESTIMENTO EM ARGAMASSA Controle de obra Palmyra F. Reis, Silvio B. Melhado gestão da qualidade, produção de revestimento, argamassa. [s. l.], 1999.

ROCHA, F. et al. **Logística e Lógica na construção lean: um processo de gestão transparente na construção de edifícios.** [s.l.] : LIVRO TECNICO, 2004.

ROSA, Fp. Perdas na construção civil: diretrizes e ferramentas para controle. [s. l.], 2001.

SALES, A. L.; BARROS NETO, J. P.; ALMINO, I. A gestão dos fluxos físicos nos canteiros de obras focando a melhoria nos processos construtivos. **Conferência latino-americana de construção sustentável**, [s. l.], 2004.

SCARAMUSSA, Tatiane Righi; ISATTO, Eduardo Luis; FORMOSO, Carlos Torres. Análise Das Causas E Da Relação Causal Entre Making-Do , Retrabalho E Falta De Terminalidade. [s. l.], n. 2016, p. 82-89, 2017.

SILVA, Fred Borges Da. Conceitos E Diretrizes Para Gestão Da Logística No Processo De Produção De Edifícios. [s. l.], p. 223, 2000.

SOIBELMAN, Lúcio. As Perdas de Materiais na Construção de Edificações: sua Incidência e seu Controle. **Dissertação**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 82, 1993.

SOUZA, Ubiraco Espinelli Lemes De et al. Perdas De Materiais Nos Canteiros De Obras: a Quebra Do Mito. **Simpósio Nacional - Desperdício de materias nos canteiros de obras**, [s. l.], 1999.

THOMAS, Felipe Becker. SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO EXTERNO : COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO EXTERNO : COMPARAÇÃO ENTRE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA EM SACO E EM SILO Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de E. [s. l.], 2012.