



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

DENISE RIBEIRO DOS SANTOS

**INDICADORES DE DESPERDÍCIO E PRODUTIVIDADE DA
TECNOLOGIA CONSTRUTIVA DE REVESTIMENTO COM
PROJEÇÃO MECÂNICA DE ARGAMASSA**

Recife, PE
2016



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

DENISE RIBEIRO DOS SANTOS

**INDICADORES DE DESPERDÍCIO E PRODUTIVIDADE DA
TECNOLOGIA CONSTRUTIVA DE REVESTIMENTO COM
PROJEÇÃO MECÂNICA DE ARGAMASSA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Livre-Docente Alberto Casado Lordsleem Júnior.

Recife, PE
2016

DENISE RIBEIRO DOS SANTOS

**INDICADORES DE DESPERDÍCIO E PRODUTIVIDADE DA TECNOLOGIA
CONSTRUTIVA DE REVESTIMENTO COM PROJEÇÃO MECÂNICA DE
ARGAMASSA**

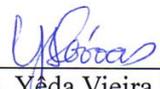
BANCA EXAMINADORA:

Orientador:

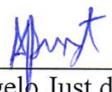


Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem júnior
Universidade de Pernambuco

Examinadores:



Profa. Dra. Yêda Vieira Póvoas Tavares
Universidade de Pernambuco



Prof. Dr. Angelo Just da Costa e Silva
Universidade Católica de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente a Deus por me abençoar, iluminar meus caminhos, ter permitido que eu ingressasse neste mestrado e por todas as bênçãos que proporcionou em minha vida.

Aos meus pais, Jemima e Oseas, pela paciência, compreensão e apoio nos momentos difíceis, desde a época de graduação, e aos meus irmãos pelo incentivo para iniciar e finalizar essa etapa tão importante da minha vida profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior, a quem tanto admiro pela sabedoria, competência e profissionalismo, pela oportunidade de poder desenvolver essa pesquisa sob sua orientação e pelas contribuições para melhoria do trabalho.

À FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) pela bolsa de mestrado concedida para realização da pesquisa.

À Gabriela Morais pela contribuição na realização das coletas dos dados e pela grande ajuda e disponibilidade em colaborar no avanço da pesquisa.

À Empresa TECOMAT. Em especial ao Engenheiro Rodrigo e aos estagiários, João e Larissa, pela disponibilidade em contribuir para o enriquecimento de informações no decorrer da pesquisa.

Aos professores e profissionais do PEC (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil), em especial a Dona Lúcia e a Gisele Medeiros, pela torcida e apoio para finalização desse trabalho. Aos amigos do mestrado, pelo incentivo a não desanimar, pelas boas conversas, momentos de descontração e sugestões para a melhoria dessa dissertação, em especial a Alexandre Leão, Camila Borba e Keylla Costa.

E, por fim, agradeço à Comunidade da Construção da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), pela participação nas palestras e cursos oferecidos, e às empresas participantes dessa pesquisa (Conic, Construtora Carrilho, Construtora Queiroz Galvão, Gabriel Bacelar Construções, Moura Dubeux, Pernambuco Construtora e Romarco Construtora) por permitirem a realização das coletas. Muito obrigada!

SANTOS, D. R. **Indicadores de desperdício e produtividade da tecnologia construtiva de revestimento com projeção mecânica de argamassa**. Recife, 2016. 128p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco.

RESUMO

A necessidade de melhoria da utilização dos recursos, diante da atual crise e seus reflexos em todos os segmentos econômicos, exige ainda mais a revisão das práticas convencionais e pouco racionais da indústria da construção civil. Essa necessidade vem, ao mesmo tempo, impulsionando a busca por alternativas tecnológicas que consigam superar as limitações impostas pelo processo construtivo tradicional. Diante dessa situação, a mecanização da aplicação da argamassa, procedimento comum em países mais desenvolvidos, é citada como a solução mais adequada para alcançar um elevado desempenho na execução do revestimento interno e externo das edificações, garantindo custos e prazos controlados, além de garantia da qualidade final. Entretanto, ainda são poucos os parâmetros que atestem a eficiência dessa tecnologia. Esta pesquisa objetiva caracterizar a tecnologia construtiva e investigar o desperdício de argamassa e da produtividade da mão de obra na execução do revestimento interno e externo de paredes na etapa de aplicação mecânica da argamassa. Para atender a esse objetivo, foi necessário o cumprimento de quatro etapas, constituintes da metodologia de trabalho. A primeira etapa foi a definição dos elementos para caracterização da tecnologia construtiva do revestimento com projeção mecânica da argamassa e do método para a efetiva coleta de dados. A segunda etapa consistiu na realização da pesquisa de campo que contemplou estudos de caso nas obras identificadas. Essas pesquisas visaram acompanhar sistematicamente a execução do revestimento mecanizado de argamassa e a coleta dos dados a fim de mensurar os indicadores de perdas e produtividade. A partir dos estudos de caso, a terceira etapa foi destinada para descrição das melhores práticas evidenciadas nas obras analisadas. A quarta etapa compreendeu a identificação de ações capazes de promover sucesso na implantação e na operação do sistema. Como métodos para coleta dos dados, foram adotados os cadernos de indicadores do programa de indicadores de desempenho (PROGRIDE) para a tecnologia construtiva de revestimento com aplicação mecânica da argamassa. Foram estudadas oito obras, tendo em vista revestimento interno - com perdas da argamassa industrializada variando de 27,93% a 150,02% e produtividade dos pedreiros de 0,21 Hh/m² a 2,06 Hh/m²; e revestimento externo - com perdas da argamassa industrializada variando de 6,38% a 148,94% e produtividade dos pedreiros de 0,18 Hh/m² a 5,91 Hh/m². Os principais fatores influenciadores observados na produtividade foram: experiência dos oficiais envolvidos, características geométricas da fachada (espessura e quantidade de requadros, quinas e cantos), quebra no equipamento de projeção e motivação da equipe. Foram identificadas oportunidades de melhoria nas etapas de transporte, acondicionamento, mistura e projeção da argamassa e propostas algumas ações para colaborar com a eficiência do sistema de projeção mecanizado.

Palavras-chave: Indicadores de perdas e de produtividade. Projeção mecânica da argamassa.

SANTOS, D. R. **Losses and productivity indicators of the constructive cladding technology with wet-process sprayed mortar**. Recife, 2016. 128p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco.

ABSTRACT

The need to improve the use of resources, given the current crisis and its effects on all economic sectors, further requires the revision of conventional and not very rational construction industry practices. This need has additionally stimulated the search for technologic alternatives that are able to overcome the limitations imposed by traditional construction process. As a result, the mechanization of mortar application, common procedure in most developed countries, is mentioned as the most appropriate way to achieve high performance in implementing the internal and external cladding of buildings, ensuring controlled costs and deadlines, as well as ensuring final quality. However, there are few parameters attesting the efficiency of this technology. This research sought to characterize the construction technology and investigate the mortar waste and labor productivity in implementing the internal and external wall cladding at the stage of mortar mechanical application. In order to meet this goal, it was necessary to fulfill four stages as part of the work methodology. The first stage was to define the elements to characterize the constructive cladding technology with mechanical projection of mortar and method for effective data collection. The second stage consisted in the accomplishment of the field research, which took into account the case studies in the identified buildings under construction. These researches aimed to systematically monitoring the implementation of mechanized mortar cladding and data collection in order to measure the losses and productivity indicators. From the case studies, the third stage intended to describe the best practices highlighted in the construction works analyzed and the fourth stage described the identification of actions able to succeed in the implementation and operation of the system. As method for data collection, the indicators notebooks from the program performance indicators were adopted (PROGRIDE) for constructive cladding technology with mechanical application of the mortar. Eight buildings under construction were studied, involving internal cladding with industrialized mortar losses ranging from 27.93% to 150.02% and masons productivity of 0.21 Hh / m² to 2.06 Hh / m², and external cladding, with industrialized mortar losses ranging from 6.38% to 148.94% and masons productivity of 0.18 Hh / m² to 5.91 Hh / m². The main influencing factors observed in productivity were as follows: experience of the officers involved, geometric characteristics of the facade (thickness and amount of frames, corners and edges), breakage of the projection equipment and team motivation. Improvement opportunities were identified in the stages of transportation, packaging, mixing and mortar projection and, in addition, proposed some collaborative actions with the efficiency of mechanized projection system.

Keywords: Losses and productivity indicators. Wet process sprayed mortar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação das perdas	17
Figura 2 - Definição de produtividade.....	20
Figura 3 - Processo de transformação de recursos em produtos.....	20
Figura 4 - Expressão para a RUP.....	21
Figura 5 - Etapas do processo para revestimento de argamassa.....	24
Figura 6 - Mapeamento da fachada	27
Figura 7 - Quantificação de área.....	28
Figura 8 - Conjunto para projeção com bomba	35
Figura 9 - Projetor por spray com recipiente acoplado	35
Figura 10 - Esquema de bomba do tipo eixo helicoidal	36
Figura 11 - Esquema de bomba do tipo pistão	37
Figura 12 - Bomba de projeção posicionada sob o misturador	38
Figura 13 - Equipamentos para projeção de argamassa	39
Figura 14 - Acessórios para bomba de projeção tipo eixo helicoidal.....	40
Figura 15 - Principais componentes do método de projeção com bomba tipo eixo helicoidal	41
Figura 16 - Equipamentos para projeção de argamassa por spray de ar comprimido	42
Figura 17 - Vista superior do recipiente de projeção.....	43
Figura 18 - Vista frontal do recipiente de projeção	43
Figura 19 - Produtividade no revestimento externo das obras analisadas por Inouye (2014)..	50
Figura 20 - Produtividade do revestimento interno das obras analisadas por Inouye (2014) ..	51
Figura 21 - Perdas de argamassa industrializada em revestimento interno	52
Figura 22 - Perdas de argamassa industrializada em revestimento externo	52
Figura 23 - Produtividade (Hh/m ²) para revestimento interno	52
Figura 24 - Produtividade (Hh/m ²) para revestimento externo	53
Figura 25- Esquema da metodologia para pesquisa de campo	55
Figura 26 - Principais etapas do sistema portátil com argamassa ensacada.....	67
Figura 27 - Principais etapas do sistema com central misturadora fixa com uso de argamassa ensacada.....	67
Figura 28 - Acondicionamento da argamassa industrializada.....	68
Figura 29 - Etapa de mistura da argamassa	69
Figura 30 - Lançamento da argamassa fresca na câmara do equipamento de projeção	69

Figura 31 - Aparato tipo andaime fachadeiro.....	70
Figura 32 – Perdas (%) de argamassa industrializada em áreas internas	72
Figura 33 – Comparação das perdas (%) de argamassa industrializada da obra A com estudos de referência	73
Figura 34 – Perdas (%) de argamassa industrializada em áreas externas.....	73
Figura 35 – Trecho com elevadas espessuras na obra G	74
Figura 36 – Comparação das perdas (%) de argamassa industrializada das obras E e F com estudos de referência	75
Figura 37 – Comparação das perdas (%) de argamassa industrializada das obras G e H com estudos de referência	76
Figura 38 - Produtividade (Hh/m ²) dos pedreiros em revestimentos internos.....	76
Figura 39 - Comparação da produtividade (Hh/m ²) da obra A com estudos de referência.....	77
Figura 40 - Produtividade (Hh/m ²) dos pedreiros em revestimentos externos.....	78
Figura 41 - Execução do revestimento na obra B.....	78
Figura 42 - Emboço executado da obra G	80
Figura 43 - Comparação da produtividade (Hh/m ²) das obras B, C, D, E e F com estudos de referência	81
Figura 44 - Comparação da produtividade (Hh/m ²) das obras G e H com estudos de referência	82
Figura 45 - Requadros e quinas da obra G	84
Figura 46 – Contenção do Retorno da argamassa	85
Figura 47 - Acondicionamento dos resíduos oriundo da limpeza do equipamento.....	85
Figura 48 - Aplicação da argamassa na obra G.....	87
Figura 49 - Colocação indevida do ensacado	88
Figura 50 - a) Extravios e b) não recolhimento dos ensacados	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação das perdas.....	19
Quadro 2 - Quantificação de área líquida da Figura 7.....	28
Quadro 3 - Sistemas de projeção disponíveis.....	33
Quadro 4 - Definições para implantação do sistema de projeção mecânica de argamassa.....	44
Quadro 5 - Recomendações para utilização do sistema mecanizado.....	45
Quadro 6 - Fatores influentes na energia de lançamento.....	46
Quadro 7 - Fatores influentes na RUP.....	47
Quadro 8 - Estudos de referência para perdas e produtividade segundo o local de aplicação.....	48
Quadro 9 - Características relevantes das empresas estudadas por Paravisi (2008).....	48
Quadro 10 - Perdas (%) de argamassa industrializada e Produtividade (Hh/m ²) das obras analisadas por Paravisi (2008).....	49
Quadro 11 - Caracterização das obras estudadas por Costa (2013).....	49
Quadro 12 - Indicadores de espessura e de perdas por Lordsleem et al. (2014).....	50
Quadro 13 - Indicadores coletados por obra.....	57
Quadro 14 - Etapas do estudo de caso.....	58
Quadro 15 - Caracterização das empresas.....	62
Quadro 16 - Caracterização das obras.....	64
Quadro 17 - Caracterização do sistema de projeção mecânica.....	66
Quadro 18 - Indicadores coletados nas obras.....	71
Quadro 19- Identificação das obras com valores mínimos e máximos dos indicadores contemplados.....	83
Quadro 20 - Identificação das boas práticas.....	86
Quadro 21 - Problemas identificados na operação do sistema portátil.....	89

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
1.2 Metodologia do trabalho.....	14
1.2.1 Estratégia da pesquisa.....	14
1.2.2 Etapas da pesquisa	14
1.3 Estrutura da dissertação	15
2. PERDAS, CONSUMO E PRODUTIVIDADE EM REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA	17
2.1 Uma abordagem sobre perdas e suas classificações.....	17
2.2 Produtividade da mão de obra	19
2.3 Sistemas de indicadores de perdas, consumo e produtividade	21
2.4 Como calcular perdas e produtividade para revestimentos de argamassa.....	25
2.4.1 Como mensurar as perdas e o consumo de argamassa industrializada	25
2.4.2 Cálculo da produtividade.....	29
2.5 Inovação na tecnologia construtiva de revestimento de argamassa	30
3. PROJEÇÃO MECÂNICA DA ARGAMASSA	32
3.1 Sistemas de projeção de argamassa	32
3.2 Tipos de equipamentos de projeção da argamassa	34
3.2.1 Bombas de projeção.....	36
3.2.2 Projetor por spray de ar comprimido.....	41
3.3 Implantação do sistema de projeção mecânica de argamassa	43
3.4 Fatores influenciadores na projeção mecânica da argamassa.....	45
3.5 Estudos de referência para perdas e produtividade do revestimento com projeção mecânica de argamassa.....	47
3.5.1 Valores de referência para perdas.....	51
3.5.2 Valores de referência para produtividade	52
4. PESQUISA DE ESTUDOS DE CASO DE INDICADORES DE PERDAS E PRODUTIVIDADE PARA REVESTIMENTO COM APLICAÇÃO MECÂNICA DE ARGAMASSA	54
4.1 Metodologia da pesquisa de campo.....	54
4.2 Caracterização das empresas	60

4.3	Caracterização das obras	63
4.4	Caracterização do sistema de projeção mecânica da argamassa	65
4.4.1	Fornecimento e acondicionamento da argamassa	67
4.4.2	Mistura e transporte da argamassa.....	68
4.4.3	Projeção	69
4.5	Apresentação e análise dos indicadores de perdas e produtividade	70
4.5.1	Perdas de argamassa industrializada.....	72
4.5.1.1	Análise das perdas de argamassa industrializada em revestimentos internos ...	72
4.5.1.2	Análise das perdas de argamassa industrializada em revestimentos externos...	73
4.5.2	Produtividade da mão de obra	76
4.5.2.1	Análise da produtividade da mão de obra em revestimentos internos	76
4.5.2.2	Análise da produtividade da mão de obra em revestimentos externos.....	78
4.6	Identificação das melhores práticas	82
4.7	Identificação das oportunidades de melhorias no sistema.....	86
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
5.1	Conclusões.....	91
5.2	Sugestões para pesquisas futuras	94
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
	Anexo A – Ficha para caracterização da obra.....	100
	Anexo B – Ficha para caracterização da empresa.....	103
	Anexo C – Caderno para perdas de argamassa industrializada	105
	Anexo D – Caderno para produtividade da mão de obra.....	115
	Anexo E – Ficha para registro de anormalidades	125
	Anexo F – Relatório de resultados	127

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios experimentados pela construção civil brasileira nesses últimos anos consiste em otimizar a utilização dos recursos físicos e financeiros, de modo a minimizar o desperdício de materiais e elevar a produtividade da mão de obra na execução dos serviços.

A necessidade de melhoria da utilização dos recursos, diante da atual crise e seus reflexos em todos os segmentos econômicos, exige ainda mais a revisão das práticas convencionais e pouco racionais da indústria da construção civil, além de impulsionar a busca por alternativas tecnológicas que consigam superar as limitações impostas pelo processo construtivo tradicional.

Particularmente, o emprego dos revestimentos de argamassa por meio da aplicação manual, característica da prática tradicional, é frequentemente confrontado em relação à busca por melhores índices de produtividade, maior rapidez e garantia da qualidade final do serviço.

Diante dessa situação, a mecanização da aplicação da argamassa, procedimento comum em países mais desenvolvidos, é citada como a solução mais adequada para alcançar um elevado desempenho na execução do revestimento interno e externo das edificações, garantindo custos e prazos controlados, além de garantia da qualidade final.

A opção pela projeção mecanizada da argamassa decorre da necessidade de minimizar os gargalos da aplicação tradicional, resultando no aumento de qualidade do produto final, entretanto seu uso ainda é incipiente no Brasil, sendo uma inovação tecnológica recente na região Nordeste, que conta com um reduzido número de empresas usuárias.

Nakakura (2005) descreve o estudo de caso realizado em edifício da cidade de Vitória/ES, no qual, dentre outros resultados, foram avaliados os custos envolvidos na execução do revestimento de argamassa, preparo da base e aplicação do emboço. Através dos resultados obtidos neste estudo, verifica-se que o custo da mão de obra (57%), bem como o custo do material da argamassa de emboço (39%), representa um grande percentual em relação ao custo total do revestimento de argamassa.

Em relação ao desperdício de argamassa, de acordo com as constatações obtidas no Programa de Indicadores de Desempenho – PROGRIDE da Comunidade da Construção de Recife, liderado pela Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP e coordenado pelo grupo de ensino, pesquisa e extensão em Tecnologia e Gestão da Construção de Edifícios – POLITECH da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, o índice de perdas variou de 9,91% a 429,28% e o consumo unitário de argamassa industrializada de 19,78 kg/m² até 34,93 kg/m², com base na análise de 07 obras de edifícios (LORDSLEEM JR.; PINHO, 2013).

De acordo com análise de Pinho (2013), a elevada variabilidade dos resultados indica a necessidade de alterações na gestão do serviço, vislumbrando, desse modo, a emergência pela alteração da tecnologia de revestimento tradicional, como uma das potenciais soluções para se alcançar a racionalização construtiva.

Associado ao atual desafio do incremento das atividades da construção e exigências de racionalização dos serviços verifica-se o interesse crescente pelo uso de argamassa projetada como sistema de aplicação de revestimento (PARAVISI, 2008; CORRÊA, 2010; ABCP, 2012a).

A importância das funções exercidas pelo revestimento de emboço de fachada, bem como a influência que este representa nos custos da obra, remete à necessidade de estudar a mão de obra envolvida na execução deste serviço.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2012a), alguns estudos sobre produtividade revelam que o sistema argamassa sob a ótica da projeção mecanizada, por meio de ferramentas destinadas a facilitar o ingresso e o desenvolvimento dessa tecnologia no processo produtivo das empresas construtoras, é a solução mais adequada para que se alcance alta performance na execução do revestimento, garantindo melhores prazos, qualidade, racionalização, produtividade, sustentabilidade e custos.

Embora alguns autores sustentem que o uso da projeção mecânica introduz aumentos de qualidade do produto em relação ao método convencional, ainda é reduzido o número de empresas que utiliza tal técnica. Ao mesmo tempo, poucos são os estudos que abordam de

forma sistêmica os possíveis ganhos em eficiência proporcionados pela mecanização dessa atividade (PARAVISI, 2008; CORRÊA, 2010).

Por outro lado, poucos são os parâmetros disponíveis (desperdício, produtividade e qualidade) que atestem os ganhos em eficiência da projeção mecanizada da argamassa e que subsidiem o orçamento, o projeto e a execução do revestimento das edificações.

Diante disso, verifica-se a importância do estudo do desperdício de argamassa e da produtividade da mão de obra envolvida na execução do revestimento de argamassa projetada, pois além de integralizar as funções a serem desempenhadas pelas vedações verticais, implica também em custos representativos para a edificação como um todo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral caracterizar a tecnologia construtiva e investigar o desperdício de argamassa e a produtividade da mão de obra na execução do revestimento interno e externo de paredes na etapa de aplicação mecânica da argamassa.

1.1.2 Objetivos específicos

Para a efetiva consecução do objetivo geral dessa pesquisa, fez-se necessário cumprir os seguintes objetivos específicos:

- caracterizar a tecnologia construtiva de revestimento de argamassa projetada (sistemas disponíveis, tipos de argamassas, equipamentos e tipos de transporte de argamassa);
- identificar, analisar e definir os sistemas de medição dos indicadores de perda de argamassa e da produtividade da mão de obra na execução do revestimento interno e externo (fachada);
- realizar a investigação dos indicadores em obras de construção de edifícios;

- identificar e propor as oportunidades de melhoria;
- analisar e comparar os resultados obtidos, identificando as melhores práticas.

1.2 Metodologia do trabalho

Este item apresenta a estratégia de pesquisa adotada para o trabalho e as etapas da pesquisa desenvolvidas para o cumprimento dos objetivos propostos.

1.2.1 Estratégia da pesquisa

Como o objetivo geral dessa dissertação foi caracterizar a tecnologia construtiva e investigar o desperdício de argamassa e a produtividade da mão de obra na execução do revestimento de paredes, internas e externas, na etapa de aplicação mecânica da argamassa, optou-se por adotar, como procedimento, a pesquisa de campo, a qual se constitui como técnica mais apropriada para o registro de informações fidedignas, evidenciadas pelo próprio pesquisador.

A pesquisa de campo é desenvolvida quando o pesquisador faz observações no local onde está inserido o objeto de estudo da pesquisa, de modo que seja possível a coleta de dados e informações relevantes para o entendimento do que ocorre com mesmo (GIL, 2002).

1.2.2 Etapas da pesquisa

Para atender os objetivos propostos, a metodologia adotada nessa pesquisa está estruturada nas etapas a seguir:

- Etapa 01 – definição dos elementos de caracterização do processo de produção e do método de coleta de dados: seleção e estudo do processo produtivo da tecnologia construtiva do revestimento de argamassa projetada, para determinação dos indicadores de desperdício e de produtividade da mão de obra, e definição da metodologia para a efetiva pesquisa de coleta de dados (planilhas de registro dos resultados, fórmula do indicador, periodicidade de coleta);

- Etapa 02 – pesquisa de campo: caracterização da tecnologia e monitoramento dos indicadores; acompanhamento sistemático da tecnologia de projeção de argamassa e dos resultados gerados pelos indicadores de perdas, consumo e produtividade em obras com projeção mecânica de argamassa para a análise; a comparação e a identificação das melhores práticas;
- Etapa 03 - identificação e caracterização das melhores práticas: descrição detalhada das melhores práticas (produtos, serviços e métodos de trabalho), com o propósito de melhoria organizacional que conduz à superioridade competitiva;
- Etapa 04 - diretrizes para a adoção das melhores práticas: estabelecimento das principais ações necessárias que promovam maiores possibilidades de sucesso na implantação das melhores práticas de projeção da argamassa para a execução de revestimento.

1.3 Estrutura da dissertação

A dissertação está estruturada em cinco capítulos, em que no primeiro é apresentada a introdução sobre o tema da pesquisa, incluindo a justificativa, objetivo geral, objetivos específicos, metodologia do trabalho - esta contendo a estratégia da pesquisa e as etapas necessárias para o cumprimento da pesquisa e a presente estruturação da dissertação.

O segundo capítulo traz uma abordagem a respeito do conceito de perdas, consumo e produtividade da mão de obra, com ênfase nos revestimentos de argamassa. Neste capítulo são apresentados os métodos para determinação dos indicadores de consumo e perdas de argamassa industrializada e da razão unitária de produção.

Em seguida, no terceiro capítulo, são apresentados conceitos pertinentes à tecnologia construtiva de revestimento com aplicação mecânica de argamassa, indicando os principais sistemas disponíveis, os tipos de equipamentos para projeção, as primícias para implantação do sistema, os fatores influenciadores e, por fim, estudos realizados referentes a indicadores de perdas e produtividade da referida tecnologia.

O quarto capítulo trata da apresentação da pesquisa de estudos de caso realizada, incluindo a metodologia desenvolvida para a efetiva pesquisa de campo, a caracterização das empresas, das obras e dos sistemas de projeção mecânica analisados. Neste capítulo consta a apresentação e análise dos indicadores de perdas de argamassa industrializada e de produtividade da mão de obra mensurados, além da identificação das melhores práticas observadas e das oportunidades de melhoria para o sistema.

No quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões obtidas com a realização desta pesquisa, bem como sugestões para estudos futuros.

2. PERDAS, CONSUMO E PRODUTIVIDADE EM REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

2.1 Uma abordagem sobre perdas e suas classificações

Formoso et al. (1996), em seu estudo sobre os conceitos de perdas demandadas pela indústria da construção civil, definem perdas como “qualquer ineficiência do processo de produção que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores às necessárias à produção da edificação”, abrangendo tanto os desperdícios de materiais quanto a execução de tarefas desnecessárias.

Neste mesmo estudo, Formoso et al. (1996) indicam três categorias de classificação para as perdas oriundas das atividades de construção de edificações, e apontam a necessidade de conhecer todo o processo de produção, diante da possibilidade de identificar os fatores responsáveis pelo surgimento dessas perdas. Conforme os referidos autores, as perdas podem ser classificadas quanto a sua natureza, quanto a sua origem e quanto a sua forma de controle. Tais informações estão reunidas e indicadas na Figura 1.

Figura 1 - Classificação das perdas

Natureza	Origem	Forma de controle
<ul style="list-style-type: none"> • Superprodução • Substituição • Espera • Transporte • Processo em si • Estoques • Movimentos • Elaboração de produtos defeituosos 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparação dos recursos humanos • Suprimentos • Fabricação de materiais • Projeto • Planejamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Perdas Inevitáveis • Perdas evitáveis

Fonte: Adaptado de Formoso et al. (1996)

Constatações feitas por Paliari (1999), referentes ao conceito de perdas, refletem a necessidade de “estabelecer uma situação de referência a partir da qual todo o consumo excedente de recurso seja considerado como sendo perda, pois dependendo da situação adotada, estas podem assumir valores distintos”.

Para Agopyan et al. (2003), o estudo das perdas deve ser conduzido levando em consideração as fases da vida do empreendimento. Essa ideia foi ilustrada mediante a metodologia desenvolvida pelos autores para medição de perdas de materiais, sendo aplicada em cerca de 100 canteiros de obras envolvendo 16 universidades de 12 estados brasileiros. Nesse sentido, as fases consideradas pelos autores na pesquisa para identificação de perdas de materiais foram: concepção, execução e utilização. É importante a ressalva de que o termo perda recebe uma caracterização específica para cada fase, conforme descrição a seguir:

- concepção: diferença entre a quantidade de material previsto num projeto otimizado e a quantidade realmente necessária de acordo com o projeto idealizado;
- execução: diferença entre a quantidade prevista no projeto idealizado e a quantidade efetivamente consumida;
- utilização: diferença entre a quantidade de material prevista para a manutenção e a quantidade efetivamente consumida num certo período.

Uma definição clássica para perdas de materiais é apresentada por Souza (2005), sendo esta equivalente a “toda quantidade de material consumida além da quantidade teoricamente necessária, que é aquela indicada nos projetos e seus memoriais ou demais prescrições do executor, para o produto sendo executado”.

Este mesmo autor expõe a vantagem de entender primeiramente os tipos de classificações de perdas para facilitar seu futuro combate, ou mesmo auxiliar a tomada de decisões capazes de evitá-las de forma eficiente. Este autor classifica as perdas por meio de nove maneiras, cujas descrições podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação das perdas

Classificação das perdas	Descrição
Tipo de recurso consumido	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos físicos: mão de obra, equipamentos e materiais. • Recursos financeiros: estritamente financeiro ou oriundo da perda de recursos físicos.
A unidade para sua medição	Podendo ser expressas em valores absolutos ou percentuais.
A fase do empreendimento em que ocorrem	Concepção, produção ou utilização.
O momento de incidência	Recebimento de materiais, produção, estocagem, processamento, movimentações de materiais entre as etapas do fluxograma de processo.
Sua natureza	Furto/extravio, entulho ou incorporação de matérias.
A forma de manifestação	Modo de como a perda se apresenta. Ex: argamassa saindo pelos rasgos da embalagem e revestimento com espessura superior à prescrita.
Sua causa	Está atrelada à justificativa da ocorrência da perda.
Sua origem	Projeto, planejamento, concepção, produção e utilização.
Seu controle	<ul style="list-style-type: none"> • Evitáveis: denominando-se desperdício • Inevitáveis: quando inviáveis de serem eliminadas.

Fonte: Adaptado de Souza (2005)

Pergher et al. (2011) realizaram uma reflexão teórica referente aos conceitos das sete perdas empregadas no Sistema Toyota de produção e propuseram uma nova revisão para o conceito de perdas, qual seja “qualquer atividade que gere custo ou reduza o ganho sem agregação de valor”, ou mesmo “todas as atividades praticadas na organização que geram custos, não contribuindo para o alcance da meta”.

2.2 Produtividade da mão de obra

Para Souza (2006), o conceito amplo de produtividade depende do objetivo de produção do sistema sendo analisado, este a define como sendo “o grau em que um sistema atinge um determinado objetivo de produção”, considerando-a como a eficiência em transformar as entradas em saídas de um processo de produção (Figura 2).

Figura 2 - Definição de produtividade

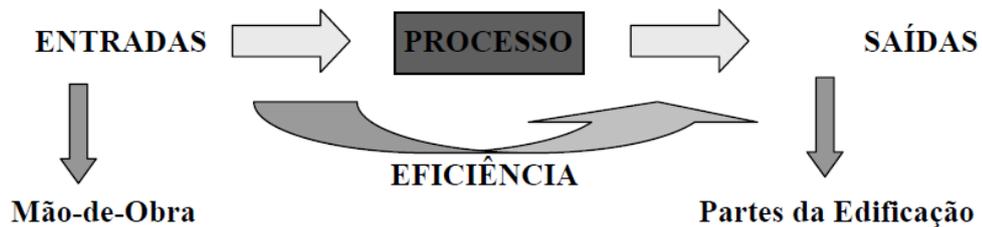


Fonte: Souza (2006)

Aplicando os conceitos apresentados no parágrafo anterior, no caso na mão de obra utilizada para a produção de revestimento de argamassa, tal eficiência estaria associada à transformação do esforço humano em área revestida.

A Figura 3 apresenta de forma esquemática o processo de transformação de recursos em produtos.

Figura 3 - Processo de transformação de recursos em produtos



Fonte: Librais (2001)

Souza (2006) traz o conceito de uma grandeza específica para medir a produtividade da mão de obra para um determinado serviço. Tal grandeza é intitulada Razão Unitária de Produção (RUP), que relaciona o esforço humano, avaliado em Homens x hora, (Hh), com a quantidade de serviço realizado. De acordo com a definição apresentada, a RUP pode ser representada pela seguinte expressão:

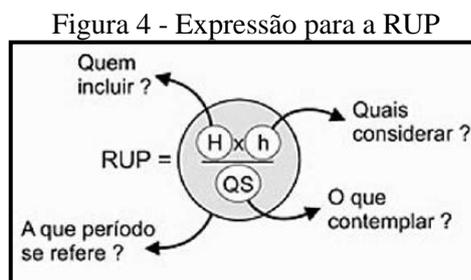
$$RUP = \frac{Hh}{Qs} \quad (1)$$

Em que:

Hh = Homens-hora da equipe demandada para o trabalho

Qs = Quantidade de serviço líquida executada

O mesmo autor sugere que quatro aspectos devem ser levados em consideração, quando se pretender determinar a RUP de um determinado serviço, de modo a proporcionar uma padronização perante a coleta dos dados. Nesse sentido, através de Figura 4, é apresentada a expressão para determinação da RUP, incluindo a descrição dos devidos aspectos a serem considerados:



- **Quantos funcionários devem ser incluídos no cálculo da RUP?**

Essa indagação diz respeito à quantidade de homens demandada para a execução da tarefa a qual se deseja determinar a RUP.

- **Quais considerar?**

O tempo total em que o operário está disponível para a execução da tarefa, devendo-se descartar as horas-prêmio, horas-extras e horário de almoço.

- **Que quantitativo de serviço a RUP contempla?**

O total de serviço líquido executado pela equipe de produção durante o período ao qual a RUP se refere.

- **A que período se refere a RUP?**

Ao tempo compreendido entre a verificação inicial e final do quantitativo de insumos e serviços, devendo ser estabelecido previamente pelo responsável pela coleta dos dados.

2.3 Sistemas de indicadores de perdas, consumo e produtividade

Antes de abrir uma discussão sobre os métodos de determinação das perdas, consumo e produtividade, é interessante entender previamente os conceitos de indicadores, pois os capítulos seguintes farão referência a esse termo.

O indicador pode ser conceituado como uma grandeza capaz de fornecer informações quantitativas ou qualitativas de um produto ou serviço, sistema ou processo. Seu

levantamento pode ser útil no processo de tomada de decisões da empresa, caracterizando-se como uma ferramenta de gestão básica utilizada para acompanhar e melhorar os resultados ao longo do tempo (SOUZA, 2005; CUNHA et al, 2005).

Paliari (1999) expõe que “a classificação dos indicadores de perdas e/ou consumo de materiais deve estar relacionada à natureza do fluxograma dos processos, que, por sua vez é função do tipo de material”. Partindo desse princípio, para esse mesmo autor, os indicadores devem ser estruturados de acordo com duas perspectivas distintas:

- Indicador Parcial – definido como sendo a expressão dos valores de consumos e/ou perdas de materiais associados apenas a uma etapa do fluxograma de processos;
- Indicador Global – corresponde à expressão dos valores de perdas e/ ou consumos, associada a mais de uma etapa do fluxograma de processos, podendo ser classificado em: indicador de perda de material por obra; indicador global de perda e consumo de material por serviço e indicador global de perda e consumo de material por serviço pós-estocagem.

O mesmo autor descreve uma metodologia acerca do procedimento para coleta e análise de informações sobre consumo e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifício, enfatizando que a mensuração das perdas, consumo e produtividade deve ser realizada após o entendimento das etapas de fluxograma dos processos. Com base nesse estudo, expõem-se as equações para mensurar os seguintes indicadores:

a) Indicador global de perda de material por obra

Este indicador abrange todas as etapas do fluxograma de processos pelo qual percorrem os materiais, e pode ser determinado mediante aplicação da seguinte equação:

$$I_{global, obra} = \left[\frac{C_{real}}{C_{ref}} - 1 \right] \times 100 \quad (2)$$

Na qual:

C_{real} = quantidade total de material utilizado (consumido) nos diversos serviços executados durante o período de coleta

C_{ref} = quantidade teoricamente necessária para a execução dos serviços durante o período de coleta

b) Indicadores globais de consumo e perda de material por serviço

Abrangem desde a etapa de recebimento até a etapa de aplicação final do material. Para o cálculo desse indicador pode ser aplicada a mesma equação do item anterior, porém para um único serviço.

$$I_{global\ consumo} = \left[\frac{C_{real\ serviço}}{Q_s} \right] \quad (3)$$

Em que:

$C_{real\ serviço}$ = quantidade total de material utilizado (consumido) no serviço executado durante o período de coleta.

Q_s = quantidade de serviço executado durante o período de coleta

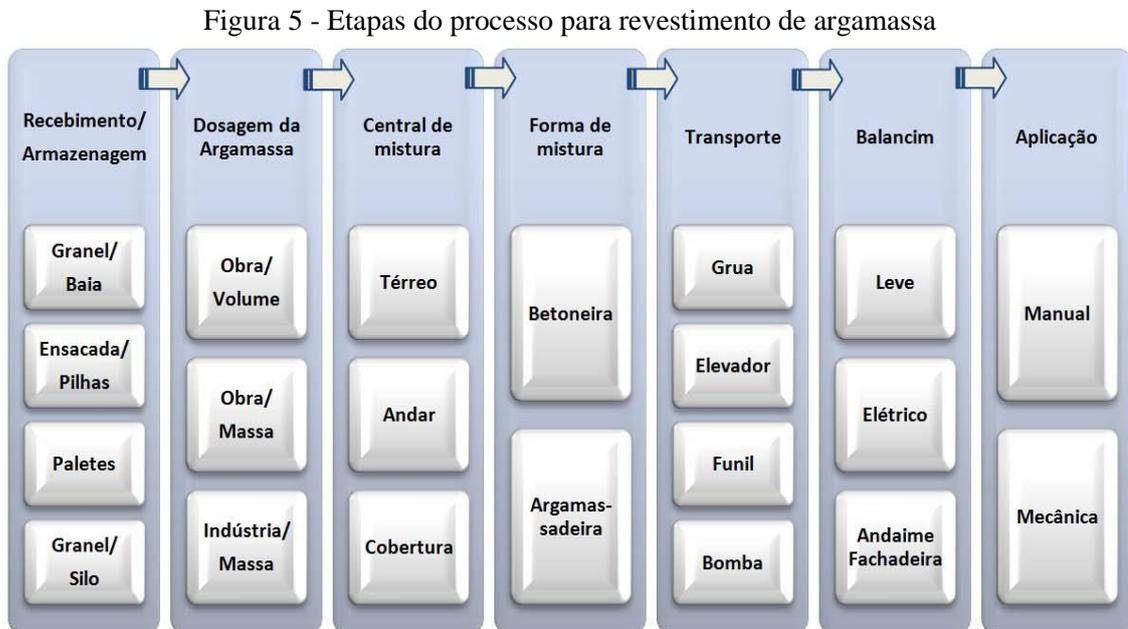
c) Indicadores globais de consumo e perda de material por serviço pós-estocagem

Abrangem apenas as etapas após a estocagem do material analisado e para o cálculo desses indicadores pode-se aplicar a mesma equação apresentada anteriormente, modificando apenas o valor do consumo real do serviço.

Como mencionado anteriormente, os indicadores estão atrelados à medição de desempenho de organizações e podem ser considerados como uma ferramenta de gestão básica, útil no processo de tomada de decisões de empresas, podendo proporcionar informações valiosas referentes à eficiência dos processos.

Em relação à parcela de perdas, Souza (2005) relata que estas “podem ocorrer nas diversas etapas do fluxograma de processos (recebimento, estocagem, processamento intermediário, processamento final e movimentações entre tais etapas)”, podendo cada etapa evidenciar diferentes manifestações movidas, ou não, por diferentes causas.

A Figura 5 dispõe das principais etapas de um fluxograma de processos para a atividade de revestimento de argamassa, em função da argamassa industrializada, uma vez compreendida a importância do seu entendimento.



Fonte: ABCP (2012a)

Para atestar a utilização do sistema de medição de desempenho em empresas construtoras brasileiras, Barbosa (2010) desenvolveu uma pesquisa junto a uma amostra de 527 empresas construtoras, participantes do PBQP-H e com sistema de gestão da qualidade implantado, cuja coleta de dados contemplou a aplicação do método *survey*, e constatou que 88% das empresas analisadas fazem uso das informações alcançadas com os indicadores de desempenho no processo de tomada de decisão.

Duarte (2011) enfoca que a medição de desempenho é um processo capaz de identificar oportunidades de melhoria no sistema, permitindo a tomada de decisões em relação às ações para realizar as devidas adequações, podendo ser utilizado como uma ferramenta para validar o sucesso da empresa, justificar os recursos utilizados e conquistar clientes, mostrando resultados e alcançando reconhecimento interno e externo.

No item seguinte, são apresentadas equações para determinação da parcela de perdas e produtividade referente à atividade de revestimento com aplicação de argamassa tipo industrializada, ou ensacada, conforme propõe Souza (2005).

2.4 Como calcular perdas e produtividade para revestimentos de argamassa

A NBR 13 529 (ABNT, 2013) define revestimento de argamassa como sendo o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final. Levando em consideração que esse revestimento será um dos elementos de composição da vedação vertical, ele passa a ter fundamental importância no comportamento em uso e durabilidade desse subsistema.

A seguir estão apresentados formas para mensurar a parcela de perdas e o consumo da argamassa industrializada, com base na determinação do consumo unitário de material real, assim como cálculo da produtividade da mão de obra por meio da aplicação do indicador razão unitária de produção (RUP).

2.4.1 Como mensurar as perdas e o consumo de argamassa industrializada

O cálculo da parcela de perdas da argamassa industrializada, ou ensacada, é realizado mediante a determinação de uma grandeza denominada consumo unitário de material real, conforme descrição na sequência.

a) determinação do consumo unitário de material real

Souza (2005) apresenta o conceito de Consumo Unitário de Materiais (CUM) como sendo a “quantidade de materiais necessária para se produzir uma unidade de produto resultante do serviço em que este material está sendo usado” e indica uma expressão para sua determinação, conforme pode ser observado a seguir:

$$CUM = \frac{EST(VI) + FORN \pm TRANSF - EST(VF)}{QS} \quad (4)$$

Em que:

CUM = consumo unitário de material entre VI e VF, medido em kg/m².

$EST(VI)$ = quantidade de material no estoque na data inicial da verificação, medido em kg.

$EST(VF)$ = quantidade de material no estoque na data final da verificação, medido em kg.

$FORN$ = quantidade de material recebida entre VI e VF, em kg.

$TRANSF$ = quantidade de material cedida (sinal negativo) ou recebida (sinal positivo) entre VI e VF

QS = quantidade de serviço executada entre VI e VF, medido em m².

Obs: VI = data para a verificação inicial

VF = data para a verificação final

No caso do revestimento com aplicação da argamassa industrializada, o consumo unitário seria a quantidade de argamassa anidra necessária para a realização do revestimento de 1 m² de área.

b) determinação da parcela de perdas

O percentual de perdas de argamassa industrializada pode ser estimado mediante a aplicação da seguinte expressão proposta por Souza (2005):

$$IP (\%) = \left[\frac{EST (VI) + FORN \pm TRANSF - EST (VF)}{CUM_T} - 1 \right] \times 100 \quad (5)$$

Em que:

$IP (\%)$ = percentual da parcela de perdas

$EST (VI)$ = Quantidade de material no estoque na data inicial da verificação, em kg.

$EST (VF)$ = quantidade de material no estoque na data final da verificação, em kg.

$FORN$ = quantidade de material recebida no estoque entre VI e VF, em kg.

$TRANSF$ = Quantidade cedida (sinal negativo) ou recebida (sinal positivo) de material, em kg.

CUM_T = Consumo teórico de materiais, em kg/m².

Segundo esse mesmo autor, o consumo teórico pode ser determinado previamente frente ao levantamento de quantitativos, com base em projetos, e na impossibilidade desta seguir o respaldo técnico. Para facilitar a determinação do consumo teórico pode-se fazer uso das equações 6 e 7 indicadas a seguir.

$$C_{ref} = esp \times C_{ref_{1cm}} \quad (6)$$

Em que:

C_{ref} = consumo de referência, em kg/m².

exp = espessura média da camada a ser revestida, em centímetros.

C_{ref1cm} = consumo necessário para a execução de 1 m² para uma espessura de 1cm (dado fornecido pelo fabricante)

$$C_{Teo} = C_{ref} \times Qs \quad (7)$$

Em que:

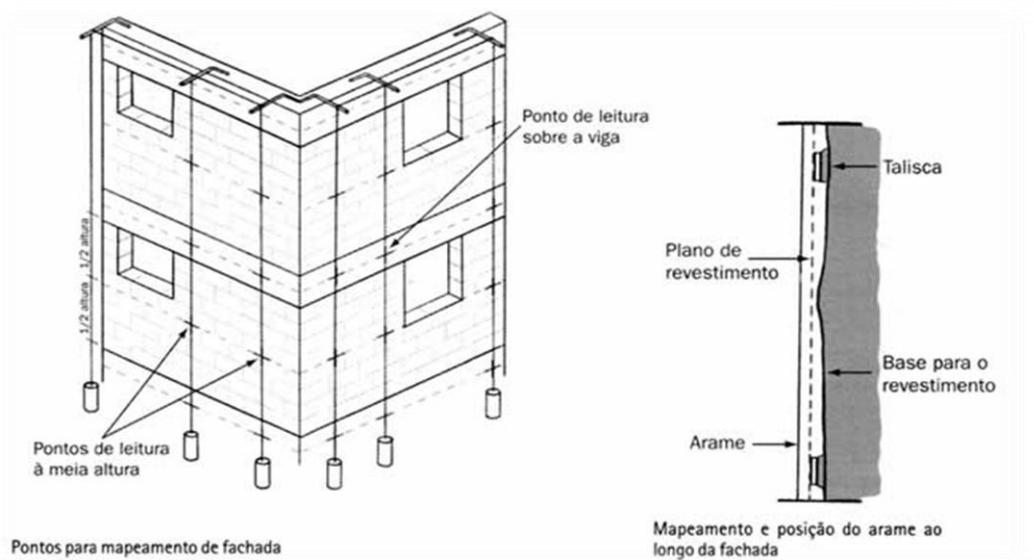
C_{Teo} = consumo teórico, em kg.

C_{ref} = consumo de referência, em kg/m².

Qs = quantidade de serviço executada, em m².

Um cuidado especial deve ser tomado na determinação da espessura média da área a ser executada. Para isso é aconselhável posicionar arames no topo da edificação, afastados em torno de 10 cm a 15 cm da fachada, de modo que seja possível, durante a primeira subida do balancim, registrar os desvios de vigas, pilares e alvenarias em vários locais. Na Figura 6 está representado o posicionamento dos arames para a realização das leituras dos desvios da alvenaria e da estrutura.

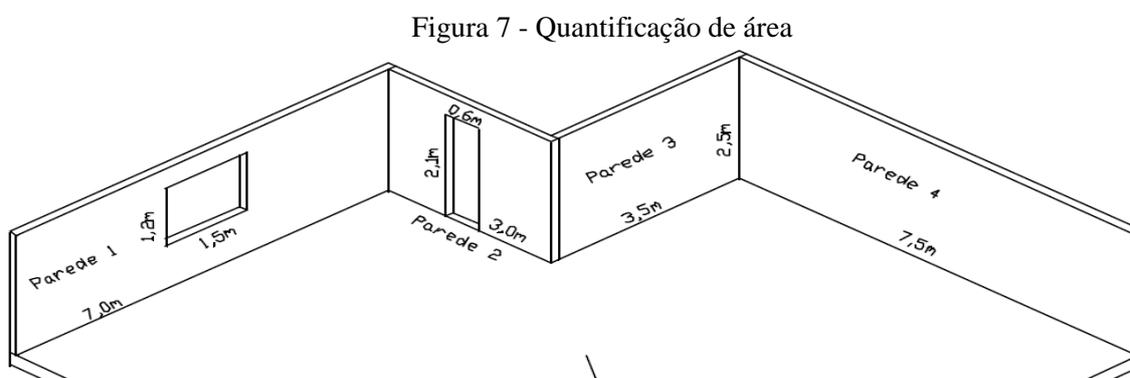
Figura 6 - Mapeamento da fachada



Fonte: Comunidade da Construção (2015)

Deve-se atentar também para a quantificação de serviço executado, pois, de acordo com Souza (2005), existem duas considerações a serem feitas para uma determinada superfície portadora de aberturas. Em termos de área bruta, a quantificação do serviço corresponde a toda a área da superfície, incluindo a área do vão da janela, enquanto que a área líquida considera a área da superfície descontando-se as aberturas de vãos.

A explanação mencionada no parágrafo anterior é válida para a quantificação de áreas de ambientes internos e externos, como fachadas de edifícios. A Figura 7, em conjunto com o Quadro 2, ilustra um exemplo para a determinação da área líquida de uma superfície portadora de aberturas de vãos, situação habitual para revestimentos em ambientes internos.



Fonte: Librais e Souza (2002)

Quadro 2 - Quantificação de área líquida da Figura 7

Parede	Comprimento da parede (m)	Altura da parede (m)	Área abertura vãos (m ²)	Área líquida (m ²)
1	7	2,5	1,8	15,7
2	3	2,5	1,26	6,24
3	3,5	2,5	-	8,75
4	7,5	2,5	-	18,75

Fonte: Elaborado pela autora

A decisão de incluir ou não as aberturas de vãos na quantificação de área para revestimento é particular da equipe técnica da empresa, embora a TCPO (Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos) indique que vãos com dimensões inferiores a 2m² podem ser desconsiderados no cálculo. Vale salientar que esse critério é consideração em termos de medição do serviço, enquanto que a mensuração da produtividade não realiza esses descontos, sendo válidos para áreas internas e externas como fachadas.

2.4.2 Cálculo da produtividade

A produtividade da mão de obra de um serviço de revestimento de argamassa pode ser mensurada mediante a aplicação do indicador denominado Razão Unitária de Produção (RUP), conforme anunciada no item 2.2. Como as informações de entrada para o cálculo da RUP são Hh, homem-hora demandados para a execução da tarefa, e Qs, quantidade de serviço executada pela equipe de produção, é interessante delimitar essas variáveis para que o procedimento de coleta permaneça o mesmo, conforme propõe Souza (2006).

Segundo o mesmo autor a RUP pode ser avaliada em função do período de tempo ao qual se refere, podendo apresentar-se como:

- $RUP_{diária}$ = valor correspondente à produtividade de cada dia útil de serviço, mediante a medição da Hh e Qs;
- $RUP_{cumulativa}$ = equivale à produtividade para um período acumulado de tempo, em que a medição de Hh e Qs é acumulada desde o primeiro dia de estudo até a data de sua avaliação, sendo útil para fazer previsões relativas ao andamento do serviço, de modo que valores maiores que a RUP_{cum} não representam um dia de boa produtividade;
- $RUP_{cíclica}$ = produtividade resultante de um ciclo definido da tarefa, em que esse ciclo corresponde ao tempo necessário para a execução da tarefa.
- $RUP_{periódica}$ = equivale à produtividade para um período determinado de tempo em relação ao qual se deseja saber o valor da RUP.

O mesmo autor ainda apresenta o conceito de $RUP_{potencial}$, sendo este um valor de produtividade diária atingível, representativo de um bom desempenho da equipe de produção, se as condições para o funcionamento eficiente do sistema de projeção mecânica da argamassa estiverem adequadas. Essa RUP pode ser mensurada através da mediana dos valores de $RUP_{diária}$ inferiores ao da $RUP_{cumulativa}$ final.

Vale salientar que as informações de entrada para o cálculo da produtividade devem ser coerentes com o período de tempo ao qual a RUP faz referência. No caso da apropriação da quantidade de serviço, o levantamento do quantitativo de área executada pode ser feito conforme explanação do item anterior, referente à quantificação de área. Já para a

quantificação de Hh se faz necessário rastrear, para cada período de estudo, a quantidade de operários diretamente envolvidos na tarefa, a quantidade de horas que os operários estão disponíveis para o cumprimento da tarefa e as horas que a equipe ficou ociosa devido à ocorrência de anormalidade no sistema capaz de interromper o serviço.

2.5 Inovação na tecnologia construtiva de revestimento de argamassa

Busca-se aqui destacar a tecnologia construtiva de revestimento com aplicação mecânica da argamassa como uma alternativa para substituir a aplicação tradicional, ou manual, mencionando estudos sobre a viabilidade de sua utilização, pois, apesar das vantagens potenciais oferecidas por essa técnica, ainda são poucos os estudos que atestem a eficiência de seu processo.

Objetivando identificar as causas do baixo desempenho de revestimentos de fachada de argamassa com aplicação manual, Costa (2005) realizou uma pesquisa junto a oito empresas construtoras, localizadas em Porto Alegre – RS, fazendo uso de ferramentas de descrição de processo, e constatou uma série de problemas decorrentes do sistema de produção apresentado, tais como alta variabilidade nas espessuras de revestimento, problemas no sistema de movimentação e armazenamento de materiais e dimensionamento inadequado da equipe de produção, acarretando baixa produtividade e elevados índices de perdas de materiais e de mão de obra.

Uma vez que o consumo, a produtividade e a qualidade do revestimento dependem das qualificações da mão de obra que o executa, o uso de projetores mecânicos de argamassa tende a ser uma alternativa para diminuir a interferência humana na execução do revestimento (CICHINELLI, 2010a).

Mesmo se apresentando como um método alternativo para a substituição da aplicação manual, o sistema mecanizado ainda gera dúvidas quanto a sua eficiência de produção e a sua proposta de melhoria da qualidade final do revestimento.

Ramos et al. (2003) analisaram o processo de produção de revestimento de argamassa convencional comparando-o com o método de projeção mecânica, a partir da utilização de ferramentas da qualidade, ou seja, análise de fluxograma de processos, *brainstorming* e

diagrama de causa-efeito, e concluíram que o sistema mecanizado apresenta um maior nível de racionalização por proporcionar uma maior produtividade para a execução da tarefa, devido à redução do número de etapas referente à inspeção e recebimento da argamassa, bem como redução do tempo de preparação e lançamento, e maior dinâmica apresentada pela equipe de produção.

O uso de projetores mecânicos proporciona uma energia de lançamento de massa constante, fazendo com que haja redução da quantidade de ar entre a argamassa e a base, e consequente melhora na aderência ao substrato (CICHINELLI, 2010a).

Apesar das prováveis vantagens apresentadas pelo emprego do processo de mecanização da argamassa, como todo sistema inovador, há dificuldades para sua implementação, conforme destacado por Paravisi (2008). Entre essas dificuldades estão: a falta de visão sistêmica da gestão, a ausência ou ineficiência de projeto e de planejamento do sistema de produção e o despreparo da mão de obra, contudo a utilização de projetores mecânicos, em substituição à projeção manual, pode ser considerada como uma alternativa eficiente para alavancar a produtividade, melhorar a qualidade final do revestimento e reduzir os desperdícios.

3. PROJEÇÃO MECÂNICA DA ARGAMASSA

3.1 Sistemas de projeção de argamassa

Os parágrafos seguintes tratam da definição de um sistema mecanizado de argamassa, mencionando os principais tipos disponíveis no mercado brasileiro, incluindo características e vantagens na utilização, objetivos e fatores importantes para a escolha de um sistema adequado, além de um breve comentário acerca de sua implantação no Brasil.

As primeiras tentativas de implantação da técnica de projeção de argamassa no Brasil ocorreram em meados da década de 70, período no qual o cenário brasileiro foi caracterizado pelo crescimento econômico, juntamente com um *boom* na indústria da construção civil, mas não obteve sucesso devido à falta de treinamento específico da mão de obra e de transformações necessárias na gestão do canteiro, adequadas a eficiência do processo de produção mecanizado (CRESCENCIO et al, 2000; BNDES, 2015).

A consecução de um sistema de projeção mecânica de argamassa compreende três etapas principais: mistura da argamassa, transporte até local de aplicação e lançamento da argamassa ao substrato. A eficiência do processo se dá quando a mecanização está presente nas referidas etapas (ABCP, 2012b). Para Paravisi (2008), esse mesmo sistema é definido como “o conjunto de equipamentos utilizados para realizar desde atividades relacionadas ao recebimento dos materiais no canteiro até a aplicação da argamassa no substrato.”

O Quadro 3 apresenta os principais sistemas de mecanização de argamassa disponíveis no mercado brasileiro, com suas respectivas características, principais vantagens oferecidas e esquema ilustrativo de cada sistema representado.

Quadro 3 - Sistemas de projeção disponíveis

Sistemas	Características	Principais Vantagens	Esquema ilustrativo
Central misturadora fixa	<ul style="list-style-type: none"> Central misturadora e bomba são posicionadas no andar térreo. Argamassa é fornecida ou a granel, armazenada em silo, ou ensacada. Alcance de 90 metros na horizontal e 60 metros na vertical. O mangote conduz a mistura do térreo até o local de aplicação. 	<ul style="list-style-type: none"> Maior agilidade das atividades, propiciando incremento de produtividade. Independência dos demais insumos da obra. Liberação do guincho, grua e outros equipamentos de transporte. 	<p>Fornecimento Argamassa Silo ou Argamassa Saco → Misturador → Bomba → Mangote até o andar → Térreo</p>
Central misturadora portátil com bombeamento via seca	<ul style="list-style-type: none"> Central misturadora localizada no andar de projeção. Argamassa é fornecida a granel, armazenada em silo. Alcance de 60 metros na horizontal e 30 metros na vertical. Argamassa anidra é bombeada até a misturadora. 	<ul style="list-style-type: none"> Material transportado a seco até o local de aplicação. Independência dos demais insumos da obra. Liberação de guincho, grua e outros equipamentos de transporte. 	<p>Fornecimento Argamassa Silo → Bomba ar comprimido → Transporte via seca → No andar → Misturador → Bomba</p>
Central misturadora portátil com material ensacado	<ul style="list-style-type: none"> Central misturadora e bomba são posicionadas no andar de projeção. Argamassa é fornecida ensacada. Alcance de 60 metros na horizontal e 30 a 40 metros na vertical. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipes de serviço podem trabalhar de forma independente das demais atividades da obra. Permite atuação de várias frentes simultâneas. Não há necessidade de ocupação de grandes áreas no canteiro. 	<p>Fornecimento Argamassa Saco → No andar → Misturador → Bomba</p>

Fonte: Adaptado de ABCP (2016b)

O sistema de projeção mecânica objetiva otimizar a utilização da argamassa, abrangendo as etapas de mistura, transporte e lançamento até a base, de modo a minimizar as perdas de materiais, promover qualidade do revestimento e alavancar os índices de produtividade.

Mas, segundo Cichinelli (2010b), “a produtividade e a viabilidade técnica e econômica do sistema de projeção são conseqüências diretas de outras condições relacionadas à própria obra”. Entre essas condições, podemos destacar: os detalhes arquitetônicos da fachada, pois sua complexidade implica um tempo maior para a realização das atividades de projeção, refletindo na produtividade.

Salvador e Marchiori (2012) comentam que “a produtividade e o consumo de materiais estão diretamente ligados à habilidade dos oficiais envolvidos, assim como sua conscientização com relação à qualidade do que estão executando”. Essa constatação foi feita a partir do estudo da produtividade de duas equipes, atuantes numa mesma obra, sob as mesmas quantidades de serviço, incluindo as quinas e cantos, espessura de revestimento e condições climáticas, que apresentaram valores diferentes de produtividade.

Mesmo a produtividade estando relacionada com as características do empreendimento e com as habilidades dos oficiais em trabalhar com a mecanização da argamassa, a eficiência do sistema como um todo dependerá também de fatores como: dimensões do canteiro, condições do equipamento, incluindo a disponibilidade de peças para eventuais manutenções, e da oferta de argamassa, tais fatores devem ser considerados na adoção de um sistema de projeção (ABCP, 2012b).

Essa dissertação contempla uma abordagem referente aos dois métodos para projeção mecânica de argamassa mais difundidos no mercado brasileiro: bomba de projeção e o projetor por spray de ar comprimido com recipiente acoplado, conhecido popularmente como canequinha (CICHINELLI, 2010a).

3.2 Tipos de equipamentos de projeção da argamassa

No sistema de projeção mecânica os dois métodos de projeção da argamassa disponíveis são a bomba e o projetor por spray de ar comprimido com recipiente acoplado. Esses equipamentos estão representados pelas Figuras 8 e 9, respectivamente.

Figura 8 - Conjunto para projeção com bomba



Fonte: Turbosol (2016)

Figura 9 - Projetor por spray com recipiente acoplado



Fonte: Cichinelli (2010b)

Em relação aos projetores com recipiente acoplado, ou “canequinha”, estes se destacam das bombas de projeção devido à facilidade de operação, menores custos para aquisição do equipamento e treinamento mais rápido da mão de obra, além de apresentarem menores riscos de entupimento e dispensarem o uso de argamassas especiais, embora necessitem de maior espaço para serem operados (CICHINELLI, 2010b).

Fernandes e John (2007) indicam duas desvantagens do sistema de projeção com recipiente acoplado, sendo estas: dependência do esforço físico do operador para manusear o equipamento carregado com argamassa fresca e a limitação imposta pelo volume do recipiente, limitando a atividade de projeção, sendo necessário realizar diversas paradas para recarga do equipamento.

Apesar das desvantagens apresentadas no parágrafo anterior, Tamaki (2012) destaca duas vantagens no uso do projetor por spray com recipiente acoplado sobre a bomba de projeção,

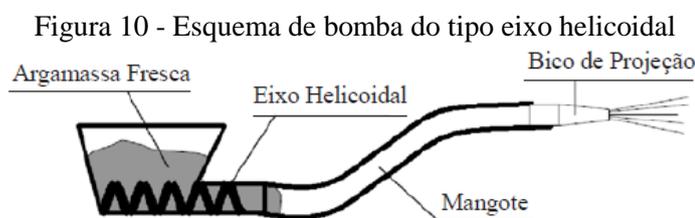
sendo estas, a facilidade de operação e o baixo risco de entupimento, pois a bomba, por ser um equipamento mais sofisticado, geralmente exige a utilização de uma argamassa industrializada compatível com o equipamento de projeção, uma vez que a dificuldade está em bombear a argamassa até o substrato sem que ocorram entupimentos e outras impossibilidades de projeção.

Diante de um projetor que necessite da colocação de argamassa fresca em suas proximidades, para posterior projeção, faz-se necessário o bom planejamento da quantidade de argamassa a ser preparada, em função da produtividade do operador e das características da base, para evitar desperdícios de materiais e ociosidade da mão de obra, principalmente se a argamassa for dosada no próprio canteiro.

Dessa forma, para uma escolha adequada do tipo de projetor a ser utilizado no canteiro de obras, é válido atentar para características técnicas do equipamento de projeção, que podem variar segundo sua capacidade de bombeamento, distância máxima alcançada (horizontal e vertical) e compatibilidade com a argamassa a ser utilizada (CRESCENCIO et al., 2000; ZANELATTO, 2012). Uma escolha eficiente deve ser compatível também com os objetivos do construtor e com as vantagens potenciais oferecidas por cada tipo de projetor.

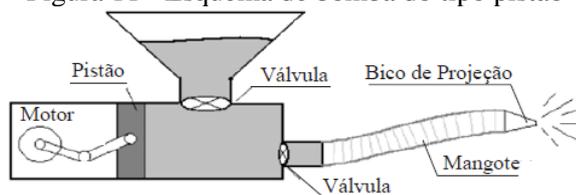
3.2.1 Bombas de projeção

Existem basicamente dois tipos de bombas de projeção disponíveis no mercado: a bomba de rotor e estator, conhecida como helicoidal, e a bomba de pistão (GIRIBOLA, 2013). Nas Figuras 10 e 11 estão indicados os respectivos esquemas desses tipos de bombas.



Fonte: Santos (2003)

Figura 11 - Esquema de bomba do tipo pistão



Fonte: Santos (2003)

De um modo geral, nas bombas de projeção, a argamassa no estado fresco é lançada na câmara existente no equipamento e, de lá, é direcionada para dentro de um conduto flexível, conhecido como mangote, ou pelo eixo helicoidal, conforme situação da Figura 10, ou pelo pistão, conforme situação da Figura 11, percorrendo-o até ser projetada no substrato, tendo seu fluxo controlado pela pistola ou bico de projeção (CRESCENCIO et al., 2000; SANTOS, 2003).

Recorrendo as suas especificações, o que as diferencia é que a bomba tipo helicoidal, por ser mais leve e compacta, é mais adequada para situações com maior possibilidade de demanda de trabalho, e movimentação do equipamento, ciente que o seu limite de alcance na horizontal e vertical varia de 20 a 30 metros. Já as bombas de pistão, normalmente por apresentarem alcances verticais e horizontais maiores que a bomba de eixo helicoidal, podem eliminar a necessidade de transporte vertical e horizontal na obra, podendo ser colocadas nas proximidades do local de armazenamento da argamassa (GIRIBOLA, 2013).

Deve ser dada certa atenção à pressão do ar responsável por impulsionar a projeção, devendo esta ser regulada, ou controlada, e monitorada com auxílio de manômetros instalados junto ao equipamento de projeção. Pressões baixas podem reduzir a energia de lançamento e, conseqüentemente, comprometer a aderência da argamassa à base, enquanto que pressões altas podem segregar os agregados da mistura, podendo interferir na qualidade final do revestimento (CRESCENCIO et al., 2000).

Uma característica particular do sistema de projeção mecânica é a manutenção de energia de lançamento constante compatível com o equipamento, e, como visto no parágrafo anterior, esta pode ser monitorada por meio de um manômetro que nem sempre se faz presente no conjunto de acessórios do sistema.

Em relação ao tipo de argamassa, Giribola (2013) destaca a importância da utilização da argamassa industrializada específica para projeção na bomba, devido à possibilidade de ocorrer entupimentos no mangote e/ou desgastes maiores nas peças, além de não projetar o material adequadamente, caso essa recomendação não seja seguida. Vale salientar que a granulometria dos agregados da argamassa deve ser compatível com a especificação da bomba, pois uma granulometria inadequada pode implicar um desgaste maior no estator do equipamento.

Os autores Santos et al. (2014) destacam ser viável o uso da argamassa industrializada para execução do revestimento mecanizado, por proporcionar um ganho de produtividade, devido à otimização da utilização dos equipamentos de transporte e consequente melhoria da RUP dos oficiais.

E para otimizar o processo de transporte da mistura da argamassa Zanelatto (2012) menciona a colocação da bomba de projeção sob o bocal de saída de um equipamento denominado misturador de argamassa de modo que a argamassa, depois de preparada no misturador, seja colocada diretamente sobre a bomba, eliminando uma etapa de transporte de argamassa fresca ao longo do canteiro, etapa esta, relacionada a potenciais índices de perdas de materiais e ociosidade de mão de obra. Essa colocação é válida para o método de projeção por bomba helicoidal que não possua misturador acoplado (Figura 12).

Figura 12 - Bomba de projeção posicionada sob o misturador



Fonte: a autora

De fato, a colocação de um misturador de argamassa acima da bomba de projeção auxilia a tornar a produção mais eficiente, justamente por eliminar a etapa de transporte de argamassa fresca, devendo-se atentar para preparação correta da mistura. Essa situação também foi observada no decorrer da pesquisa de campo.

O uso da argamassa industrializada e do equipamento misturador no processo de produção de revestimento mecanizado pode potencializar o desempenho do produto final e da produtividade da mão de obra, desde que haja adequação entre tempo de mistura e formulação da argamassa, conforme conclusões de Romano et al. (2009) ao identificar o impacto nas propriedades da argamassa frente ao tipo de misturador e tempo de mistura.

A Figura 13 ilustra alguns tipos de equipamentos para projeção mecânica de argamassa disponíveis no mercado.

Figura 13 - Equipamentos para projeção de argamassa



Fonte: Betomaq (2016)



Fonte: Projemassa (2016)



Fonte: BullX (2016)

- Acessórios para bombas de projeção

Os principais acessórios para bombas de projeção tipo eixo helicoidal são: conjunto estator-rotor, pistola de projeção, mangote, manômetro, bicos projetores e bolas de limpeza, conforme pode ser observado nas ilustrações a seguir (Figura 14).

Figura 14 - Acessórios para bomba de projeção tipo eixo helicoidal



Fonte: Anvi (2015); Betomaq (2016); PutzMaister (2016)

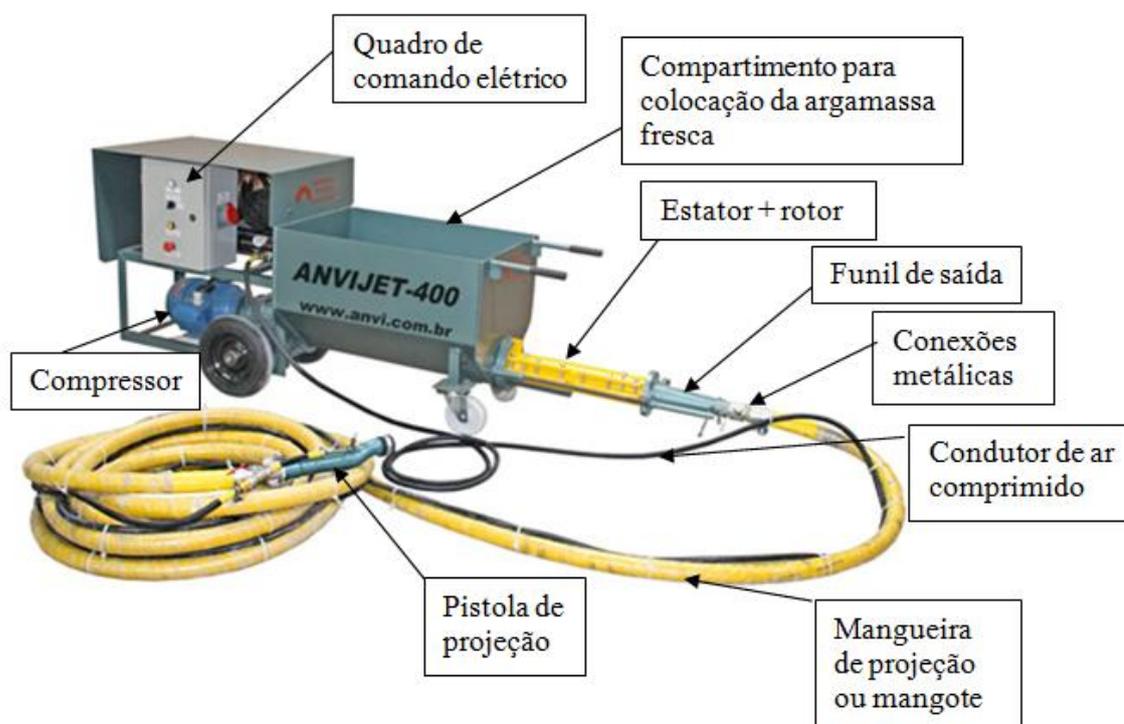
Com relação aos cuidados especiais para a manutenção desses acessórios e dos equipamentos, Giribola (2013) menciona a realização de limpeza diária da bomba, do misturador e do mangote, cabendo a este a colocação de uma esponja dentro do orifício que o conecta a bomba e projetá-la para fora com água, de modo que a esponja percorra todo o comprimento do mangote e elimine as incrustações de argamassa.

Caso ocorra quebra ou danificação em um dos acessórios citados acima, ou mesmo no equipamento de projeção, sem concerto em tempo hábil, certamente a produtividade da equipe de produção será afetada. Assim sendo, como precaução, torna-se válido armazenar algumas peças de reserva para uma possível reposição.

O conjunto estator-rotor, por ser considerado como peças consumíveis no decorrer da atividade de projeção, segundo Anvi (2015), deve ser substituído quando seu desgaste estiver interferindo no fluxo de argamassa para o mangote, reafirmando, desse modo, a necessidade de manter peças para reposição estocadas no canteiro.

Apresentados os principais acessórios para bomba de projeção tipo eixo helicoidal, a Figura 15 ilustra esses elementos, incluindo a indicação do painel de comando elétrico e a localização do aparelho compressor de ar de um determinado equipamento de projeção.

Figura 15 - Principais componentes do método de projeção com bomba tipo eixo helicoidal



Fonte: Adaptado de Anvi (2015)

3.2.2 Projeter por spray de ar comprimido

O método de projeção por spray de ar comprimido compreende a utilização de um equipamento compressor de ar e um projetor com recipiente acoplado, popularmente denominado como “canequinha”. A Figura 16 mostra os equipamentos constituintes dessa tipologia de projeção.

Figura 16 - Equipamentos para projeção de argamassa por spray de ar comprimido



Fonte: Anvi (2015); D-Tec (2016); EThor (2016); VibronMix (2016)

O projetor com recipiente acoplado não necessariamente, requer o uso de argamassa industrializada, mas exige que a estocagem de argamassa fresca se dê em local próximo ao da sua aplicação, uma vez que a argamassa não é bombeada através de um mangote e sim colocada diretamente no recipiente onde é introduzido ar comprimido, diferentemente da bomba de projeção, caracterizada por transferir a argamassa fresca da câmara do equipamento até a base de aplicação, podendo resultar em uma maior produtividade devido ao fluxo contínuo de projeção, ao contrário do sistema de canequinha que é intermitente (TAMAKI, 2012; FERNANDES; JOHN, 2007).

Em seu trabalho, Fernandes (2007) descreve o recipiente de projeção e explica que a projeção da argamassa ocorre quando o ar comprimido, impulsionado pelo compressor de ar, é injetado no recipiente através de quatro aberturas, ao ponto de lançar a argamassa em forma de spray por outras quatro aberturas localizadas à frente do recipiente (Figuras 17 e 18).

Figura 17 - Vista superior do recipiente de projeção



Orifícios de entrada de ar
Fonte: Fernandes (2007)

Figura 18 - Vista frontal do recipiente de projeção



Fonte: Fernandes (2007)

3.3 Implantação do sistema de projeção mecânica de argamassa

Este item aborda as primícias básicas para implantação de um sistema de projeção mecânica de argamassa e apresenta algumas recomendações, baseadas na literatura, para utilização do mencionado sistema.

Para a concepção de um sistema de projeção mecânica de argamassa é necessário realizar as seguintes definições: tipologia da argamassa a ser utilizada, forma de armazenamento da argamassa, local para instalação da central misturadora, logística para o transporte da argamassa anidra ou mesmo fresca, método de projeção e tipo de aparato a ser adotado, para casos de revestimento em fachadas (ABCP, 2012b). O Quadro 4 expõe as principais opções para cada uma das etapas constituintes de um sistema de projeção.

Quadro 4 - Definições para implantação do sistema de projeção mecânica de argamassa

Argamassa/ recebimento	Armazenagem	Central de mistura	Transporte da argamassa	Equipamento para projeção	Aparato
<ul style="list-style-type: none"> • Granel • Ensacada 	<ul style="list-style-type: none"> • Baia • Silo • Pilhas • Paletes 	<ul style="list-style-type: none"> • Térreo • Andar do pavimento 	<ul style="list-style-type: none"> • Via úmida • Via seca 	<ul style="list-style-type: none"> • Bomba • Canequinha 	<ul style="list-style-type: none"> • Balancim • Andaime

Fonte: ABCP (2012 b)

Para a implantação de um sistema de projeção numa empresa, além de atender às definições ilustradas no quadro 4, são indicados o cumprimentos das seguintes etapas:

- conhecer a tipologia da obra, determinando a área total a ser executada, espessuras da camada de revestimento e características do substrato;
- conhecer o layout do canteiro para identificar as facilidades de acesso e armazenagem de materiais;
- conhecer os equipamentos disponíveis no canteiro para o transporte vertical e horizontal do material ensacado;
- com base nos projetos disponíveis, traçar o caminho para o transporte da argamassa, contemplando a utilização dos equipamentos disponíveis;
- atestar a compatibilidade entre a energia elétrica disponível na obra e a solicitada na alimentação do sistema de projeção;
- utilizar mão de obra capacitada para operar o sistema de projeção;
- definir a forma de pagamento dos oficiais.

A eficiência do processo mecanizado não depende apenas da seleção adequada dos elementos apresentados do Quadro 4. A presente pesquisa reuniu algumas recomendações de autores no intuito de identificar itens importantes para o funcionamento do sistema, conforme pode ser observado pelo Quadro 5.

Quadro 5 - Recomendações para utilização do sistema mecanizado

Referência	Recomendações
ABCP (2012b)	-Energia elétrica disponível no canteiro adequada para o funcionamento do sistema. -Formulação da argamassa compatível com o equipamento de projeção. -Mão de obra capacitada para a execução da projeção.
ANVI (2015)	-Limpeza completa do sistema ao final do expediente e em pausas de trabalho para evitar danificações nas peças e acessórios.
CRESCENCIO et al. (2000)	-Monitorar a pressão de saída com auxílio do aparelho manômetro.

Fonte: Elaborado pela autora

3.4 Fatores influenciadores na projeção mecânica da argamassa

Este item apresenta alguns fatores influentes na energia de lançamento da mistura, que deve permanecer constante para não comprometer a aderência do revestimento à base, e na produtividade da equipe direta de produção, mostrando situações que favorecem e desfavorecem a atividade de projeção.

- Fatores influenciadores na energia de lançamento

A aderência da camada de revestimento de argamassa ao substrato é influenciada, dentre outras variáveis, pela energia ao qual foi lançada durante a aplicação (COSTA et al. 2010). Portanto, a energia de lançamento apresenta-se como um parâmetro influente na qualidade e vida útil do revestimento. A seguir, serão apresentadas duas pesquisas que abordam este assunto.

Fernandes (2007) desenvolveu um estudo propondo modelos físicos para estimar a energia de lançamento da argamassa aplicada por projeção mecânica por spray a ar comprimido e investigou quais os fatores que exercem influência na energia de lançamento, na produtividade e nas perdas durante a projeção, fazendo o uso de quatro composições diferentes de argamassa, preparadas com dois teores distintos de água para cada tipo e projetadas por quatro equipamentos de modelos diferentes operados a quatro pressões distintas.

Fernandes et al. (2007) estudou fatores que podem exercer influência sobre a energia de lançamento da argamassa, através de uma pesquisa na qual variou o tipo de argamassa, a pressão de operação do projeto e a capacidade de vazão do compressor de ar. Nesse trabalho o referido autor verificou a distribuição de argamassa em função da distância, o tempo para projeção em função da pressão de operação e a estimativa de perdas do processo de projeção, chegando à constatação que a energia de lançamento é mais influenciada pelo tipo de argamassa e pela capacidade de vazão do compressor de ar.

O Quadro 6 resume os principais fatores influenciadores na energia de lançamento de um sistema de projeção mecânica de argamassa, de acordo com as constatações obtidas por Fernandes (2007) e Fernandes et. al (2007).

Quadro 6 - Fatores influentes na energia de lançamento

Referência	Fatores influenciadores
Fernandes (2007)	Pressão de operação do compressor de ar.
	Geometria do equipamento acoplado, especificamente a área dos orifícios de projeção.
Fernandes et al. (2007)	Tipo de argamassa.
	Capacidade de vazão do compressor de ar.

Fonte: Elaborado pela autora

- Situações favoráveis e desfavoráveis à atividade de projeção

Com base nas pesquisas de estudos de caso realizada por Inouye (2014), referentes à produtividade da mão de obra no revestimento com utilização da mecanização da argamassa, foram identificados fatores influenciadores na produtividade da equipe direta de produção, tanto os que contribuem para a eficiência do processo, quanto os que desfavorecem a utilização. No Quadro 7 estão indicadas situações favoráveis e desfavoráveis para a consecução do sistema de projeção.

Quadro 7 - Fatores influentes na RUP

Situação favorável	Situação desfavorável
Serviços simples com poucas quinas e requadros	Muitas quinas e requadros
Área extensa por oficial por andar	Área pequena por oficial por andar
Pequenas espessuras	Grandes espessuras
Projeção bem utilizada	Projeção mal utilizada
Não ocorre falta de materiais, água ou energia	Falta de materiais, água ou energia
Pouca ou nenhuma chuva	Muita chuva
Baixa rotatividade de operários	Alta rotatividade de operários
Longas durações de serviço	Pequenas durações dos serviços
Fachada sem dificuldade no início e no final	Dificuldade no início e no final
Equipamento de transporte ou de mistura não apresentar problemas	Problemas com equipamento de transporte ou de mistura
Forma de pagamento dos operários definida e adequada	Indefinição na forma de pagamento dos operários

Fonte: Adaptado de Inouye (2014)

Outro fator influente está relacionado com as propriedades reológicas do material, conforme constatado por Austin, Robins e Goodier (1999). Os autores chegaram a essa conclusão após examinarem as propriedades reológicas, relacionadas à trabalhabilidade e à resistência ao cisalhamento, de sete tipos de argamassas nas quais investigaram a influência da reologia de cada material submetido à análise frente a sua capacidade de bombeamento e projeção.

3.5 Estudos de referência para perdas e produtividade do revestimento com projeção mecânica de argamassa

Como o tema da presente dissertação trata de indicadores de perdas e produtividade de revestimentos com projeção mecânica, este item apresenta alguns estudos realizados envolvendo percentuais de perdas e valores de produtividade de revestimentos executados com esse tipo de tecnologia construtiva. O quadro 8 reúne alguns autores que realizaram estudos referentes a perdas e produtividade de revestimentos com aplicação mecânica de argamassa, incluindo a faixa de valores estabelecidos pela TCPO (2014) para produtividade de revestimentos de argamassa.

Quadro 8 - Estudos de referência para perdas e produtividade segundo o local de aplicação

Aplicação	Perdas	Produtividade
Revestimento Interno	Lordsleem et al. (2014)	Costa (2013) Inouye (2014) TCPO (2014)
Revestimento Externo	Paravisi (2008)	Paravisi (2008) Costa (2013) Inouye (2014) TCPO (2014)

Fonte: Elaborado pela autora

A pesquisa de Paravisi (2008) objetivou identificar as dificuldades e os benefícios do uso de sistema de produção de revestimentos em fachada com aplicação mecânica e manual da argamassa, obtendo dados de perdas e produtividade, junto a dois empreendimentos cujas características relevantes estão dispostas no Quadro 9.

Quadro 9 - Características relevantes das empresas estudadas por Paravisi (2008)

Caracterização	Empresa E	Empresa V
Experiência com projeção mecanizada	Primeira experiência	Primeira experiência
Tipo de empreendimento	Edificação de 15 pavimentos	11 blocos com 4 apartamentos cada
Localização da central misturadora	Último pavimento	Térreo
Tipo de equipamento	Bomba	Bomba
Tipo de aparato	Balancim elétrico	Andaime fachadeiro
Tipo de argamassa	Industrializada, própria para projeção	Industrializada, própria para projeção
Transporte de argamassa	Elevador de carga	Manual até a central misturadora
Período de coleta	-	Dois meses

Fonte: Adaptado de Paravisi (2008)

Os resultados de perdas e produtividade das obras analisadas por Paravisi (2008), levando em consideração o tempo empregado para montagem e desmontagem do andaime no *Case 2*, estão dispostos no Quadro 10.

Quadro 10 - Perdas (%) de argamassa industrializada e Produtividade (Hh/m²) das obras analisadas por Paravisi (2008)

	<i>Case 1 – Empresa E</i>		<i>Case 2 – Empresa V</i>	
	Perdas	Produtividade	Perdas	Produtividade
Mínima	5,17	0,88	28,32	1,08
Média	10,74	1,18	31,13	1,15
Mediana	10,68	1,12	32,25	1,09
Máxima	16,46	1,42	32,82	1,36

Fonte: Adaptado de Paravisi (2008)

O estudo de Costa (2013) contemplou a análise da produtividade do revestimento com projeção mecânica, cujas principais características e indicação da RUP dos pedreiros, estão dispostas no Quadro 11.

Quadro 11 - Caracterização das obras estudadas por Costa (2013)

Empresa	E1			E2
	Lateral esquerda	Lateral direita	Fachada de fundo	Revest. interno
Mão-de-obra	Subcontratada	Subcontratada	Subcontratada	Própria
Nº de pavimentos	13			21
Relação servente: pedreiro	4:3	7:1	3:1	15:3
RUP _{pedreiro} (Hh/m ²)	0,43 a 1,44	0,52 a 1,17	0,60 a 0,76	0,61 a 0,62
Tipo de argamassa	Industrializada	Industrializada	Industrializada	Industrializada
Tipo de aplicação	Projetada	Projetada	Projetada	Projetada
Equipamento de mistura	Máquina de projeção	Máquina de projeção	Máquina de projeção	Argamassadeira
Local de mistura	No pavimento	No pavimento	No pavimento	-
Detalhes na fachada	Pingadeiras, juntas de trabalho, quinas e cantos	Pingadeiras	Área extensa	-
Equipamentos de transporte	Cremalheira	Cremalheira e balancim	Cremalheira	-

Fonte: Adaptado de Costa (2013)

O terceiro estudo trata de uma pesquisa realizada por Lordsleem et al. (2014), em um empreendimento localizado na região metropolitana do Recife, com 21 pavimentos. Para a

mensuração da parcela de perdas de argamassa industrializada, Lordsleem et al. (2014) levou em consideração o balanço entre a quantidade teórica e a quantidade real de sacos de argamassa industrializada consumidos, incluindo a espessura média da superfície revestida, estando esses resultados indicados no Quadro 12.

Quadro 12 - Indicadores de espessura e de perdas por Lordsleem et al. (2014)

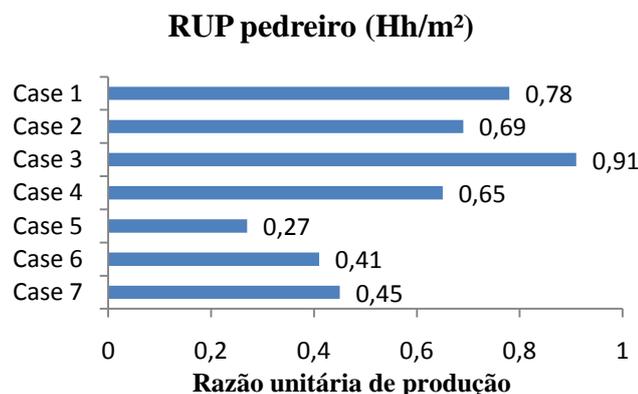
Indicadores	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto
Espessura (cm)	9	6,3	5,8	-	4,4	3,7
Perdas (%)	3,11	5,14	16,26	-	10,47	8,56

Fonte: Adaptado de Lordsleem et al. (2014)

A pesquisa de Inouye (2014), sobre a produtividade da mão de obra para execução de revestimento de argamassa, envolveu 14 casos de várias regiões do país, dentre os quais 10 eram referentes ao sistema mecanizado. A seguir, estão apresentados os dados de produtividade das obras analisadas por Inouye (2014), levando em consideração o local de aplicação e indicação das situações favoráveis e desfavoráveis evidenciadas pela referida pesquisadora.

Os resultados de produtividade para os casos de aplicação externa das obras analisadas por Inouye (2014) podem ser observados nos gráficos indicados pela Figura 19. Vale salientar que os *Cases* 1, 2, 3 e 4 foram caracterizados por apresentarem elevadas espessuras (variando de 3 a 8 centímetros) na camada de revestimento, enquanto que, os *Cases* 5, 6 e 7 a projeção foi aplicada sobre alvenaria estrutural, com espessuras inferiores a 2 cm e apresentando área extensa por oficial.

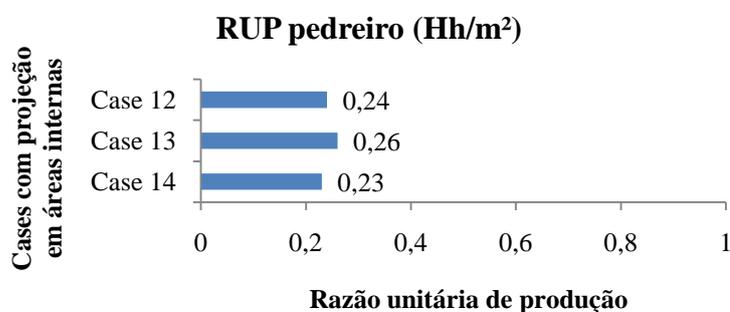
Figura 19 - Produtividade no revestimento externo das obras analisadas por Inouye (2014)



Fonte: Adaptado de Inouye (2014)

Os *Cases* 12, 13, e 14 se referem à projeção em áreas internas, cuja espessura não ultrapassou 2 cm, estando os resultados de produtividade representados no gráfico da Figura 20.

Figura 20 - Produtividade do revestimento interno das obras analisadas por Inouye (2014)



Fonte: Adaptado de Inouye (2014)

O conjunto de situações favoráveis evidenciadas pela referida pesquisadora para execução do revestimento externo foi: adoção de plano de projeção antes do início da tarefa, gestão focada na produção por andar, espessuras inferiores a 3 cm, utilização de janelas pré-moldadas, poucas quinas e cantos. Enquanto as situações desfavoráveis para esse mesmo conjunto de obras foram: execução de requadros após o término do emboço e produção independente, ou seja, um balancim por andar.

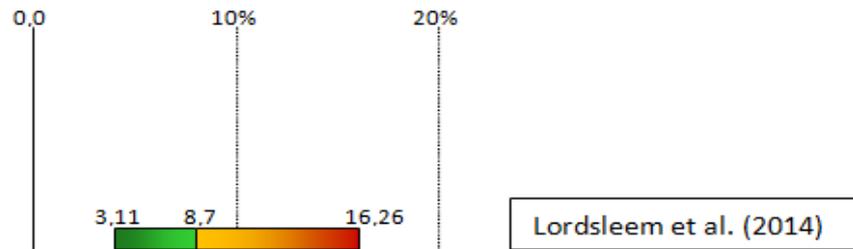
A análise global de seus resultados levou a concluir que a utilização do sistema de projeção mecanizada na execução de revestimento tende a melhorar os índices de produtividade da mão de obra, de acordo com os valores de RUP evidenciados, frente aos valores dispostos no TCPO 14 (PINI, 2012), sendo estes: mínima de 0,43 Hh/m² e máxima de 1,56 Hh/m².

3.5.1 Valores de referência para perdas

De acordo com a pesquisa de Lordsleem et al. (2014), foi possível indicar valores de referência para perdas de argamassa industrializada aplicada em áreas internas mediante projeção mecânica.

O gráfico da Figura 21 indica os valores mínimo, médio e máximo obtidos por Lordsleem et al. (2014).

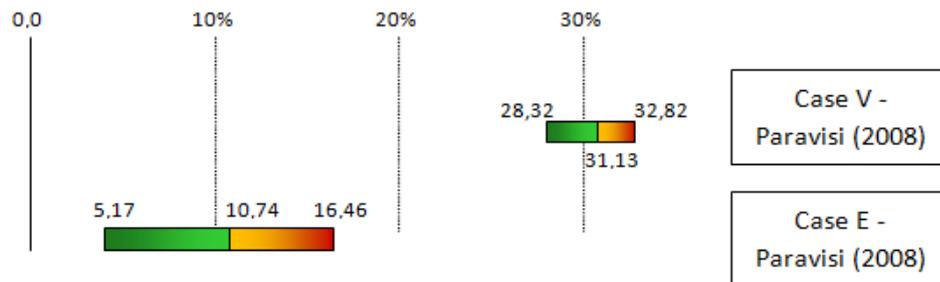
Figura 21 - Perdas de argamassa industrializada em revestimento interno



Fonte: Adaptado de Lordsleem et al. (2014)

De acordo com as obras avaliadas por Paravisi (2008), as perdas de argamassa industrializadas em revestimentos externos variaram de 5,17% até 32,82%, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 22, considerando os dois estudos de caso apresentados.

Figura 22 - Perdas de argamassa industrializada em revestimento externo

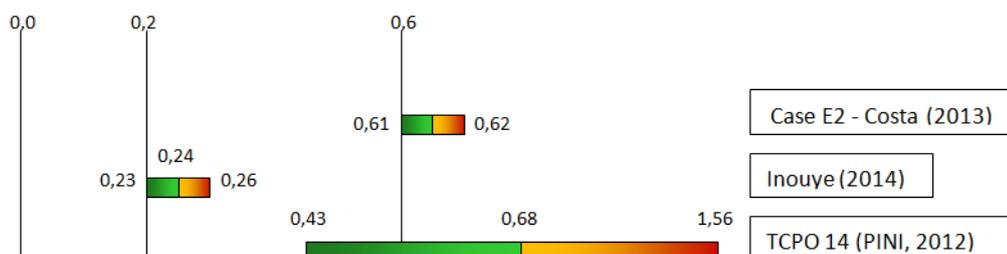


Fonte: Adaptado de Paravisi (2008)

3.5.2 Valores de referência para produtividade

Com base nas pesquisas de Costa (2013) e Inouye (2014), foram reunidos valores de referência para produtividade da mão de obra na execução do revestimento com projeção mecânica em revestimentos internos, conforme gráfico da Figura 23.

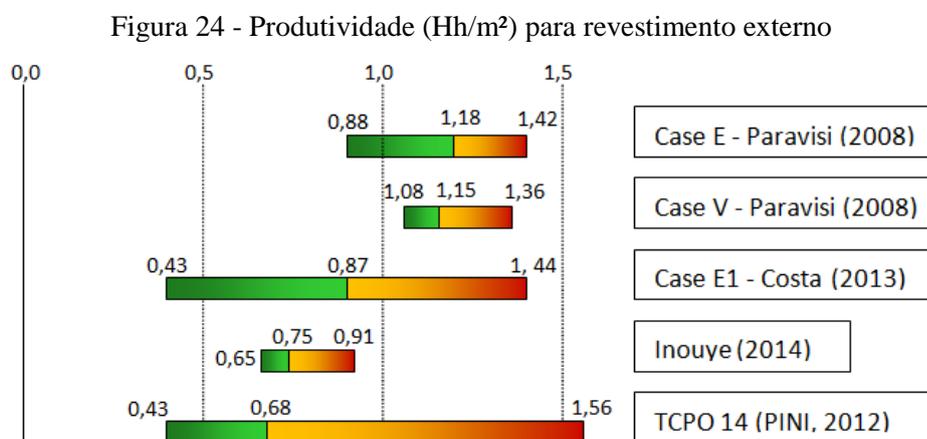
Figura 23 - Produtividade (Hh/m²) para revestimento interno



Fonte: Elaborado pela autora

Conforme o gráfico da Figura 23, os valores de produtividade evidenciados por Inouye (2014) foram melhores que os obtidos por Costa (2013) no *case* E2. Enquanto Inouye (2014) constatou variações de 0,23 a 0,26 Hh/m², com média foi equivalente a 33 m²/dia/Homem, Costa (2013) observou variações em torno de 0,62Hh/m² ou 12,9 m²/dia/homem.

Na Figura 24, estão representados os valores de referência para produtividade da execução de revestimento em áreas externas, segundo as pesquisas de Paravisi (2008), Costa (2013) e Inouye (2014), indicando os valores mínimo, médio e máximo obtidos em seus estudos de caso, incluindo a faixa estabelecida pelo TCPO 14 (PINI, 2012).



Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com os valores dispostos no gráfico da Figura 24, a produtividade evidenciada por Paravisi (2008) no *case* E, com variação de 0,88 a 1,42 Hh/m², Costa (2013) no *case* E1, com variação de 0,43 a 1,44 Hh/m² e Inouye (2014), com variação de 0,27 a 0,91 estão coerentes com a faixa de valores estabelecida pela TCPO 14 (PINI, 2012). A RUP mínima constatada por Inouye (2014), equivalente a 30 m²/dia/Homem, é cerca de 38% inferior ao valor mínimo do TCPO, correspondente a 18,6 m²/dia/Homem, podendo ser considerado como o melhor resultado de produtividade dentre as demais referências mencionadas.

Com base nos estudos de referência mencionados no Quadro 10 e nas representações gráficas ilustradas ao longo dessa seção, torna-se possível a comparação dos resultados de perdas e produtividade dos referidos autores com outros estudos de caso, levando em consideração o tipo de sistema de projeção empregado e o local de aplicação (interno ou externo), conforme pode ser observado na análise dos resultados do capítulo seguinte.

4. PESQUISA DE ESTUDOS DE CASO DE INDICADORES DE PERDAS E PRODUTIVIDADE PARA REVESTIMENTO COM APLICAÇÃO MECÂNICA DE ARGAMASSA

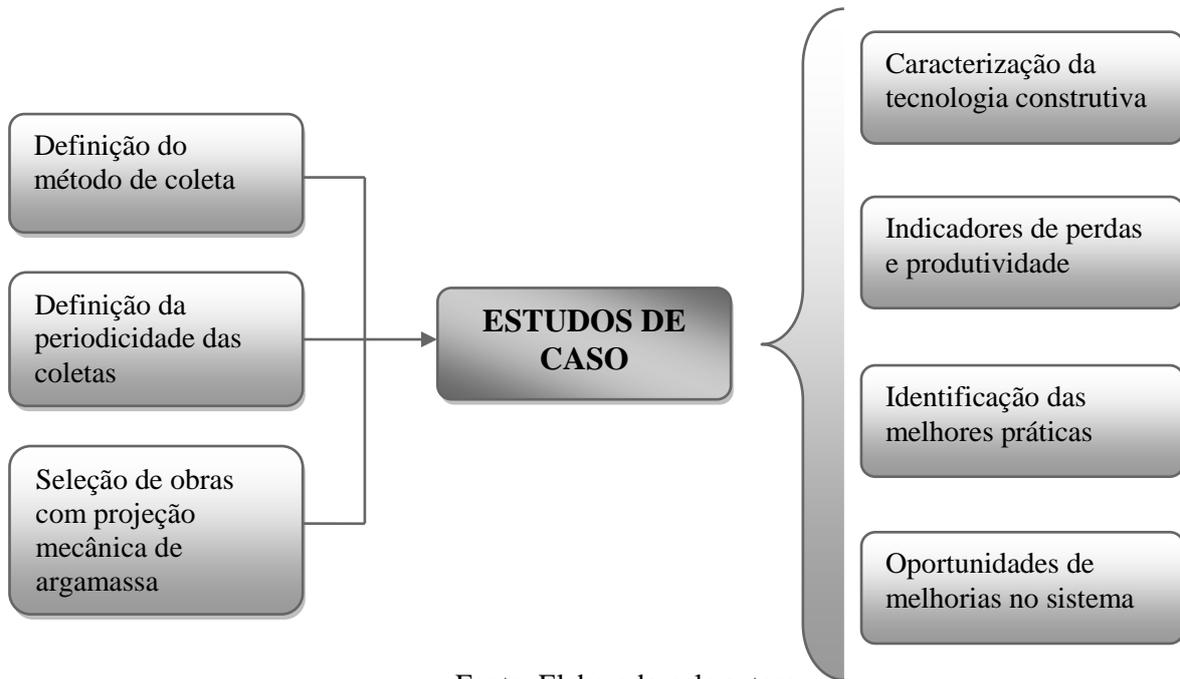
Este capítulo trata da pesquisa de estudos de caso realizada, contemplando a caracterização das empresas, das obras e dos sistemas de mecanização avaliados no decorrer do desenvolvimento dessa dissertação.

Neste capítulo também está contida a metodologia utilizada para a realização da pesquisa de campo, a apresentação e análise dos indicadores de perdas, consumo e produtividade da mão de obra para a execução do revestimento com projeção mecânica da argamassa, incluindo a identificação dos fatores influenciadores nas referidas grandezas, identificação das melhores práticas evidenciadas ao longo das visitas técnicas nas obras analisadas, e indicação das oportunidades de melhorias para o sistema.

4.1 Metodologia da pesquisa de campo

Este item explana a metodologia utilizada para a realização da pesquisa de campo, que inclui: a definição do método para coleta de dados, periodicidade das coletas e busca por obras que adotem o revestimento mecanizado. Nesse contexto, a metodologia para execução da pesquisa de campo pode ser representada pela Figura 25.

Figura 25- Esquema da metodologia para pesquisa de campo



Fonte: Elaborado pela autora

a) Definição do método de coleta dos dados

Em relação à escolha do método para a coleta de dados, optou-se em adotar os cadernos de indicadores do programa de indicadores de desempenho (PROGRIDE), para a tecnologia construtiva de revestimento com aplicação mecânica da argamassa, desenvolvido pela Comunidade da Construção, sob liderança da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

O PROGRIDE teve sua origem nos estudos de Pinho (2013) no âmbito da Comunidade da Construção de Recife-PE, em parceria com o grupo POLITECH do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade de Pernambuco, e compreende um conjunto com nove cadernos de indicadores, incluindo os objetivos e procedimentos para coleta de dados de consumo, perda e produtividade, além de padronizar a forma de caracterização da empresa, do serviço ou material a ser estudado e do empreendimento.

Dando continuidade aos estudos sobre perdas e produtividade, a Comunidade da Construção, sob a liderança da ABCP, com base nos cadernos de Pinho (2013), desenvolveu seis cadernos de indicadores para a tecnologia construtiva de revestimento com aplicação mecânica da

argamassa, dentre os quais foram adotados como método de coleta de dados da presente dissertação.

O primeiro caderno faz uma abordagem quanto à caracterização do empreendimento, contendo campo para o registro dos dados gerais da construção, definição da equipe de coordenação, supervisão e produção, duração e dados técnicos relevantes da obra, conforme pode ser observado no anexo A.

O segundo caderno (Anexo B) se destina à caracterização da empresa detentora do empreendimento, através do levantamento de informações como dados gerais e técnicos da empresa, existência de programas institucionais de treinamento para a qualidade e projetos de melhorias desenvolvidos pela empresa.

O terceiro caderno (Anexo C) trata das perdas da argamassa industrializada em três partes: caracterização do insumo, cálculo do consumo real, levantamento da quantidade de serviço executado e, por fim, cálculo dos indicadores de consumo e perdas para as atividades de chapisco e emboço.

O quarto caderno, Anexo D, se refere à produtividade da mão de obra para o serviço de revestimento de argamassa, tanto para áreas internas como para áreas externas. Nesse caderno, estão indicados itens para a realização da caracterização do serviço e da mão de obra. A medição de produtividade, por sua vez, é realizada mediante o cálculo da razão unitária de produção (RUP) para pedreiros e serventes.

O quinto caderno, Anexo E, foi elaborado no intuito realizar o registro das anormalidades que impossibilitaram, de alguma forma, a equipe de produção a trabalhar. Dentre tais anormalidades estão: falta de frente de serviço, falta de material, falta de ferramenta ou água/energia.

O sexto e último caderno, Anexo F, foi formulado para apresentar, de forma resumida, os resultados dos indicadores de perdas, consumo e a RUP para pedreiros e serventes.

b) Periodicidade das coletas

Por convenção da pesquisadora, considerando ainda os recursos disponíveis e a experiência do PROGRIDE, a visita técnica nas obras estudadas para efetiva coleta de dados *in loco* foi realizada obedecendo a um ciclo semanal de atividades.

c) Seleção de empresas com sistema de projeção mecânica da argamassa

A busca por empresas para compor o conjunto de estudos de caso desta dissertação teve início junto à Comunidade da Construção do Recife/PE, em seu 6º Ciclo, ao longo das atividades referentes aos Sistemas de Mecanização de Revestimentos. O objetivo da busca foi encontrar obras em fase da execução do revestimento, interno e/ou externo, com uso da projeção mecânica da argamassa.

Nessa busca por empresas, foi envolvida uma aluna de iniciação científica, pertencente ao grupo de ensino, pesquisa e extensão POLITECH, da Universidade de Pernambuco, que também estava estudando perdas e produtividade do sistema de revestimento mecanizado.

A presente pesquisa envolve a participação de sete empresas construtoras e contempla a apresentação de estudos de caso em oito obras, em fase de revestimento com projeção mecânica da argamassa, cujas caracterizações estão apresentadas no capítulo 5. Foram atribuídos códigos através de letras para identificar as obras analisadas e números para identificar as empresas envolvidas. O Quadro 13 indica quais foram os indicadores colhidos por obra.

Quadro 13 - Indicadores coletados por obra

	Empresas							
	1	2		3	4	5	6	7
Índice	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E	Obra F	Obra G	Obra H
Perdas	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Produtividade	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pela autora

Nas obras B e C, pertencentes à mesma empresa construtora, não foi possível a realização do acompanhamento da parcela de perda, sendo apresentados apenas os resultados para produtividade. Na obra D, por ter utilizado argamassa dosada no canteiro, os índices de perdas também não foram acompanhados.

d) Estudos de caso

A realização dos estudos de caso nas obras identificadas compreendeu o cumprimento das etapas descritas no Quadro 14.

Quadro 14 - Etapas do estudo de caso

Etapas	Descrição
Caracterização da obra	Conforme Anexo A
Caracterização da empresa	Conforme Anexo B
Coleta de dados em campo	Determinação do consumo de argamassa Determinação da espessura da camada de revestimento Quantificação da área executada Quantificação dos Homens-horas Registro das anormalidades ocorridas no período
Compilação dos dados	Conforme Anexo C e D
Tratamento dos dados	Valores mínimo, médio, máximo e mediana Desvio padrão Coeficiente de variação Representação via <i>Box plot</i> (diagrama de caixa)

Fonte: Elaborado pela autora

A realização da coleta dos dados em campo seguiu metodologia indicada nos cadernos de indicadores anexados, obedecendo à periodicidade estabelecida para cada obra. De posse dos dados obtidos no canteiro, estes foram dispostos nas planilhas para então gerar os indicadores de perdas, consumo e RUP.

Vale salientar que para determinação da parcela de perdas é necessário obter o consumo unitário real de material, podendo ser aplicada a seguinte equação:

$$CUM_{real} = \frac{C_{real}}{Q_s} \quad (8)$$

Em que:

CUM_{real} = Consumo unitário de material real (Kg/m²);

C_{real} = Consumo real de argamassa (Kg);

Q_s = Quantidade de serviço executada (m²);

Nas obras A, F, G e H o consumo real (C_{real}) foi determinado mediante a aplicação da equação 9.

$$C_{real} = [VI + FORN \pm TRANSF - VF] \times P \quad (9)$$

Em que:

VI = quantidade de sacos de argamassa no início do período de estudo

$FORN$ = quantidade de sacos argamassa fornecidos por fabricante

$TRANSF$ = quantidade de sacos cedidos (-) ou recebidos (+)

VF = quantidade de sacos no final do período de estudo.

P = massa, em Kg, de um saco de argamassa

Na obra E esse mesmo consumo foi determinado mediante o registro da quantidade de sacos adicionados ao misturador para a preparação da argamassa a ser projetada pela bomba. Esse registro foi realizado pelos estagiários, ou técnicos, como parte do procedimento de controle de materiais.

Essa decisão foi tomada na obra E porque a mesma argamassa utilizada no equipamento de projeção também era utilizada para a execução de outros serviços, como revestimento manual de argamassa em áreas internas e elevação de alvenaria, já que o material apresentava qualificações técnicas para essas aplicações, conforme especificação do fornecedor. Dessa forma, caso fosse aplicada a equação 9 os dados de consumo e perdas não retratariam a realidade da obra.

Para a apresentação dos dados obtidos, além dos valores mínimo e máximo, foram utilizadas duas medidas de posição de tendência central, a saber: média aritmética e a mediana. Segundo Correa (2003), as medidas de posição, assim como as medidas de variabilidade (ou

dispersão), assimetria e curtose, possibilitam localizar a maior concentração de valores de uma dada distribuição e comparar a série de dados entre si pelo confronto desses números.

Um cuidado adicional deve ser tomado na decisão de qual elemento, média ou mediana, será utilizado para representar a distribuição de dados, pois nem sempre esses valores são capazes de indicar a realidade expressa pelo conjunto de dados, principalmente se a quantidade de termos for pequena e ou se houver valores discrepantes em relação aos demais.

Correa (2003) destaca que para verificar a representatividade das medidas de posição, ou seja, para avaliar o grau de variabilidade dos valores em torno da média, pode-se fazer uso das medidas de dispersão, sendo as principais: variância, desvio padrão e coeficiente de variação. Desse modo, uma distribuição pode ser classificada como:

Baixa dispersão: $CV \leq 15\%$

Média dispersão: $15\% < CV < 30\%$

Alta dispersão: $CV \geq 30\%$

O tratamento dos dados contemplou a utilização de duas medidas de posição: média aritmética e mediana, e duas medidas de dispersão: desvio padrão e coeficiente de variação, além da representação dos dados através de gráficos *Box plot*, por meio do qual é possível visualizar os valores máximos e mínimos e avaliar a simetria e dispersão dos dados, configurando uma ferramenta importante na elaboração das conclusões desta pesquisa.

4.2 Caracterização das empresas

A caracterização das empresas foi realizada com base nos itens dispostos no caderno intitulado por “caracterização de empresa”, pertencente ao manual de indicadores do PROGRIDE, conforme consta no anexo B. O preenchimento se deu através de entrevista com o engenheiro residente do empreendimento. Os resultados obtidos encontram-se disponíveis no Quadro 15.

A pesquisa contemplou a participação de sete empresas construtoras, codificadas por números, atuantes em incorporação e construção de edifícios e obras residenciais para clientes

privados. Salienta-se que todas as empresas desenvolveram pelo menos um projeto de melhoria, sendo o de segurança no trabalho e a ISO 9001 comuns a todas.

Quadro 15 - Caracterização das empresas

Itens para caracterização da empresa	Empresas						
	01	02	03	04	05	06	07
1. Atividades realizadas nos último 2 anos							
Incorporação e construção de edificações residenciais	X	X		X	X	X	X
Obras residenciais para clientes privados	X	X	X	X	X	X	X
Obras industriais para clientes privados		X					X
Obras comerciais para clientes privados				X		X	X
Obras públicas (Edificações)							
Obras públicas (Infra-estrutura)							
Obras públicas (Habitação de interesse social)							
Outros tipos de Obras		X					X
2. Participação em programas de treinamento institucional							
Convênio com universidades	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Empresa consultora				X			
PGQP							
Sebrae							
Senai	X		X				
Sinduscon			X	X			
Outros							X
3. Projetos de Melhorias já desenvolvidos							
Alfabetização			X				
ISO 9001	X	X	X	X	X	X	X
Padronização de processos						X	X
Práticas lean no canteiro de obra				X		X	
Programa 5 S	X			X		X	X
Segurança no Trabalho	X	X	X	X	X	X	X
Outros					X	X	X
4. Quantidade de obras com projeção estudadas							
	1	2	1	1	1	1	1

4.3 Caracterização das obras

A caracterização das obras foi realizada com base na ficha contida no anexo A cujos resultados são apresentados no Quadro 16, contendo a indicação do tipo, duração, dados técnicos da obra, como: padrão, número de torres, pavimentos e unidades, tipologias adotadas na estrutura, vedação e revestimento externo. Conforme pode ser observado no referido quadro, foram analisadas oito obras, dentre as quais duas pertencem à mesma empresa construtora.

Um destaque deve ser dado a obra G, pertencente à empresa 6, caracterizada por conter 9 blocos iguais distribuídos no mesmo canteiro, em que cada bloco é composto por quatro pavimentos tipo. Vale salientar que, dessa obra, apenas no bloco 6 foi acompanhado o consumo de argamassa e os indicadores de perdas e produtividade.

Quadro 16 - Caracterização das obras

Itens para caracterização da obra	Empresa 01	Empresa 02		Empresa03	Empresa 04	Empresa 05	Empresa6	Empresa07
	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E	Obra F	Obra G	Obra H
1. Tipo de empreendimento	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Comercial
2. Padrão do empreendimento	Alto	Alto	Alto	Alto	Médio	Alto	Alto	Médio
4. Duração da obra (datas)								
Início	03/2012	04/2012	04/2012	01/2012	12/2013	06/2012	10/2013	12/2014
Previsão de conclusão	04/2015	09/2014	09/2014	07/2014	12/2015	12/2015	02/2017	05/2016
5. Dados técnicos da obras								
Número de torres	1	1	1	1	1	1	9	3
Número de pavimentos	15	21	21	26	25	30	4	3
Número de unidades	60	126	126	96	240	84	180	13
6. Tipologias adotadas								
Estrutura	Reticulada com laje nervurada	Reticulada	Reticulada	Reticulada com laje nervurada	Reticulada com laje maciça	Reticulada com laje nervurada	Reticulada com laje maciça	Reticulada com laje nervurada
Vedação	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico	Tijolo cerâmico	Tijolo cerâmico	Bloco de concreto
Revestimento externo	Emboço cerâmica e granito	Emboço e cerâmica	Emboço e cerâmica	Emboço	Emboço	Emboço	Emboço (massa única para pintura)	Emboço

Fonte: Elaborado pela autora

4.4 Caracterização do sistema de projeção mecânica da argamassa

Neste item será apresentada a caracterização do sistema de projeção mecânica da argamassa adotado pelas empresas construtoras contempladas pela presente pesquisa, incluindo uma explanação referente às etapas de fornecimento, mistura, transporte e projeção das argamassas utilizadas pelas construtoras.

Com base nas etapas de mistura, transporte e projeção da argamassa, a autora da presente dissertação reuniu as principais informações coletadas nos canteiros para caracterizar o sistema de projeção mecânica das obras analisadas conforme pode ser observado no Quadro 17

No referido Quadro, estão apresentados o parecer dos oficiais em relação à experiência com sistema de projeção, a tipologia da mão de obra utilizada, o dimensionamento da equipe direta (relação pedreiro/ajudante), o tipo de sistema utilizado, incluindo a localização da central misturadora, além da indicação dos equipamentos utilizados para efetiva mistura, transporte e projeção da argamassa, do tipo de argamassa e aparato empregado, do local de aplicação, e espessura da camada de revestimento.

Nas obras A, B, C e H, a execução do serviço foi realizada mediante mão de obra subcontratada e os oficiais envolvidos já conheciam essa tecnologia construtiva. As obras E e G optaram por utilizar mão de obra própria, sendo a primeira experiência com projeção mecanizada da argamassa da equipe. Na obra D foi utilizada mão de obra própria da empresa, que apresentou experiência com esse tipo de serviço, e na obra F o serviço de projeção iniciou com mão de obra subcontratada e depois passou a ser realizado por pedreiros da própria empresa.

Quadro 17 - Caracterização do sistema de projeção mecânica

Características		Obras								
		A	B	C	D	E	F	G	H	
Experiência dos oficiais com sistema de projeção		Conhece a técnica	Conhece a técnica	Conhece a técnica	Conhece a técnica	Primeira experiência	Primeira experiência	Primeira experiência	Conhece a técnica	
Mão de obra utilizada		Subcontratada	Subcontratada	Subcontratada	Própria	Própria	Mista	Própria	Subcontratada	
Relação ajudante/pedreiro		1:2	1:2	1:3	1:1	4:5	1:1	3:5	1:1	
Sistema utilizado		Sistema portátil	Sistema portátil	Sistema portátil	Central misturadora fixa	Sistema portátil	Sistema portátil	Central misturadora fixa	Central misturadora fixa	
Localização da central misturadora		Andar do pavimento	Andar do pavimento	Andar do pavimento	Térreo	Andar do pavimento	Andar do pavimento	Térreo	Térreo	
EMBOÇO	Tipo de argamassa	Industrializada ensacada	Industrializada ensacada	Industrializada ensacada	Produzida em obra	Industrializada ensacada	Industrializada ensacada	Industrializada ensacada	Industrializada ensacada	
	Local de aplicação	Interno	Externo	Externo	Externo	Externo	Externo	Externo	Externo	
	Aparato	-	Balancim	Balancim	Balancim	Balancim	Balancim	Andaime fachadeiro	Andaime fachadeiro	
	Espessura média (cm)	0,7 – 1,0	4,0 – 6,0	4,0 – 6,0	4,0 – 6,0	4,0 – 5,0	4,0 – 6,0	4,0 – 6,5	4,0 – 5,0	
EQUIPAMENTOS	Mistura da argamassa		Argamassadeira	Argamassadeira	Argamassadeira	Betoneira	Argamassadeira	Argamassadeira	Argamassadeira	
	Transporte da argamassa	Estoque até misturadora	Manual	Manual	Manual	Manual, a granel	Manual	Manual	Manual	Manual
		Misturadora até bomba	Lançamento direto, controlado por oficiais	Lançamento direto, controlado por oficiais	Lançamento direto, controlado por oficiais	Manual, via guincho da obra	Lançamento direto, controlado por oficiais			
		Bomba até substrato	Mecanizado via mangote	Mecanizado via mangote	Mecanizado via mangote	Mecanizado via recipiente	Mecanizado via mangote	Mecanizado via mangote	Mecanizado via mangote	Mecanizado via mangote
Tipo de equipamento para projeção		Bomba	Bomba	Bomba	Canequinha	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	

Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com as visitas técnicas realizadas nas obras estudadas, o tipo de sistema de projeção predominantemente adotado pelas empresas construtoras foi sistema portátil com material ensacado, caracterizado por apresentar a central misturadora e bomba posicionadas no pavimento de projeção. De forma resumida, no sistema portátil as principais etapas são:

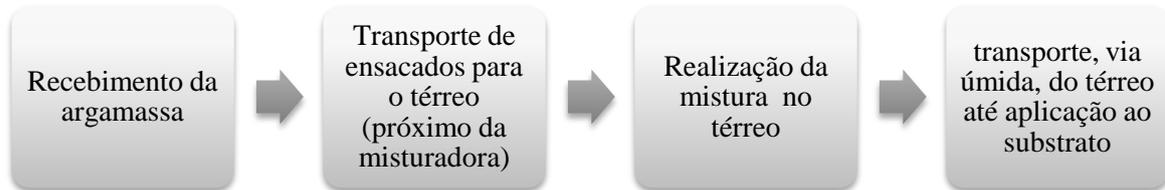
Figura 26 - Principais etapas do sistema portátil com argamassa ensacada



Fonte: Elaborado pela autora

Nas obras G e H, esse mesmo sistema foi caracterizado como central misturadora fixa, pois a mistura da argamassa foi realizada exclusivamente no pavimento térreo e foi conduzida, via úmida, até a aplicação ao substrato. As principais etapas identificadas nesse tipo de sistema foram (Figura 27):

Figura 27 - Principais etapas do sistema com central misturadora fixa com uso de argamassa ensacada



Fonte: Elaborado pela autora

4.4.1 Fornecimento e acondicionamento da argamassa

Em todas as obras analisadas, exceto na obra D, a argamassa para projeção foi fornecida ensacada e acondicionada de forma paletizada ou empilhada sobre estrados de madeira, conforme Figura 28, contendo a indicação para aplicação mecânica.

A obra D, por utilizar uma argamassa dosada no canteiro, os materiais a granel foram armazenados em baias nas proximidades e conduzidos para o equipamento de mistura.

Figura 28 - Acondicionamento da argamassa industrializada



Fonte: Foto de autoria própria

4.4.2 Mistura e transporte da argamassa

Nas obras A, B, C, E e F a argamassa foi transportada, via seca, do depósito onde estava acondicionada até as proximidades da central misturadora. Esse trajeto envolveu a utilização de equipamentos como carro porta-pallet, para o transporte horizontal, e guincho da obra, para o transporte vertical. Nas obras G e H a argamassa ensacada era transferida do depósito de ensacados até a misturadora, percorrendo apenas o deslocamento horizontal e contou com a utilização do equipamento empilhadeira *skytrack*, ou manipulador telescópico.

Para a mistura da argamassa, em todas as obras foi utilizado o equipamento misturador, no qual o operador realizava a proporção água/material seco, conforme necessidade de produção. A Figura 29 mostra a colocação do material ensacado no equipamento misturador. Após a realização da mistura, a argamassa fresca é lançada diretamente na câmara do equipamento de projeção (Figura 30).

Figura 29 - Etapa de mistura da argamassa



Fonte: Foto de autoria própria

Figura 30 - Lançamento da argamassa fresca na câmara do equipamento de projeção



Fonte: Foto de autoria própria

Em todas as obras analisadas a mecanização do processo, propriamente dita, se inicia a partir da etapa da mistura da argamassa e segue até a ação da projeção no substrato, assunto discutido a seguir.

4.4.3 Projeção

Apenas na obra D, a projeção contou com a utilização do método com recipiente acoplado e nas demais obras analisadas, a mecanização da argamassa foi realizada mediante a utilização de bomba de projeção.

As obras G e H utilizaram aparato do tipo andaime fachadeiro (Figura 31), cujo tempo demandado para montagem e desmontagem influenciam na produtividade da equipe de produção, mas esse tipo de aparato pode abrir frente para a execução simultânea de vários trechos ao longo da fachada.

Figura 31 - Aparato tipo andaime fachadeiro



Fonte: Foto de autoria própria

4.5 Apresentação e análise dos indicadores de perdas e produtividade

No Quadro 18, encontram-se disponíveis os resultados dos indicadores de perdas de argamassa industrializada, o consumo unitário da argamassa e os valores da RUP semanal, cumulativa e potencial, das obras analisadas.

Nas obras B e C não foi possível a realização do acompanhamento da parcela de perdas, sendo apresentados apenas os resultados para produtividade. Na obra D, por ter utilizado argamassa dosada no canteiro, os índices de perdas também não foram acompanhados.

Quadro 18 - Indicadores coletados nas obras

Empresa	Empresa 1	Empresa 2		Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Empresa 7
Obra	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E	Obra F	Obra G	Obra H
Emboço	Interno	Externo	Externo	Externo	Externo	Externo	Externo	Externo
Execução de requadros e quinas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Períodos analisados (semanas)	17	6	3	4	3	3	4	5
Perda de argamassa industrializada (%)								
Mínima	27,93	NC	NC	NC	7,04	28,85	6,38	13,13
Média	81,23	NC	NC	NC	13,9	41,82	56,4	17,49
Máxima	150,02	NC	NC	NC	23,93	58,74	148,94	26,53
Mediana	71,32	NC	NC	NC	10,73	37,87	35,14	15,53
Desvio padrão	39,96	-	-	-	8,88	15,33	67,16	5,24
Coefficiente de variação	45%	-	-	-	63%	36%	119%	30%
Consumo unitário de argamassa industrializada (Kg/m²)								
Mínimo	15,29	NC	NC	NC	65,88	87,47	54,25	36,54
Médio	23,68	NC	NC	NC	74,31	96,27	93,60	59,43
Máximo	33,95	NC	NC	NC	84,27	107,75	139,65	80,53
Mediano	23,25	NC	NC	NC	72,79	93,60	90,26	58,73
Desvio padrão	5,43	-	-	-	9,2	10,42	38,91	15,65
Coefficiente de variação	21%	-	-	-	12%	10%	41%	26%
Produtividade – RUP_{pedreiro} semanal (Hh/m²)								
Mínima	0,21	0,18	0,23	0,43	0,59	0,70	1,04	0,46
Média	0,86	0,26	0,42	0,71	0,98	1,44	2,49	0,67
Máxima	2,06	0,34	0,75	1,17	1,60	1,81	5,91	0,82
Mediana	0,69	0,27	0,42	0,61	0,76	1,8	1,51	0,71
Desvio padrão	0,51	-	-	0,32	0,54	0,63	2,29	0,13
Coefficiente de variação	48%	-	-	46%	54%	44%	91%	20%
Produtividade – RUP_{pedreiro} cumulativa (Hh/m²)								
Mínima	0,41	0,18	0,23	0,47	0,59	0,70	1,57	0,62
Média	0,51	0,22	0,42	0,55	0,66	1,24	2,89	0,70
Máxima	0,58	0,25	0,49	0,61	0,82	1,56	5,91	0,82
Mediana	0,51	0,24	0,42	0,55	0,66	1,45	2,04	0,69
RUP_{pedreiro} potencial (Hh/m²)	0,37	0,18	0,32	0,43	0,67	0,70	1,20	0,46

Fonte: Elaborado pela autora

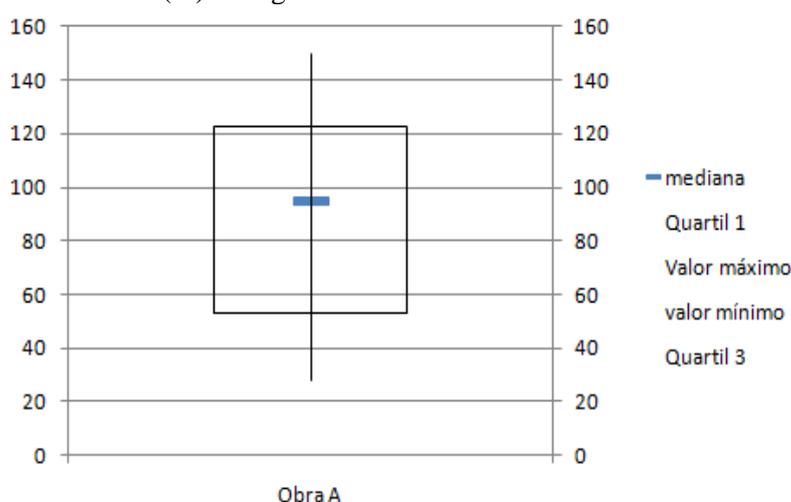
4.5.1 Perdas de argamassa industrializada

A seguir são apresentadas as análises dos resultados de perdas de argamassa industrializada por obra, separados segundo o local da aplicação do revestimento, ou seja, em áreas internas e externas e gráficos *Box plot*, que permitem identificar as medianas dos resultados, os quartis inferiores e superiores (faixa onde se concentram 50% dos dados, 25% acima e 25% abaixo da mediana) e valores máximos e mínimos evidenciados.

4.5.1.1 Análise das perdas de argamassa industrializada em revestimentos internos

Conforme anunciado no Quadro 18, da seção anterior, a obra A foi a única contemplada pela pesquisa com execução de revestimento com projeção mecânica de argamassa em áreas internas e na Figura 32 está representado o *Box plot* dos valores de perdas obtidos.

Figura 32 – Perdas (%) de argamassa industrializada em áreas internas



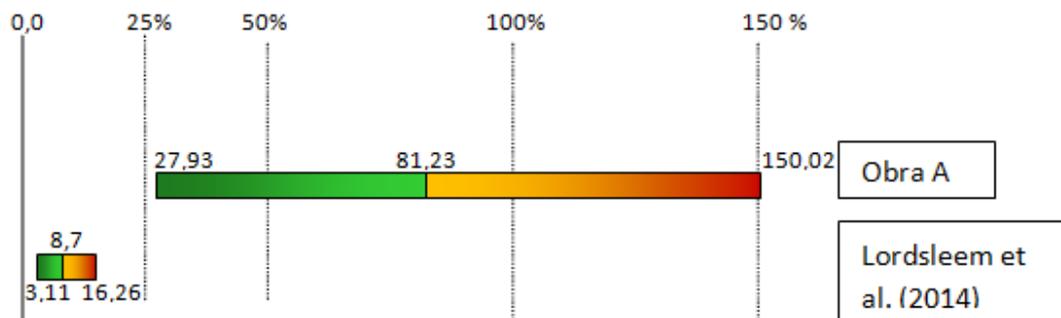
Fonte: Elaborado pela autora

Diante de um coeficiente de variação equivalente a 45%, os dados de perdas coletados na obra A constituem uma distribuição classificada como alta dispersão, por ser superior a 30%, com valores variando de 27,93% a 150,02%. Pelo *Box plot* apresentado, 50 % do índice de perdas dessa obra foram entre 53,26% e 122,29% (quartil 1 e quartil 3, respectivamente), para 17 semanas de coletas.

Conforme pode ser observado no gráfico da Figura 33, os valores de perdas obtidos na obra A são superiores aos encontrados por Lordsleem et al. (2014), cuja variação foi de 3,11 a

16,26%, levando em consideração que tratam-se de obras com o mesmo sistema de produção e que a aplicação da argamassa ocorreu em áreas internas. Como a maioria dos valores de perdas da obra A são superiores a 53%, com média de 81,23%, pode-se considerar que as perdas de argamassa industrializadas nessa obra foram altas, em comparação com os valores obtidos por Lordsleem et al. (2014).

Figura 33 – Comparação das perdas (%) de argamassa industrializada da obra A com estudos de referência

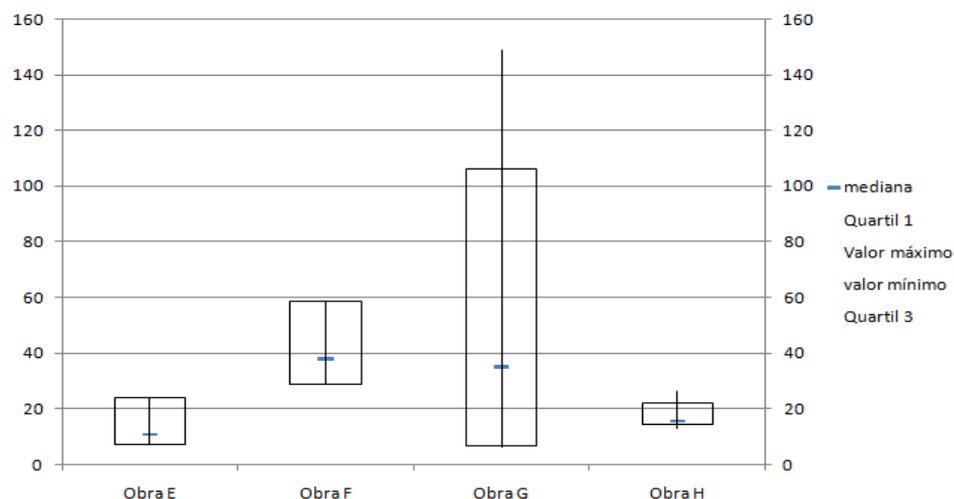


Fonte: Elaborado pela autora

4.5.1.2 Análise das perdas de argamassa industrializada em revestimentos externos

Na Figura 34 estão indicados os gráficos *Box plot* das obras E, F, G e H que foram caracterizadas por apresentarem a execução do revestimento com projeção mecânica da argamassa em áreas externas.

Figura 34 – Perdas (%) de argamassa industrializada em áreas externas



Fonte: Elaborado pela autora

A distribuição dos dados de perdas coletados na obra E apresentou um coeficiente de variação de 63%, sendo classificada como alta dispersão, com valores variando de 7,04 a 23,93%, valores estes equivalentes ao quartil 1 e quartil 3 respectivamente, conforme *Box plot* apresentado, para 3 semanas de coletas. Vale salientar que esses valores foram obtidos num período em que o sistema já estava consolidado na empresa.

Na obra F a distribuição dos dados coletados resultou em um coeficiente de variação de 36%, indicando uma alta dispersão, com valores variando de 28,85 a 58,74%, equivalentes ao quartil 1 e quartil 3 respectivamente, conforme *Box plot* gerado, para três semanas de coletas.

Os dados coletados na obra G apresentaram coeficiente de variação equivalente a 119%, indicando uma alta dispersão, com perdas variando de 6,38 a 148,4%. De acordo com a análise do *Box plot*, a metade dos dados está compreendida entre 6,38 e 106,02%, ou seja, entre o quartil 1 e o quartil 3, para quatro semanas de coletas. Dentre os fatores que podem ter influenciado nesses índices, destacam-se a baixa consistência apresentada pela argamassa utilizada na projeção e vários trechos com taliscas, indicando espessura acima dos quatro centímetros, considerada como elevada, conforme por ser observado na Figura 35.

Figura 35 – Trecho com elevadas espessuras na obra G



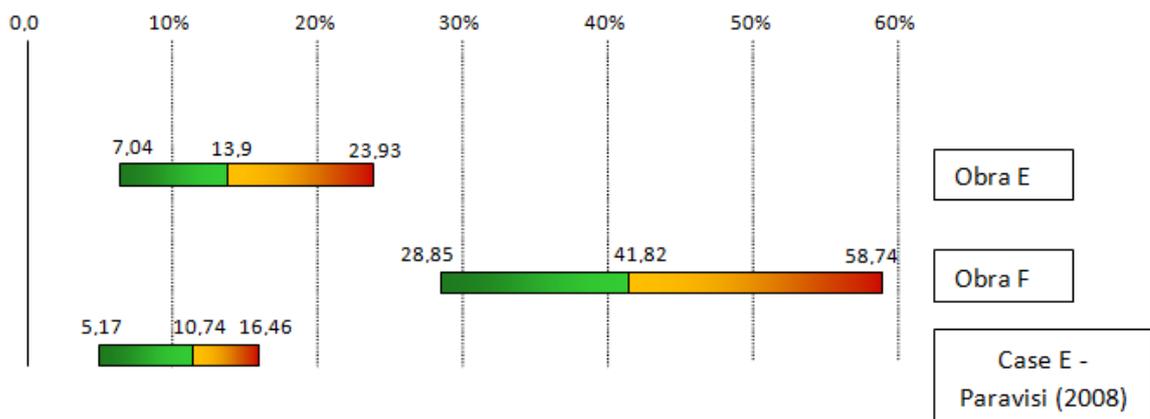
Fonte: Foto de autoria própria

Na obra H foi possível obter cinco semanas de resultados, com valores de perdas que variaram de 13,13 a 26,53%, apresentando um coeficiente de variação de 30%, configurando uma média dispersão dos dados. Pelo *Box plot* gerado, 50% dos valores estão compreendidos entre 14,14%, primeiro quartil, e 21,82%, terceiro quartil. Os resultados mostraram-se satisfatórios perante a gestão do canteiro que utilizava o sistema mecanizado pela primeira vez.

Em relação aos valores de referência identificados na bibliografia, os resultados de perdas das obras E e F podem ser comparados ao *case E* da pesquisa de Paravisi (2008), por apresentarem características do sistema de mecanização semelhantes, do mesmo modo que as obras G e H podem ser comparadas com o *case V* da pesquisa de Paravisi (2008).

De acordo com o gráfico da Figura 36, o valor médio das perdas evidenciadas na obra E é próximo ao valor encontrado por Paravisi (2008) no *case E*. As perdas constatadas na obra F se mostraram superiores aos resultados de Paravisi (2008).

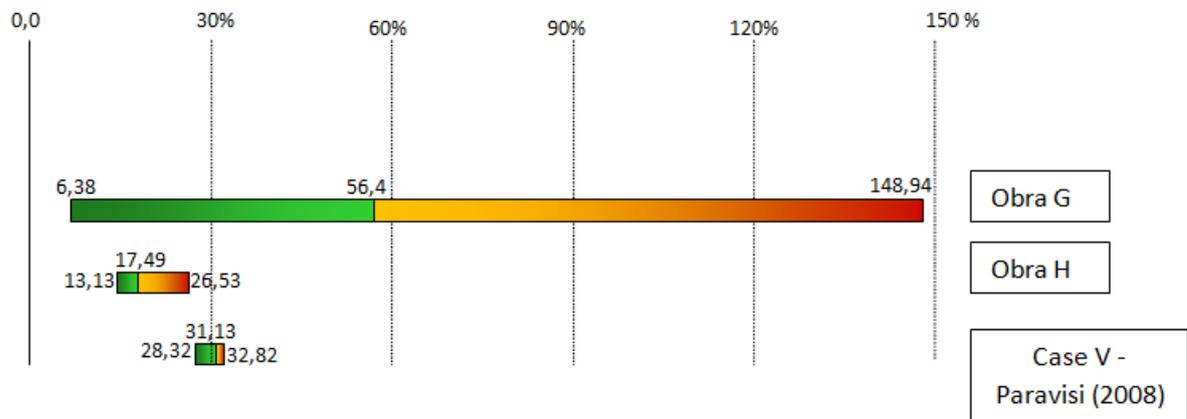
Figura 36 – Comparação das perdas (%) de argamassa industrializada das obras E e F com estudos de referência



Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico da Figura 37 mostra as variações obtidas nas obras G, H e no *case V* de Paravisi (2008). Com base nos dados apresentados no gráfico da Figura 37, constata-se que a obra G apresenta, simultaneamente, o menor e o maior índice de perdas e a obra H apresenta o melhor resultado de perdas, considerando o valor médio de todas as médias apresentadas.

Figura 37 – Comparação das perdas (%) de argamassa industrializada das obras G e H com estudos de referência



Fonte: Elaborado pela autora

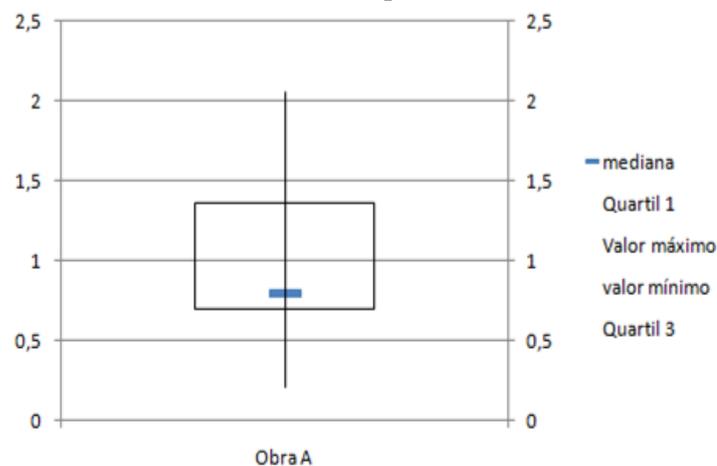
4.5.2 Produtividade da mão de obra

Segue a análise dos dados referentes à produtividade registrada nas obras analisadas, incluindo a identificação dos principais fatores influentes nos dados, com base nos valores disponíveis no Quadro 18 e nos gráficos *Box plot* gerados, contemplando a indicação dos valores extremos e coeficiente de variação do conjunto amostral.

4.5.2.1 Análise da produtividade da mão de obra em revestimentos internos

Na Figura 38 está representado o *Box plot* dos valores de produtividade, em Hh/m², dos pedreiros obtidos para a obra A.

Figura 38 - Produtividade (Hh/m²) dos pedreiros em revestimentos internos



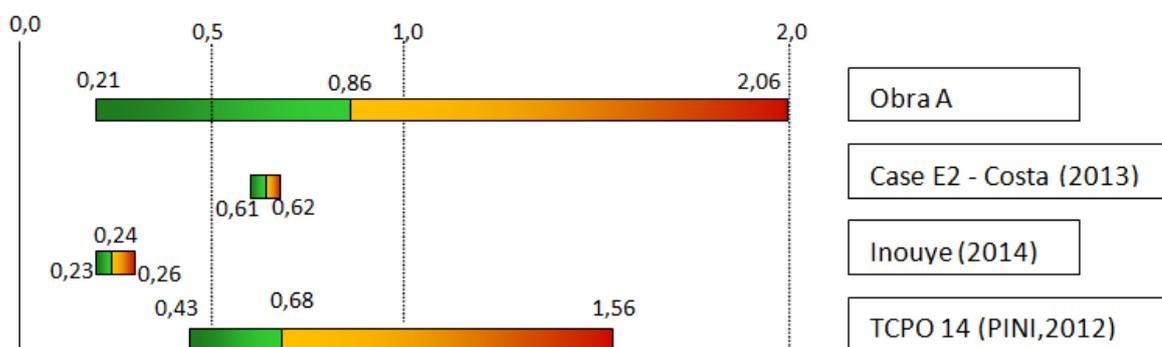
Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com a análise do gráfico acima, o índice de produtividade semanal da obra A variou de 0,21 a 2,06 Hh/m², para um período de 17 semanas de coletas, com coeficiente de variação de 48%, indicando uma alta dispersão dos dados, estando metade destes valores concentrados na faixa de 0,7 a 1,36 Hh/m², quartil 1 e quartil 3, respectivamente. Dentre os fatores que favoreceram na produtividade da equipe, destacam-se: mão de obra (subcontratada) com experiência na técnica de projeção mecânica de argamassa, espessura média da camada de revestimento variando de 0,7 a 1,0 centímetros, e aplicação em áreas internas.

Uma vez que a obra A foi caracterizada por executar revestimento interno, com utilização de sistema portátil, os resultados da RUP podem ser comparados com os valores do Case E2 encontrados por Costa (2013) e com os valores obtidos por Inouye (2014), para revestimento interno.

Comparando, conforme Figura 39, os valores de produtividade da obra A com os valores obtidos nas pesquisas de Costa (2013) e Inouye (2014), para revestimento interno, nota-se que o valor médio e máximo da RUP da obra A são superiores aos resultados encontrados pelos referidos autores.

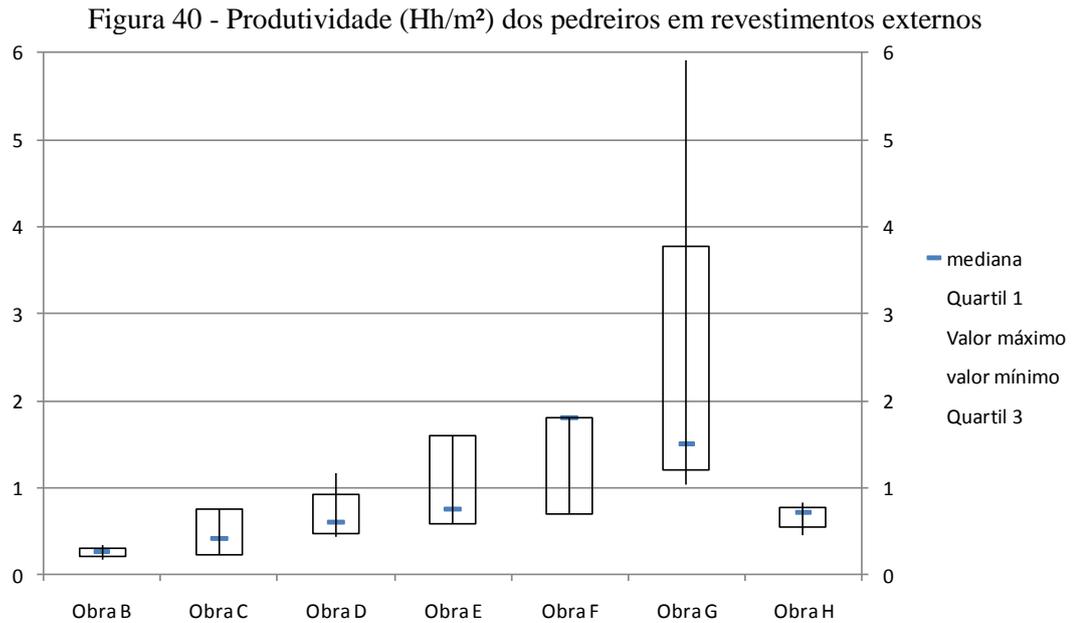
Figura 39 - Comparação da produtividade (Hh/m²) da obra A com estudos de referência



Fonte: Elaborado pela autora

4.5.2.2 Análise da produtividade da mão de obra em revestimentos externos

Na Figura 40 estão indicados os gráficos *Box plot* para as obras analisadas com aplicação do revestimento de argamassa em áreas externas, seguidos da análise individual e indicação dos fatores influenciadores nos resultados obtidos.



Fonte: Elaborado pela autora

Como as obras B e C pertencem à mesma empresa construtora, a implantação do sistema de projeção ocorreu no mesmo período com o intuito de executar o revestimento em apenas dois panos de uma fachada em cada obra (Figura 41).

Figura 41 - Execução do revestimento na obra B



Fonte: Foto de autoria própria

Na obra B, para um período de 6 semanas de coletas, as variações de produtividade foram de 0,18 a 0,34 Hh/m², estando metade desses valores concentrados na faixa de 0,21 a 0,3 Hh/m², quartil 1 e quartil 3, respectivamente. Na obra C a variação de produtividade foi de 0,23 a 0,75 Hh/m², considerando 3 semanas de coletas. O que favoreceu a produtividade nesses casos apresentados foi que a mão de obra predominante (subcontratada) sabia conduzir a operação do sistema mecanizado e a espessura da camada de revestimento foi em média 4 a 6 cm.

A obra D apresentou uma variação de produtividade de 0,43 a 1,17 Hh/m², para quatro semanas de coletas, com um coeficiente de variação de 46%, indicando uma alta dispersão nos dados, estando metade desses valores concentrados na faixa de 0,48 a 0,93 Hh/m², quartil 1 e quartil 3, respectivamente. Vale salientar que, de todas as obras analisadas, esta foi a única que utilizou o método da canequinha, caracterizado por apresentar uma projeção intermitente, ou seja, o operário necessita estar preenchendo o recipiente com argamassa para posterior aplicação. O revestimento foi em área externa, cuja espessura média foi de 4 a 6 cm. A equipe de produção fazia parte do quadro da empresa e conhecia a técnica de execução de revestimentos com aplicação mecânica.

A variação de produtividade na obra E foi de 0,59 a 1,60 Hh/m², com um coeficiente de variação em torno de 54% configurando uma alta dispersão nos dados obtidos, uma vez que os dados contemplem apenas três semanas de coletas. A aplicação foi realizada em área externa do edifício, cuja espessura média foi de 4,7 cm, por uma equipe da própria construtora, sendo a primeira experiência com essa tecnologia. Durante a fase das coletas, foram registradas as seguintes anormalidades: quebra do equipamento de projeção, entupimentos no mangote, atrasos no transporte de ensacados para o pavimento de projeção e desmotivação da equipe de pedreiros em continuar a trabalhar com o sistema, devido aos problemas citados.

Os dados de produtividade colhidos na obra F variaram de 0,7 a 1,81 Hh/m² com coeficiente de variação de 44%, indicando uma alta dispersão dos dados, para três semanas de coletas. A aplicação da argamassa ocorreu em áreas externas para uma espessura compreendida entre 4 e 6 centímetros. Fatores como a rotatividade da mão de obra, quebra do equipamento e desmotivação da equipe influenciaram nos baixos índices de produtividade obtidos pela obra em questão.

Na obra G a produtividade registrada variou de 1,04 a 5,91 Hh/m², representativo de um período de quatro semanas de coletas, com um coeficiente de variação de 91%, indicando uma alta dispersão nos dados obtidos. A equipe de produção foi composta por pedreiros e ajudantes da própria construtora e foi a primeira experiência da equipe com o sistema de projeção mecânica. Os valores de RUP registrados na obra G indicam uma baixa produtividade para uma equipe composta por 5 pedreiros e 3 ajudantes. Os fatores identificados influentes nos de produção foram: grande quantidade de requadros, quina e cantos (Figura 42), consistência da argamassa, quebras do equipamento, entupimento no mangote e desmotivação da equipe frente à baixa produtividade.

Figura 42 - Emboço executado da obra G

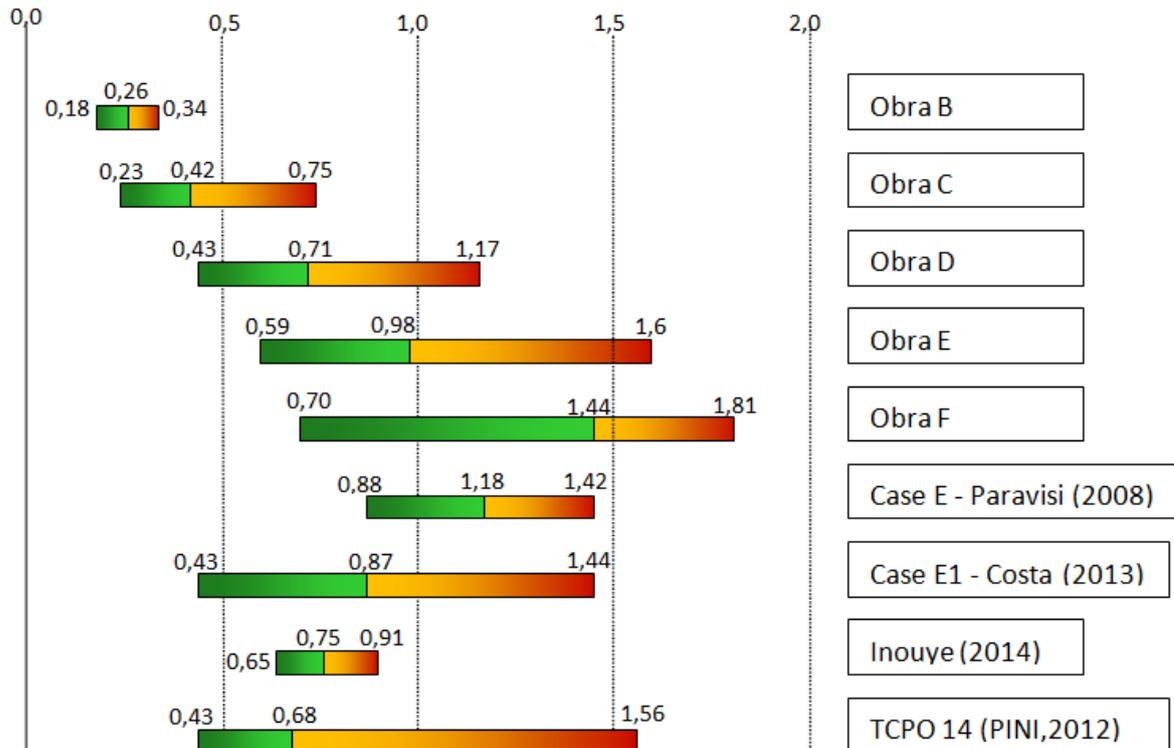


Fonte: Foto de autoria própria

Na obra H a produtividade da equipe de produção variou de 0,46 a 0,82 Hh/m², para cinco semanas de coletas, com um coeficiente de variação de 20%, ou seja, apresentando dados com média dispersão e metade dos valores estão na faixa de 0,54 a 0,78 Hh/m², quartil 1 e quartil 3, respectivamente. A equipe que realizou o serviço foi subcontratada e conhecia a técnica de projeção, o que favoreceu atingir uma boa produtividade, cujos valores obtidos da RUP foram satisfatórios para a gestão do canteiro. De forma resumida, os fatores que influenciaram na produtividade foram: características geométricas da área com poucos requadros, quinas e cantos, mão de obra experiente com projeção mecanizada e utilização de aparato tipo andaime fachadeiro, que facilitou o deslocamento do oficial ao longo do trecho em execução.

Comparam-se os dados de produtividade obtidos nas obras B, C, D, E, F com os valores encontrados por Paravisi (2008) para o *case* E, Costa (2013) para o *Case* E1, Inouye (2014) e o TCPO 14 (PINI, 2012). O gráfico da Figura 43 indica os resultados mínimo, médio e máximo das obras analisadas juntamente com os valores encontrados na literatura.

Figura 43 - Comparação da produtividade (Hh/m²) das obras B, C, D, E e F com estudos de referência



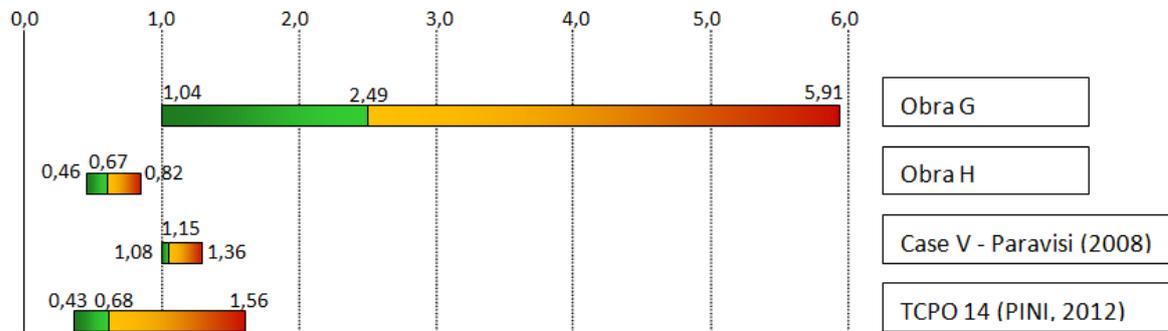
Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com o gráfico da Figura 43, as variações dos resultados das obras B e C constituem os melhores resultados de produtividade dentre os analisados. Os resultados da obra D mostram-se coerentes com as variações obtidas no *case* E1 de Costa (2013) e Inouye (2014). As obras E e F apresentaram valores mínimos coerentes com os estudos de referências, mas os valores de RUP máximos são superiores aos apostados por Costa (2013) e Inouye (2014). Considerando o valor médio de produtividade obtido, estes estão dentro da realidade dos estudos de referência e com o TCPO 14 (PINI, 2012).

Uma vez que as obras G e H foram caracterizadas por executarem revestimento em área externa, com a utilização do sistema com central misturadora fixa posicionada no térreo e aparato tipo andaime fachadeiro, podem ser comparadas com os resultados do *case* V da pesquisa de Paravisi (2008). A Figura 44 apresenta as variações de produtividades das obras

G, H e do *case V* de Paravisi (2008), incluindo a faixa de valores estabelecidos pela TCPO 14 (PINI, 2012).

Figura 44 - Comparação da produtividade (Hh/m²) das obras G e H com estudos de referência



Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com o gráfico da Figura 44, a obra H obteve valores de produtividade superiores ao *case V* de Paravisi (2008), em que o valor da RUP máxima da obra H é menor que o valor mínimo de RUP na obra de Paravisi (2008). O valor mínimo de RUP da obra G está coerente com os resultados de Paravisi (2008), mas apresenta o valor médio e o máximo fora da realidade encontrada na obra H e no *case V* de Paravisi (2008). Com relação aos valores estabelecidos pela TCPO 14 (PINI, 2012), a obra H apresenta variações coerentes enquanto que a obra G apresenta variações discrepantes.

4.6 Identificação das melhores práticas

Este item reúne algumas das melhores práticas observadas nos canteiros, ao longo das visitas técnicas e coleta dos dados realizada pela pesquisadora. Embora o sistema de mecanização de argamassa apresente-se como uma alternativa inovadora na execução dos revestimentos, para a maioria das obras analisadas, ainda apresenta dificuldades tanto na fase de implantação, quanto na fase de operação.

As melhores práticas apresentadas neste item foram observadas na fase de operação do sistema e se referem a ações realizadas pela equipe de produção, em concordância com a gestão, em busca da melhoria do processo.

O Quadro 19 apresenta, de forma resumida, as obras que obtiveram o menor e o maior consumo de argamassa industrializada, a taxa mínima e máxima de perdas de argamassa e as melhores e piores produtividades com base na razão unitária de produção da equipe de pedreiros.

Quadro 19- Identificação das obras com valores mínimos e máximos dos indicadores contemplados

Indicador	Mínimo	Máximo
Consumo de argamassa industrializada (kg/m ²)	Obra A (15,29 kg/m ²)	Obra G (139,6 kg/m ²)
Perdas de argamassa industrializada (%)	Obra G (6,38%)	Obra A (150,02%)
Produtividade – RUP pedreiro (Hh/m ²)	Obra B (0,18 Hh/m ²)	Obra G (5,91 Hh/m ²)

Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com o quadro 19, o menor consumo evidenciado foi na obra A e o maior foi na obra G, correspondendo a 15,29 e 139,65kg/m², respectivamente. O desperdício mínimo foi apresentado pela obra G, equivalente a 6,38%, e o máximo pela obra A, igual a 150,02%. A melhor produtividade foi atingida pela obra B, equivalente a 0,18 Hh/m², ou seja, 44 m²/dia/homem, e a RUP mais elevada foi apresentada pela obra G, correspondendo a 5,91 Hh/m², ou 1,35 m²/dia/homem.

Como pode ser observado no quadro 19, a obra G apresentou o menor percentual de perdas e o maior consumo de argamassa industrializada. Esses valores dizem respeito a semanas distintas, visto que foram coletados dados durante 4 semanas nessa obra. As perdas de 6,38% se referem à terceira semana de coletas, na qual o consumo de argamassa industrializada foi de 54,25 kg/m², para uma área executada equivalente a 188,01 m². O consumo de 139,65 kg/m² foi obtido na segunda semana de coletas, na qual as perdas foram de 148,94% para executar uma área de 118,15 m².

Conforme apresentado no Quadro 19, a obra A apresentou maior percentual de perdas e o menor consumo de argamassa industrializada. Esses valores foram coletados em semanas de produção distintas, de um total de 17 semanas de coletas. As perdas de 150,02% se referem à quarta semana de coletas, na qual o consumo de argamassa industrializada foi de 34 kg/m², para uma área executada de 107,64 m².

Como mencionado anteriormente, a melhor produtividade foi constatada na obra B, com valor de 0,18 Hh/m², o que equivale a 44 m²/dia/homem. Dois fatores que favoreceram a eficiência da projeção nessa obra foram: os oficiais envolvidos tinham experiência com essa tecnologia e o trecho da fachada executado era simples com área pequena.

Conforme mencionado no quadro 19, o pior resultado de produtividade foi evidenciado na obra G, cuja RUP foi de 5,91 Hh/m², ou seja, 1,35 m²/dia/homem. Uma característica peculiar dessa obra foi a execução das quinas e requadros das janelas e portas com argamassa dosada no canteiro. Os oficiais realizavam a projeção da área da fachada com argamassa industrializada e depois voltavam executando os requadros e quinas com argamassa dosada no canteiro. A Figura 45 mostra trechos executados com a utilização dessa prática.

Figura 45 - Requadros e quinas da obra G



Fonte: Fotos de autoria própria

Em relação ao conjunto de obras contempladas nessa pesquisa, a obra E não apresentou destaque referente aos índices de consumo, perdas e produtividade, mas foram observadas ações cabíveis de serem destacadas dentre as melhores práticas identificadas, por serem capazes de contribuir na minimização do volume de resíduos gerados pelo sistema, otimizar a execução dos requadros ao longo da execução do emboço e no uso racional da água na limpeza do mangote, evitando ainda o espalhe de resíduos no pavimento.

Uma prática observada na obra E foi o acondicionamento da argamassa recém-saída do mangote, ao desligar a bomba, em recipientes para posterior utilização. Esse material era comumente reaproveitado ou na projeção ou na execução de acabamentos do próprio revestimento. Com essa prática, os resíduos oriundos do sistema eram minimizados. A Figura 46 mostra um oficial direcionando a argamassa em recipiente após desligar o equipamento.

Figura 46 – Contenção do Retorno da argamassa



Fonte: Foto de autoria própria

Ainda na obra E foi observado que os oficiais realizavam a aplicação da argamassa primeiramente nos contornos dos requadros e depois nas demais áreas da fachada. Com essa prática os oficiais envolvidos puderam otimizar o tempo empregado para execução do sarrafeamento da superfície de revestimento e requadros das janelas, já que os requadros exigem um tempo maior para acabamento.

Em relação aos resíduos gerados durante a limpeza do equipamento, estes eram acondicionados em recipientes, conforme Figura 47. Esse material era colocado em repouso até a parte sólida decantar no fundo do recipiente e depois seguia para a segregação, em que a parte líquida da mistura era reaproveitada para limpeza do mangote e a parte sólida era ensacada e transportada para o térreo em local adequado, à espera da destinação final. Essa prática apresenta implicações no uso racional da água, no ato da limpeza, e minimiza o espalhe do material na área de trabalho, mas ainda constitui perda. Esse é um aspecto que merece destaque na questão da gestão dos resíduos.

Figura 47 - Acondicionamento dos resíduos oriundo da limpeza do equipamento



Fonte: Foto de autoria própria

Diante das práticas observadas nos canteiros, o Quadro 20 reúne algumas ações capazes de colaborar para tornar o sistema portátil mais eficiente.

Quadro 20 - Identificação das boas práticas

Boas práticas observadas	Benefícios
Aproveitamento da argamassa de retorno do mangote.	Redução dos resíduos oriundos do sistema.
Priorizar a aplicação nos requadros.	Otimizar o tempo de aplicação da argamassa no substrato.
Utilizar argamassa com dosagem compatível com o equipamento de projeção (estator-rotor).	Evitar o desgaste excessivo no conjunto estator-rotor e minimizar as chances de entupimento do mangote.
Acondicionar os resíduos de retorno do mangote em bombonas ou tanques para posterior descarte em local adequado.	Evitar o lançamento de resíduos de argamassa ao longo do pavimento.

Fonte: Elaborado pela autora

4.7 Identificação das oportunidades de melhorias no sistema

As oportunidades de melhoria indicadas neste trabalho são decorrentes das observações realizadas durante as visitas técnicas realizadas no canteiro e nos valores máximos de consumo, perdas e produtividade, perante o Quadro 19. Para tanto, foram identificados os principais problemas, na fase de operação do sistema portátil, atuantes nas etapas de transporte dos ensacados até a central misturadora, incluindo o acondicionamento, mistura e aplicação do produto final.

Como mencionado no item anterior, de acordo com o Quadro 19, a obra G apresentou o maior consumo de argamassa industrializada, em torno de 139,6 kg/m², e a pior produtividade, com RUP equivalente a 5,91 Hh/m², dentre as demais obras avaliadas. Nessa mesma obra, que utilizava argamassa industrializada específica para projeção, a mistura realizada pelo oficial apresentava uma baixa consistência e quando aplicada na parede demorava em atingir o ponto para sarrafeamento.

Na Figura 48 está representado um trecho com aplicação de material com as mencionadas características.

Figura 48 - Aplicação da argamassa na obra G



Fonte: Foto de autoria própria

Caso a mistura de argamassa apresente baixa consistência, poderá influenciar no índice de perdas e na produtividade da equipe, como no caso da obra G, na qual foram registrados os indicadores de maior consumo de argamassa industrializada e maior RUP.

Vale salientar que a quantidade de argamassa produzida deve ser compatível com a produtividade dos pedreiros que estão executando o emboço, caso contrário haverá um grande volume de material ocioso na câmara do equipamento e no mangote e, dependendo das propriedades da argamassa, essas condições podem ocasionar entupimentos no mangote.

Em todas as obras com sistema de bomba analisadas foram constatados problemas de entupimento no mangote, que pode ser considerado como um fator influenciador na produtividade da equipe. Existem diferentes causas que podem levar a esse tipo de problema, dentre as quais está o tempo em que esse acessório está inativo e preenchido com argamassa sem a realização das devidas limpezas, constituindo falhas na utilização do sistema.

Na etapa de transporte, o primeiro problema identificado no sistema foi em relação à distribuição e controle dos ensacados ao longo dos pavimentos do edifício, principalmente devido ao não recolhimento dos materiais após o término da atividade, além dos extravios ao

longo do percurso até as proximidades da central misturadora. A etapa de transporte da argamassa não foi alvo da coleta dos dados, mas os problemas relatados são potenciais fatores influenciadores nas perdas do sistema de projeção e são situações recorrentes que necessitam de ações de melhoria.

Nas Figuras 49 e 50 estão indicadas situações evidenciadas, em uma das obras analisadas, refletindo a colocação indevida do material e o não recolhimento do ensacado após o término da atividade de projeção no pavimento.

Figura 49 - Colocação indevida do ensacado



Fonte: Foto de autoria própria

Figura 50 - a) Extravios e b) não recolhimento dos ensacados



Fonte: Fotos de autoria própria

Outro problema evidenciado foi a utilização dos ensacados para a execução de outros serviços da obra, como no caso da obra E. Essa ação era realizada por oficiais de outros serviços, sem informar a administração da obra.

Diante do exposto, fica evidente a existência de problemas relacionados às fases de transporte, mistura e projeção da argamassa, principalmente devido à falta de procedimentos para operar o sistema e planos de ações e medidas corretivas para minimizar as falhas.

O Quadro 21 apresenta as principais etapas do sistema de mecanização de argamassa com material ensacado e os respectivos problemas identificados nos canteiros analisados.

Quadro 21 - Problemas identificados na operação do sistema portátil

Etapas	Problemas identificados
Transporte até a central misturadora.	Extravio de ensacados. Não recolhimento do ensacado após o término do serviço no pavimento.
Acondicionamento próximo a central misturadora.	Utilização do ensacado em outros serviços.
Mistura da argamassa.	Consistência final da mistura inadequada para projeção. Volume produzido superior à demanda.
Aplicação da argamassa.	Entupimentos (mangote) Pressão de saída desregulada (possibilidade).

Fonte: Elaborado pela autora

Assim sendo, com base nas observações do sistema de produção das obras contempladas na pesquisa, esta dissertação apresenta algumas medidas que podem ser tomadas, ainda na fase de implantação do sistema, para colaborar com a eficiência do processo:

- Atestar a dosagem da argamassa utilizada com as especificações do equipamento;
- Verificar a compatibilidade entre a composição da argamassa e o conjunto estator-rotor, para o caso das bombas tipo eixo helicoidal;
- Controlar o acondicionamento dos ensacados próximos à central misturadora, de modo a evitar extravios e utilização em outros serviços;
- Verificar o preparo da argamassa para que a mistura resultante esteja em condições adequadas para o bombeamento;
- Planejar a sequência da aplicação da argamassa para evitar a ociosidade da equipe;

- Utilizar aparato tipo balancins motorizados para facilitar o deslocamento da equipe ao longo da fachada, quando necessário;
- Ao término da atividade de projeção no pavimento, conduzir os ensacados que não foram utilizados para o local da próxima aplicação ou para o acondicionamento inicial.

Essas ações visam otimizar a utilização dos recursos na atividade de projeção, colaborando para a redução do índice de perdas e favorecendo a produtividade da equipe envolvida no serviço.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

Este trabalho apresenta a pesquisa de estudo de caso realizada junto a oito obras no intuito de caracterizar a tecnologia construtiva do sistema de revestimento com projeção mecânica de argamassa em ambientes internos e externos, apresentar indicadores de perdas e produtividade e identificar as melhores práticas e oportunidades de melhorias no sistema com base nas obras analisadas.

Seguindo a metodologia desenvolvida, foi possível atingir os objetivos propostos nessa dissertação, conforme apresentação da pesquisa de estudos de caso disposta no capítulo 4 deste volume.

O tipo de sistema de projeção identificado nas Obras A, B, C, E e F foi portátil com material ensacado, em que a central misturadora e a bomba foram posicionadas no pavimento de projeção, e nas Obras G e H esse mesmo sistema foi caracterizado como central misturadora fixa por apresentar a bomba e o equipamento misturador fixos no Térreo. A Obra D, por utilizar argamassa dosada no canteiro foi identificada também como central misturadora fixa.

Para caracterização do sistema de projeção por obra analisada foi levado em consideração o tipo de argamassa utilizado, a forma de acondicionar e transportar esse material até a central misturadora, o tipo de projetor da mistura, características da fachada, tipo de aparato, relação oficial/ ajudante e experiência dos oficiais com a tecnologia construtiva.

De um modo geral, as obras analisadas utilizaram argamassa ensacada, acondicionada de forma palatizada no pavimento térreo e o transporte desse material era feito, verticalmente, por meio do guincho na obra e, horizontalmente por carrinhos. Em todas as obras o método de projeção adotado foi a bomba de rotor e estator, exceto na Obra D que adotou o método da canequinha, e a projeção se concentrou em áreas externas, sendo que a Obra A fez em áreas internas.

Na análise do índice de perdas obtido nas obras estudadas, o sistema mecanizado gerou perdas de 7,04% a 23,93% na Obra E e 13,13% a 26,53% na Obra H, valores considerados satisfatório perante a gestão do canteiro. Esse mesmo índice variou de 27 % a 150,02% na Obra A, 28,85% a 58,74% na Obra F e 6,38% a 148,94% na Obra G, o que indica a necessidade de tomadas de ações para minimizar esses desperdícios.

De acordo com os estudos de referência, verificou-se que as perdas da obra A foram superiores aos resultados obtidos por Lordsleem et al. (2014), cuja variação foi de 3,11 a 16,26%, levando em consideração que tratam-se de obras com o mesmo sistema de produção e que a aplicação da argamassa ocorreu em áreas internas.

As perdas nas obras E e F foram comparadas com as valores do *case* E de Paravisi (2008), cuja variação foi de 5,17 a 16,46%, por apresentarem caracterização semelhante, e verificou-se que o valor médio das perdas na obras E está dentro da faixa de valores de referência, enquanto que a obra F apresentou faixa de valores superiores aos do case de referência.

As perdas nas obras G e H foram comparadas com os valores do *case* V de Paravisi (2008), cuja variação foi de 28,32 a 32,82%, por apresentarem caracterização semelhante, e verificou-se que a obra G apresentou valores discrepantes em relação à referência, enquanto que o valor máximo observado na obra H foi inferior ao valor mínimo obtido no *case* V de Paravisi (2008).

Dentre os fatores identificados como influentes no aumento do indicador de perdas, destacam-se: a consistência da argamassa fresca, pois caso apresente fluidez acentuada no ato da projeção no substrato pode escorrer na superfície, falhas no transporte e controle de ensacados, no que inclui extravios e sua utilização em outros serviços e elevadas espessuras na camada de revestimento. Esses fatores combinados podem potencializar os desperdícios de argamassa e gerar custos indesejáveis para a empresa.

A produtividade da mão de obra, mensurada por meio do indicador razão unitária de produção, apresentou variações de 0,21 a 2,06 Hh/m² na obra A, 0,18 a 0,34 Hh/m² na obra B, 0,23 a 0,75 Hh/m² na obra C, 0,43 a 1,17 na obra D, 0,59 a 1,60 Hh/m² na obra E, 0,7 a 1,81 Hh/m² na obra F e 0,46 a 0,67 Hh/m² na obra H. Na Obra G esse índice variou e 1,04 a 5,91

Hh/m², indicando a necessidade de reavaliar o processo de produção para corrigir as falhas existentes.

De acordo com os estudos de referência, verificou-se que o valor médio da produtividade da obra A é superior à média indicada na TCPO (2014) e nas pesquisas de Costa (2013) e Inouye (2014), considerando revestimento em áreas internas, mas esta dentro da realidade encontrada nas referências.

A produtividade as obras B, C, D, E e F foram comparadas com os resultados do *case* E de Paravisi (2008), *case* E1 de Costa (2013), valores de Inouye (2014) e com o TCPO (2014), e de acordo com o valor médio dos dados obtidos, os resultados estão dentro da realidade dos estudos de referência.

A produtividade das obras G e H foram comparadas com os resultados do *case* V de Paravisi (2008), cuja variação foi de 1,08 a 1,36 Hh/m² e verificou-se que a obra G apresentou valores discrepantes em relação à referência, enquanto que o valor máximo observado na obra H foi inferior ao valor mínimo obtido no *case* V de Paravisi (2008).

Os fatores identificados que favoreceram a produtividade foram: experiência dos oficiais envolvidos, principalmente no oficial responsável por conduzir a mistura da argamassa, aplicação da argamassa primeiramente nos requadros das janelas, boa logística para transporte dos ensacados.

Já os fatores que influenciam na baixa produtividade são: características geométricas na área executada, referentes à quantidade de quinas, cantos e requadros, quebras no equipamento de projeção, entupimento do mangote, motivação da equipe em utilizar o sistema, frente à baixa produtividade atingida e ausência de capacitação da equipe em operar o sistema.

Durante as visitas nos canteiros, foi possível identificar oportunidades de melhoria no sistema de projeção portátil com material ensacado, estando tais melhorias relacionadas aos seguintes itens: controle da distribuição e do acondicionamento dos ensacados ao longo dos pavimentos, preparação da argamassa para projeção, planejamento da sequência de aplicação da mistura, utilização de aparatos que facilitem o deslocamento dos oficiais ao longo da

fachada, controle da produção de argamassa para que seja compatível com o a produtividade do pedreiro.

De acordo com a caracterização do sistema portátil apresentado pelas obras analisadas e com os índices de perdas e produtividade colhidos, a projeção mecânica da argamassa é uma tecnologia que pode tanto minimizar as perdas e favorecer a produção da equipe direta, como contribuir para a baixa produtividade. Isso vai depender das decisões tomadas desde a fase de planejamento e implantação no sistema que deve levar em consideração as características geométricas da área a ser revestida, a experiência dos oficiais envolvidos, o tipo de argamassa a ser utilizado e o transporte e controle dos ensacados.

5.2 Sugestões para pesquisas futuras

Com o intuito de ampliar as pesquisas e disseminar os conhecimentos referentes à projeção mecânica da argamassa, são propostos os seguintes estudos:

- Investigar as principais causas que conduzem a quebra ou não funcionamento do equipamento de projeção durante a operação do sistema;
- Caracterizar as argamassas industrializadas especificadas para aplicação mecânica disponíveis no mercado para verificar se apresentam compatibilidade com o equipamento de projeção (eixo helicoidal);
- Estudar a relação entre a pressão de operação e o entupimento do mangote;
- Investigar as perdas de argamassas e a produtividade da mão de obra de outros sistemas de projeção mecânica;
- Realizar a caracterização do sistema de projeção mecânica e investigação do desperdício de argamassa e da produtividade da mão de obra em outras regiões do país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Caderno de ativos da Comunidade da Construção de Belo Horizonte**, 2012a. Disponível em:

<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/333/anexo/bh5ciclogt.pdf>>

Acesso em: Nov de 2015.

_____. **Argamassa projetada**: sistema de revestimento racionalizado. São Paulo, 2012b. Disponível em:

<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/328/anexo/coletanea.pdf>>

Acesso em: Nov. de 2015.

AGOPYAN, V. et al. Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras. **Coletânea habitare**: Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional, Porto Alegre, V. 2, p. 224- 249, 2003.

ANVI. **Locação e venda de equipamentos para mistura, bombeamento e projeção de argamassas**. Disponível em: <<http://www.anvi.com.br/produtos-venda-locacoes/>> Acesso em: Dez de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

AUSTIN, S.A.; ROBINS, P.J.; GOODIER, C.I. Workability, shear strength and build of wet-process sprayed mortars. **Specialist Techniques and Materials for Concrete Construction**, p.317-329, Sep. 1999.

BARBOSA, A. S. **Uso de indicadores de desempenho nas empresas construtoras brasileiras** – diagnóstico e orientações para utilização. 2010. 245 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

BETOMAQ. **Locação, manutenção e vendas de equipamentos para projeção de argamassa**. Disponível em: <<http://www.betomaq.com.br>> Acesso em: Fev. de 2016.

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento. **Anos 70 rotulado como década do milagre brasileiro e marcado pelo boom na construção civil**. Disponível em:

<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro50anos/Livro_Anos_70.PDF> Acesso em: Dez. de 2015.

BULLX. **Locação e vendas de equipamentos para projeção de argamassas**. Disponível em: <<http://www.bullx.com.br/>> Acesso em: Fev de 2016.

CICHINELLI, G. C. Revestimento Rápido: escassez de mão de obra abre espaço para projeção mecanizada de argamassas. **Revista Construção Mercado**, v. 105, 2010a.

CICHINELLI, G. C. Acabamento projetado: conheça os principais cuidados para usá-la corretamente e alguns produtos disponíveis. **Revista Técnica**. v.158, 2010b.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Revestimento de argamassa**. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/4/fachadas/execucao/73/fachadas.html>>. Acesso em: 11 jul. 2015.

CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. 2ª edição. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.

CORRÊA, A. **Comparação de execução de revestimentos argamassados utilizando máquina de projeção e o método manual**. 2010. Monografia II – Curso de Engenharia Civil, Área de Ciências Exatas e Ambientais, UNOCHAPECÓ, Chapecó, 2010.

COSTA, F. N. **Processo de produção de revestimento de fachada de argamassa: problemas e oportunidades de melhoria**. Porto Alegre, 2005. 180p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – UFRGS.

COSTA, D. B. Implementação de indicadores de produtividade e perdas para processos construtivos à base de cimento em Salvador. In: **Workshop de Encerramento do 5º Ciclo de Atividades da Comunidade da Construção de Salvador**, 2013, Salvador. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/321/anexo/dayanacost.pdf>> Acesso em: Jan de 2016.

COSTA, E. B. C.; ANTUNES, R. P. N.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. Avaliação do efeito da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa. In: **III Congresso Português de Argamassas de Construção**, 2010, Lisboa. Disponível em: <http://www.apfac.pt/congresso2010/comunicacoes/Paper%2049_2010.pdf> Acesso em: 30 de dezembro de 2015.

CRESCENCIO, R. M.; PARSEKIAN, G. A.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. Execução de revestimentos com argamassa projetada. In: **VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Salvador. *Anais...* Salvador: ENTAC, 2000 v.2, p.1067-1074.

CUNHA R. M.; NASCIMENTO, M. E. do.; RHADDOUR, R. M. D. **Sistema de medição do desempenho organizacional**. 2005. Disponível em: <http://www.esfcex.ensino.eb.br/revista/producaocientifica/arquivo/485_Artigo.pdf> Acesso em: Julho de 2015.

DUARTE, C. M. M. **Desenvolvimento de sistema de indicadores para benchmarking em empresas de construção civil**. 2011. 202p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife. 2011.

D-TEC. **Locação e vendas de equipamentos para projeção de argamassa**. Disponível em: <<http://www.dtec-locacoes.net>> Acesso em: Fev de 2016.

ELTHOR. **Locação e vendas de equipamentos para projeção de argamassa**. Disponível em: <<http://www.elthor.com.br/>> Acesso em: Fev de 2016.

FERNANDES, H. C.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento de metodologia para estimativa da energia de lançamento das argamassas projetadas por spray a ar comprimido**. Boletim Técnico - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2007.

FERNANDES, H. C. **Estimativa da energia de lançamento das argamassas projetadas por spray a ar comprimido**. 2007. 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica- Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.

FERNANDES, H. C.; PILEGGI, R. G.; BARROS, M. M. S. B. de.; JOHN, V. M. Fatores que influenciam a energia de lançamento da argamassa na projeção por spray a ar comprimido. In: **VII Simpósio Brasileiro de tecnologia das argamassas, 2007. Anais...** Recife: SBTA 2007.

FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; LANTELME, E. M.; SOIBELMAN, L. **Perdas na construção civil: conceitos, classificações e indicadores de controle**. São Paulo: Téchné, Ed. Pini, 23: p.30-33, jul/ago 1996.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GIRIBOLA, M. Bomba projetora de argamassa: Locação deve prever peças de desgaste para reposição imediata e preparação da logística de canteiro com equipes maiores para o acabamento. **Revista Construção Mercado**, v.141, 2013.

INOUYE, K. P. Produtividade da mão de obra no revestimento de argamassa projetada. In: **Seminário Sobre Racionalização do sistema de revestimento de argamassa, 2014**. São Paulo. *Anais...* São Paulo: Concreteshow, 2014.

LIBRAIS, C. F. **Método prático para estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de revestimento interno de paredes e pisos com placas cerâmicas**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.

LIBRAIS, C. F.; SOUZA, U. E. L. de. **Produtividade da mão-de- obra no assentamento de revestimento cerâmico interno de parede**. Boletim Técnico - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LORDSLEEM JR., A. C.; PÓVOAS, Y.; CARVALHO, J. Revestimento em argamassa projetada: Estudo de caso na Cidade do Recife-PE. In: **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014**, Maceió. *Anais...* Maceió: ENTAC, 2014. p 2750-2759.

NAKAKURA, E.H. **Estudo de caso: Revestimento de fachada - Edifício Royal Light, 2005**. Disponível em:
<http://www.abcp.org.br/comunidades/vitoria/ciclo2/htms/downloads/LNK04/04/4_Estudo%20de%20caso%20Revest1.PDF>

PALIARI, J. C. **Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumo e perdas de materiais e componentes em canteiros de obras**. 1999. 473p. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999.

PARAVISI, S. **Avaliação de sistemas de produção de revestimentos de fachada com aplicação mecânica e manual de argamassa.** 2008. 181p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2008.

PERGHER, I.; RODRIGUES, L. H.; LACERDA, D. P. Discussão teórica sobre o conceito de perdas do Sistema Toyota de Produção: inserindo a lógica do ganho da teoria das restrições. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 18, n, 4, p. 673-686, 2011.

PINHO, S. A. C. **Desenvolvimento de programa de indicadores de desempenho para tecnologias construtivas à base de cimento:** perdas, consumo e produtividade. 2013. 268p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife. 2013.

PROJEMASSA. **Locação e vendas de equipamentos para projeção de argamassa.** Disponível em: <<http://projemassa.ind.br>> Acesso em Fev de 2016.

PUTZMEISTER. **Equipamentos para projeção de argamassa.** Disponível em: <<http://www.putzmeister.com.br/>> Acesso em Fev de 2016.

RAMOS, D. V. M.; SANTOS, C. C. N.; LÜKE, W. G.; SPOSTO, R. M. Análise da produtividade do processo de produção de revestimentos argamassados pelo método convencional comparado ao método de projeção mecanizada utilizando ferramentas clássicas da qualidade. In: **IV Encontro Tecnológico da engenharia civil e arquitetura**, 2003. *Anais...* p. 213 – 223.

ROMANO, R. C. de O.; SCHREURS, H.; SILVA, F. B. da.; CARDOSO, F. A.; BARROS, M. M. S. B de.; JOHN, V. M.; PILEGGI, R. G. Impacto do tipo de misturador e do tempo de mistura nas propriedades de argamassas industrializadas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.9, n.4, p.109-118. 2009.

SALVADOR, J. S.; MARCHIORI, F. F. Produtividade de mão de obra e consumo de materiais em revestimento de argamassa de fachada – Estudo de caso em Florianópolis. In: XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: ENTAC, p. 3301 – 3305.

SANTOS, L. D. dos; AMARAL, F. F.; SMERFELD, K. C. Sistema de revestimento com argamassa industrializada: um estudo de caso em Belo Horizonte, Minas Gerais. **Revista Pensar Engenharia**, v.2, n.2, jul. 2014.

SANTOS, C. C. N. **Critérios de projetabilidade para as argamassas industrializadas de revestimento utilizando bomba de argamassa com eixo helicoidal.** 2003. 159p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir as perdas nos canteiros** - Manual de Gestão do Consumo de Materiais de Construção Civil. São Paulo: Pini, 2005.

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão de obra** - Manual de Gestão da Produtividade na Construção. São Paulo: Pini, 2006.

SOUZA, U. E. L.; AGOPYAN, V. **Estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado**. Boletim Técnico, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996.

VIBRONMIX . **Locação e vendas de equipamentos para projeção**. Disponível em: <<http://www.vibronmix.com.br/>> Acesso em Março de 2016.

TCPO. **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. 14. ed. São Paulo: Pini, 2012. ISBN 978-85-7266-251-2

TAMAKI, L. Desempenho aderido. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, n. 185, p. 24-31, ago.2012.

TURBOSOL. **Tecnologia de bombeamento para a construção**. Disponível em: <<http://turbosol.com.br/>> Acesso em Fev de 2016.

ZANELATTO, K. C. **Avaliação da influência da técnica de execução no comportamento dos revestimentos de argamassa aplicados com projeção mecânica contínua**. 2012, 142p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Anexo A – Ficha para caracterização da obra

	<h2>Caracterização do Empreendimento</h2>		
1. DADOS GERAIS:			
Nome da obra:			
Responsável técnico:			
Endereço:			
Telefone:			
Fax:			
e-mail:			
2. EQUIPE:			
Coordenação:			
Eng. Residente			
Eng. Coordenador:			
Diretor:			
Estagiário:			
Produção:			
Mestre:			
Encarregados:			
Supervisão: (Preencher com a quantidade)			
<input type="checkbox"/>	Estagiários	<input type="checkbox"/>	Técnico em segurança do trabalho
<input type="checkbox"/>	Mestre-de-obras	<input type="checkbox"/>	Técnico em edificações
<input type="checkbox"/>	Encarregados	<input type="checkbox"/>	Engenheiro
3. TIPO DO EMPREENDIMENTO:			
<input type="checkbox"/>	Residencial	<input type="checkbox"/>	Comercial
<input type="checkbox"/>	Outro		
4. PADRÃO DO EMPREENDIMENTO:			
<input type="checkbox"/>	Alto	<input type="checkbox"/>	Médio
<input type="checkbox"/>	Popular		
5. TIPO DE PROJETO:			
<input type="checkbox"/>	Projeto Padrão	<input type="checkbox"/>	Projeto Único
6. DURAÇÃO DA OBRA (Datas):			
Início: <input type="text"/>		Conclusão: <input type="text"/>	
7. DADOS TÉCNICOS DA OBRA:			
Número de torres:	<input type="text"/>	Nº de pavimentos:	<input type="text"/>
Nº de unidades:	<input type="text"/>		
Casas:	<input type="text"/>	Sobrados:	<input type="text"/>
Número de lajes			
<input type="checkbox"/>	Subsolo	<input type="checkbox"/>	Térreo
<input type="checkbox"/>	Pré-tipo		
<input type="checkbox"/>	Tipo	<input type="checkbox"/>	Pós-tipo
<input type="checkbox"/>	Total		
Alturas			
<input type="checkbox"/>	Altura total do edifício em relação ao nível da calçada		
<input type="checkbox"/>	Piso a piso do pavimento tipo		



Caracterização do Empreendimento



Área das lajes

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> m ² subsolo | <input type="checkbox"/> m ² por pavimento tipo |
| <input type="checkbox"/> m ² térreo | <input type="checkbox"/> número de pavimentos tipos |
| <input type="checkbox"/> m ² pré-tipo | <input type="checkbox"/> m ² total dos pavimentos tipos |
| <input type="checkbox"/> m ² pós-tipo | <input type="checkbox"/> Área total do empreendimento |

8. TIPOLOGIAS:

Tipologia da estrutura

- Parede de concreto
- Alvenaria estrutural com bloco de concreto
- Alvenaria estrutural com bloco cerâmico
- Pré-moldada
- Pré-fabricada
- Reticulada vigada (pilar, viga e laje)
- Plana com vigas de bordo
- Plana sem vigas de bordo
- Plana nervurada com vigas de bordo
- Plana nervurada sem vigas de bordo
- Plana protendida com vigas de bordo
- Plana protendida sem vigas de bordo

Tipologia de vedação

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Bloco de concreto | <input type="checkbox"/> Dry wall |
| <input type="checkbox"/> Bloco cerâmico | <input type="checkbox"/> Bloco de gesso |
| <input type="checkbox"/> Tijolo | <input type="checkbox"/> Parede de concreto |

Tipologia de revestimentos externo

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Massa única | <input type="checkbox"/> Textura |
| <input type="checkbox"/> Emboço | <input type="checkbox"/> Pintura |
| <input type="checkbox"/> Reboco | <input type="checkbox"/> Cerâmica / pastilha |
| | <input type="checkbox"/> Outros Descrição _____ |

Tipologia de revestimentos interno

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Massa única | <input type="checkbox"/> Gesso |
| <input type="checkbox"/> Emboço | <input type="checkbox"/> Textura |
| <input type="checkbox"/> Reboco | <input type="checkbox"/> Pintura |
| <input type="checkbox"/> Cerâmica / pastilha | <input type="checkbox"/> Outros Descrição _____ |

Anexo B – Ficha para caracterização da empresa

	<h2 style="text-align: center;">Caracterização da Empresa</h2>		
1. DADOS GERAIS:			
Nome da empresa:			
CNPJ:			
Responsável:			
Cargo:			
E-mail:			
Endereço:			
Cidade:	Estado:	CEP:	
Telefone:	Fax:		
2. DADOS TÉCNICOS:			
Metragem quadrada construída nos últimos 5 anos: <input type="text"/> m ²			
3. ATIVIDADES DA EMPRESA REALIZADAS NOS ÚLTIMOS 2 ANOS:			
<input type="checkbox"/> Incorporação e construção de edificações residenciais <input type="checkbox"/> Obras residenciais para clientes privados <input type="checkbox"/> Obras industriais para clientes privados <input type="checkbox"/> Obras comerciais para clientes privados <input type="checkbox"/> Obras públicas (Edificações) <input type="checkbox"/> Obras públicas (Infra-estrutura) <input type="checkbox"/> Obras públicas (Habitação de interesse social) <input type="checkbox"/> Outros tipos de Obra			
4. A EMPRESA JÁ PARTICIPOU DE ALGUM PROGRAMA INSTITUCIONAL DE TREINAMENTO PARA QUALIDADE?			
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
Quais? <input type="checkbox"/> Convênio com a universidade <input type="checkbox"/> Empresa consultora <input type="checkbox"/> PGQP <input type="checkbox"/> Sebrae <input type="checkbox"/> Senai <input type="checkbox"/> Sinduscon <input type="checkbox"/> Outros			
5. MARQUE OS PROJETOS DE MELHORIA JÁ DESENVOLVIDOS NA EMPRESA:			
<input type="checkbox"/> Alfabetização <input type="checkbox"/> ISO 9001 <input type="checkbox"/> Padronização de processos <input type="checkbox"/> Práticas <i>lean</i> no canteiro de obra <input type="checkbox"/> Programa 5 S <input type="checkbox"/> Segurança no trabalho <input type="checkbox"/> Outros			

Anexo C – Caderno para perdas de argamassa industrializada



Manual de Indicadores de Produtividade e Perdas de Processos à base de Cimento



PERDAS DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA
Serviço: Revestimento de Argamassa Interno/Externo



PERDAS DA ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

Serviços: Revestimento de Argamassa Interno/Externo

1. OBJETIVO

Monitorar as perdas de argamassa industrializada durante a realização do serviço de revestimento de argamassa interno/externo.

2. ORIENTAÇÕES GERAIS

Os instrumentos de coleta de dados aqui apresentados podem ser utilizados durante toda a obra, ou em períodos/etapas mais representativas, a depender dos objetivos que pretendem alcançar. Deverão ser coletados apenas os dados para PAVIMENTO TIPO.

Os dados deverão ser coletados e totalizados para o período de coleta.

A periodicidade da coleta é **diária** para o levantamento da quantidade de horas trabalhadas e **semanal** para a quantidade de serviço produzido.

A coleta de dados pode ser feita por estagiários ou por profissional treinado.

O cálculo dos resultados pode ser executado por estagiários ou pelo responsável técnico da obra.

3. INSTRUÇÕES DE COLETA

3.1 - Controle de estoque:

Com o auxílio da **Planilha 1 (Consumo real)**, serão registrados:

- * o estoque em sacos no primeiro dia da semana (Verificação Inicial);
- * a entrada em sacos recebida do fornecedor entre a data de Verificação Inicial (VI) e Final (VF);
- * quantos sacos restaram no último dia da semana (VF).

3.2 - Quantidade de serviço:

Com o auxílio da **Planilha 2 (Quantidade de serviço)** registrar:

- * a quantidade de serviço no primeiro horário da semana, antes do início do serviço (VI);
- * a quantidade de serviço no último horário da semana, após o término do serviço de revestimento (VF).

4. FÓRMULAS DE CÁLCULO

4.1 - Consumo real (kg):

Da quantidade total de sacos de argamassa industrializadas presentes no estoque final (VF) subtrai-se a quantidade encontrada o estoque inicial (VI) e soma os sacos recebidos entre as datas de verificação inicial e final. O valor obtido será multiplicado pelo peso do saco (P), conforme fórmula 1.

$$ARG \text{ (kg)} = \{[EST \text{ (VI)}] + FORN - [EST \text{ (VF)}]\} \times P$$

Fórmula 1 - Quantidade em quilos de argamassa utilizada entre VI e VF

Onde:

ARG (kg) = Quantidade total de argamassa [kg]

EST (VI) = Quantidade de sacos no estoque inicial

EST (VF) = Quantidade de sacos no estoque final

FORN = Quantidade de sacos recebidos entre VI e VF

P = Peso do saco [kg]

4.2 - Quantidade de serviço (m²):

A execução do emboço ou massa única terá sua quantidade de serviço igual a área de parede executada.

$$QS_{ex} \text{ (m}^2\text{)} = \sum A_p - \sum A_a$$

Fórmula 2 - Quantidade de Serviço Executado (QS_{ex})

Onde:

A_p = Área de parede executada (largura x altura) [m²]

A_a = Área de abertura (vãos) [m²]

4.3 - Consumo de referência do produto (kg/m² para 1 cm de espessura):

Valor fornecido pelo fabricante da argamassa que corresponde a:

$$C_{ref} \text{ (kg/m}^2\text{)} \text{ para 1 cm de espessura}$$

Fórmula 3 - Consumo de referência da argamassa industrializada

4.4 - Consumo unitário de material real (kg/m²):

O consumo real é obtido através da divisão da quantidade de argamassa em kg por quantidade de serviço em m².

$$CUM_r \text{ (kg/m}^2\text{)} = ARG \text{ (kg)} \div QS \text{ (m}^2\text{)}$$

Fórmula 4 - Consumo unitário real de argamassa industrializada



PERDAS DA ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

Serviços: Revestimento de Argamassa Interno/Externo

Onde:

CUM_r = Consumo unitário de material real [kg/m²]

QS = Quantidade de serviço [m²]

ARG = Quantidade total de argamassa [kg]

4.5 - Consumo teórico (kg):

O consumo real é obtido através do produto entre a quantidade de argamassa (kg) e a quantidade de serviço executada (m²).

$$C_{\text{teórico}} \text{ (kg)} = C_{\text{ref}} \times e_c \times QS \text{ (m}^2\text{)}$$

Fórmula 5 - Consumo teórico da argamassa industrializada

Onde:

C_{teórico} = Consumo teórico [kg]

e_c = Espessura da camada de revestimento [cm]

C_{ref} = Consumo de referência do fabricante [kg/m²*cm]

QS = Quantidade de serviço [m²]

4.6 - Percentual de Perdas:

A fórmula 6 apresenta o percentual de perdas, e está disponível nas **Planilhas 3 e 4 (Indicadores de Consumo e Perdas)**

$$P_{\text{AI}} \text{ (\%)} = [(C_{\text{real}} - C_{\text{teórico}}) \times 100] \div C_{\text{teórico}}$$

Fórmula 6 - Percentual de perdas da argamassa industrializada

Onde: P_{AI} = Percentual de perdas argamassa industrializada

C_{teórico}: Consumo teórico [Kg]

C_{real} = Consumo real [Kg]

		Caracterização do Insumo: ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA Serviço: Revestimento de Argamassa Interno/Externo	
1. RECEBIMENTO: (marcar um X nos itens verificados)			
<input type="checkbox"/>	Prazo de validade	<input type="checkbox"/>	Número de sacos
<input type="checkbox"/>	Estado de conservação dos sacos	<input type="checkbox"/>	Planejamento da data de entrega
2. PEDIDO DE COMPRAS: (marcar um X nos itens que constam no pedido)			
<input type="checkbox"/>	Tipo de argamassa (uso)	<input type="checkbox"/>	Nome do fabricante
<input type="checkbox"/>	Número da Norma Brasileira pertinente	<input type="checkbox"/>	Aviso de ensaio/laudo
3. ARMAZENAMENTO:			
Descarga:			
<input type="checkbox"/>	Térreo	<input type="checkbox"/>	Pavimento de utilização
Local:			
<input type="checkbox"/>	Almojarifado	<input type="checkbox"/>	Outro. Qual? _____
<input type="checkbox"/>	Fechado	<input type="checkbox"/>	Aberto
Empilhamento:			
<input type="checkbox"/>	Máximo 15 sacos	<input type="checkbox"/>	Superior a 15 sacos
<input type="checkbox"/>	Sobre estrado	<input type="checkbox"/>	Apoiado diretamente no chão
4. TRANSPORTE:			
<input type="checkbox"/>	Jerica	<input type="checkbox"/>	Guincho de coluna
<input type="checkbox"/>	Carrinhos de mão	<input type="checkbox"/>	Andaime simplesmente apoiado
<input type="checkbox"/>	Balança suspensa mecanizada	<input type="checkbox"/>	Outro. Qual? _____
5. PROCESSOS E DETALHAMENTO:			
Produção:	<input type="checkbox"/> Betoneira	<input type="checkbox"/> Argamassadeira	<input type="checkbox"/> Manual
Local:	<input type="checkbox"/> No pavimento	<input type="checkbox"/> Outro pavimento	<input type="checkbox"/> Térreo
Aplicação:	<input type="checkbox"/> Manual	<input type="checkbox"/> Canequinha	<input type="checkbox"/> Bomba
	<input type="checkbox"/> Projetada, com:	<input type="checkbox"/> Fino	<input type="checkbox"/> Camurçado
Desempeno:	<input type="checkbox"/> Grosso	<input type="checkbox"/> Fino	<input type="checkbox"/> Camurçado
6. DETALHES CONSTRUTIVOS:			
Reforço:			
<input type="checkbox"/>	Argamassa armada	<input type="checkbox"/>	Ponte de transmissão

 ARGAMASSA PROJETADA <small>Sistema de revestimento racionalizado</small>	Caracterização do Insumo: ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA Serviço: Revestimento de Argamassa Interno/Externo	
Tipo de revestimento da fachada:		
<input type="checkbox"/> Peças Cerâmicas	<input type="checkbox"/> Textura	
<input type="checkbox"/> Pastilhas	<input type="checkbox"/> Pintura	
Detalhes de fachada:		
<input type="checkbox"/> Pingadeiras	<input type="checkbox"/> Peitoris	
<input type="checkbox"/> Juntas de trabalho	<input type="checkbox"/> Quinas e Cantos	
7. MÃO DE OBRA:		
Existe treinamento específico da mão de obra para os serviços de revestimento Interno/Externo?		
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Equipe de produção:		
<input type="checkbox"/> MO própria	<input type="checkbox"/> MO terceirizada	
<input type="checkbox"/> Serventes. Quantos?	_____	
<input type="checkbox"/> Pedreiros. Quantos?	_____	
Total	_____	

Anexo D – Caderno para produtividade da mão de obra

 <p>ARGAMASSA PROJETADA <small>Sistema de revestimento racionalizado</small></p>	<h1>Manual de Indicadores de Produtividade e Perdas de Processos à base de Cimento</h1>	 <p>PROGR</p>
<h2>PRODUTIVIDADE DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA INTERNO/EXTERNO</h2>		



Produtividade de Revestimento de Argamassa Interno/Externo

O cálculo da RUP Cumulativa deve levar em conta o somatório das quantidades de homem-hora de servente e o somatório da quantidade de serviço realizado durante o período de coleta.

$$RUP_{C_{ser}} = \Sigma Hh \div \Sigma QS$$

Fórmula 5 - Razão Unitária de Produção Cumulativa (Servente)

Onde:

$RUP_{C_{ser}}$ = Razão Unitária de Produção Cumulativa (Servente) [Hh/m²]

ΣHh = Somatório de Homem hora (Servente) durante o período de coleta [Hh]

ΣQS = Somatório de Quantidade de Serviço durante o período de coleta [m²]

 Caracterização do Serviço: REVESTIMENTO DE ARGAMASSA INTERNO/EXTERNO		
1. PROJETO DE REVESTIMENTO:		
Nome:		
Endereço:		
Telefone:		
E-mail:		
2. DOCUMENTOS DISPONÍVEIS:		
<input type="checkbox"/> Projeto arquitetônico	<input type="checkbox"/> Projeto de esquadrias	
<input type="checkbox"/> Recomendações técnicas	<input type="checkbox"/> Projeto de fachada	
<input type="checkbox"/> Planejamento de sequência executiva	<input type="checkbox"/> Outros	
3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS:		
Produção e Controle:		
<input type="checkbox"/> Betoneira	<input type="checkbox"/> Desempenadeira feltrada	
<input type="checkbox"/> Broxa	<input type="checkbox"/> Caixote plástico ou metálico	
<input type="checkbox"/> Colher de pedreiro	<input type="checkbox"/> Suporte para caixote	
<input type="checkbox"/> Desempenadeira de aço	<input type="checkbox"/> Linha de pedreiro	
<input type="checkbox"/> Desempenadeira de canto	<input type="checkbox"/> Frisador para juntas	
<input type="checkbox"/> Desempenadeira de madeira	<input type="checkbox"/> Mástique para calafetação de juntas	
<input type="checkbox"/> Desempenadeira de pingadeira	<input type="checkbox"/> Argamassadeira	
<input type="checkbox"/> Desempenadeira dentada	<input type="checkbox"/> Trena metálica	
<input type="checkbox"/> Nível de mangueira	<input type="checkbox"/> Fio de prumo	
<input type="checkbox"/> Régua de alumínio	<input type="checkbox"/> Prumo de face	
<input type="checkbox"/> Régua de canto	<input type="checkbox"/> Régua dupla	
<input type="checkbox"/> Andaime apoiado	<input type="checkbox"/> Balancim suspenso mecanizado	
<input type="checkbox"/> Outros. Quais? _____		
Transporte de argamassa:		
<input type="checkbox"/> Bombeado	<input type="checkbox"/> Foguete / Mini grua	
<input type="checkbox"/> Grua	<input type="checkbox"/> Jerica	
<input type="checkbox"/> Elevador	<input type="checkbox"/> Carrinho de mão	
<input type="checkbox"/> Tubo de queda	<input type="checkbox"/> Outro	
3. PROCESSOS E MATERIAIS UTILIZADOS:		
Tipo:		
Chapisco: <input type="checkbox"/> Industrializado	<input type="checkbox"/> Feito em obra	
Emboço: <input type="checkbox"/> Industrializado	<input type="checkbox"/> Feito em obra	
Massa única: <input type="checkbox"/> Industrializado	<input type="checkbox"/> Feito em obra	
Forma de aplicação do chapisco:		
<input type="checkbox"/> Rolado	<input type="checkbox"/> Desempenado	<input type="checkbox"/> Tradicional

		Caracterização do Serviço: REVESTIMENTO DE ARGAMASSA INTERNO/EXTERNO	
Tipo de revestimento da fachada:			
<input type="checkbox"/> Peças Cerâmicas	<input type="checkbox"/> Textura	<input type="checkbox"/> Pastilhas	<input type="checkbox"/> Pintura
Detalhes de fachada:			
<input type="checkbox"/> Juntas de trabalho	<input type="checkbox"/> Quinas e Cantos	<input type="checkbox"/> Pingadeiras	<input type="checkbox"/> Peitoris
Produção:			
<input type="checkbox"/> Betoneira	<input type="checkbox"/> Argamassadeira	<input type="checkbox"/> Manual	
Local de produção:			
<input type="checkbox"/> No pavimento	<input type="checkbox"/> Outro pavimento	<input type="checkbox"/> Térreo	
Aplicação:			
<input type="checkbox"/> Manual	<input type="checkbox"/> Canequinha	<input type="checkbox"/> Bomba	
<input type="checkbox"/> Projetada, com:			
Desempeno:			
<input type="checkbox"/> Grosso	<input type="checkbox"/> Fino	<input type="checkbox"/> Camuçado	
Reforço:			
<input type="checkbox"/> Argamassa armada	<input type="checkbox"/> Ponte de transmissão		
4. MÃO DE OBRA:			
Existe treinamento específico da mão de obra para a execução do revestimento externo em argamassa?			
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
Equipe de preparação de base:			
<input type="checkbox"/> MO própria	<input type="checkbox"/> MO terceirizada		
<input type="checkbox"/> Serventes. Quantos?	_____		
<input type="checkbox"/> Pedreiros. Quantos?	_____		
Total	_____		
Equipe de chapisco:			
<input type="checkbox"/> MO própria	<input type="checkbox"/> MO terceirizada		
<input type="checkbox"/> Serventes. Quantos?	_____		
<input type="checkbox"/> Pedreiros. Quantos?	_____		
Total	_____		
Equipe de execução do emboço ou da massa única:			
<input type="checkbox"/> MO própria	<input type="checkbox"/> MO terceirizada		
<input type="checkbox"/> Serventes. Quantos?	_____		
<input type="checkbox"/> Pedreiros. Quantos?	_____		
Total	_____		

	Empresa:
	Empreendimento:
	Local de Inspeção:
	Responsável pela coleta de dados:

PLANILHA 1 - HORAS TRABALHADAS SEMANAL (Hh)
Serviço: Revestimento de Argamassa Interno/Externo - Produtividade

Dia da Semana	Segunda			Terça			Quarta			Quinta			Sexta			Sábado			Total Semanal			Observações
	PB	CH	EM	PB	CH	EM	PB	CH	EM	PB	CH	EM	PB	CH	EM	PB	CH	EM	PB	CH	EM	
Data																						
Função																						
Pedreiro 1																						
Pedreiro 2																						
Pedreiro 3																						
Pedreiro 4																						
Pedreiro 5																						
Pedreiro 6																						
Pedreiro 7																						
Pedreiro 8																						
Pedreiro 9																						
Pedreiro 10																						
Total Preparação Base (PB)																						
Total Chapisco (CH)																				0	0	0
Total Emboço (EM)																						
Servente 1																						
Servente 2																						
Servente 3																						
Servente 4																						
Servente 5																						
Total Preparação Base (PB)																						
Total Chapisco (CH)																				0	0	0
Total Emboço (EM)																						

PB = Preparação de Base

CH = Chapisco

EM = Emboço



Empresa:
 Empreendimento:
 Local de Inspeção:
 Período de Inspeção:
 Responsável:

Serviço: REVESTIMENTO DE ARGAMASSA INTERNO/EXTERNO - PRODUTIVIDADE (Hh/m²)

PLANILHA 3 - RUP SEMANAL E CUMULATIVA DO PEDREIRO

Semanas coletadas (Data)	Preparação de Base (m ²)			
	QS _{pb} (m)	Hh _{ppb} direta	RUP _{s_{ppb}} direta	RUP _{c_{ppb}} direta
Total			---	

QS_{pb} = Quantidade de serviço de preparação de base executado na semana

Hh_{ppb} = Homem-hora de Pedreiro dispendida no serviço de preparação de base

Semanas coletadas (Data)	Chapisco (m ²)			
	QS _{ch} (m)	Hh _{pch} direta	RUP _{s_{pch}} direta	RUP _{c_{pch}} direta
Total			---	

QS_{ch} = Quantidade de serviço de chapisco

Hh_{pch} = Homem-hora de Pedreiro dispendida no serviço de chapisco

Semanas coletadas (Data)	Emboço ou massa única (m ²)			
	QS _{em} (m)	Hh _{em} direta	RUP _{s_{pem}} direta	RUP _{c_{pem}} direta
Total			---	

QS_{em} = Quantidade de serviço de execução de emboço ou massa única

Hh_{pem} = Homem-hora de Pedreiro dispendida no serviço de emboço ou massa única

PLANILHA 3 - RUP SEMANAL E CUMULATIVA DO SERVENTE

Semanas coletadas (Data)	Preparação de Base (m ²)			
	QS _{pb} (m)	Hh _{s_{pb}} direta	RUP _{s_{spb}} direta	RUP _{c_{spb}} direta
Total			---	

QS_{pb} = Quantidade de serviço de preparação de base executado na semana

Hh_{s_{pb}} = Homem hora de Servente dispendida no serviço de preparação de base

Semanas coletadas (Data)	Chapisco (m ²)			
	QS _{ch} (m)	Hh _{s_{ch}} direta	RUP _{s_{s_{ch}}} direta	RUP _{c_{s_{ch}}} direta
Total			---	

QS_{ch} = Quantidade de serviço de chapisco

Hh_{s_{ch}} = Homem-hora de Servente dispendida no serviço de chapisco

Semanas coletadas (Data)	Emboço ou massa única (m ²)			
	QS _{em} (m)	Hh _{em} direta	RUP _{s_{sem}} direta	RUP _{c_{sem}} direta
Total			---	

QS_{em} = Quantidade de serviço de execução de emboço ou massa única

Hh_{s_{em}} = Homem-hora de Servente dispendida no serviço de emboço ou massa única

Anexo E – Ficha para registro de anormalidades

Anexo F – Relatório de resultados

	Construtora: Mês de referência: Responsável pelas informações:	
---	--	---

INDICADORES MENSAIS - Perdas e Produtividade de Processos à base de Cimento

TECNOLOGIA	INDICADOR		Resultados						
			Semana 01	Semana 02	Semana 03	Semana 04	Semana 05	Cumulativa	
REVESTIMENTO () INTERNO () EXTERNO Obra: _____	EMBOÇO	Perda de argamassa industrializada (%)						---	
		Consumo de referência de argamassa (kg/m ² /cm)						---	
		Consumo de argamassa industrializada (kg/m ²)						---	
		Produtividade - RUP pedreiro	Hh						
			QS (m ²)						
			RUP (Hh/m ²)						#VALOR!
		Produtividade - RUP servente	Hh						
			QS (m ²)						
			RUP (Hh/m ²)						#VALOR!

Hh = Homens-hora trabalhados por serviço durante uma semana [h]

QS = Quantidade de Serviço executado durante uma semana [m²]

RUP = Razão Unitária de Produção [Hh/m²]

RUPpedreiro = Razão Unitária de Produção de pedreiro [Hh/m²]

RUPservente = Razão Unitária de Produção de servente [Hh/m²]