

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANDRÉ FRANCIS DELVINO**

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA INSERÇÃO  
DE ARGAMASSAS PROJETADAS MECANICAMENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho.

**PATO BRANCO**

**2016**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

# **ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA INSERÇÃO DE ARGAMASSAS PROJETADAS MECANICAMENTE**

**ANDRÉ FRANCIS DELVINO**

No dia 28 de novembro de 2016, às 16h40, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº41-TCC/2016.

Orientador: Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Msc. NORMÉLIO VÍTOR FRACARO (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Dr. VOLMIR SABBI (DACOC/UTFPR-PB)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho àqueles que positivamente contribuíram e estiveram presentes na minha caminhada até o momento, em especial à minha mãe, ao meu pai e ao meu irmão.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a meus pais, Antonio Delvino Neto e Neuza Cerquiari por fazerem o possível e o impossível para que eu e meu irmão tivéssemos possibilidade de estudarmos. Agradeço a meu irmão por me fazer uma pessoa melhor diante dos preconceitos que ferem a sociedade constantemente.

Agradeço aos meus amigos, que foram imprescindíveis, nos momentos bons e nos momentos ruins. À Luiza, responsável por minhas alegrias durante anos inesquecíveis.

A todos os professores, desde o primeiro momento escolar até à última aula universitária, meus sinceros agradecimentos. Em especial aos professores José Ilo Pereira Filho e Cleovir Milani, que acreditaram e contribuíram para que este trabalho fosse concretizado.

## EPÍGRAFE

Como dois e dois são quatro  
sei que a vida vale a pena  
embora o pão seja caro  
e a liberdade pequena  
(Ferreira Gullar)

## RESUMO

O mercado da construção civil passa por seguidos altos e baixos, e as empresas precisam estar preparadas competitivamente para que se sobressaiam em um mercado tão competitivo. Os revestimentos em argamassas estão presentes na grande maioria das construções brasileiras e tendem a se manter por um significativo período de tempo. Portanto, o revestimento em argamassa é uma peça fundamental econômica e tecnicamente para que as construtoras sobrevivam ao acirrado mercado nacional. O estudo da inserção de argamassas mecanicamente projetadas visa atender a esses dois pilares – técnica e economia – pois trata-se da mecanização de sistemas construtivos, onde procura-se atingir maior qualidade e menores custos no produto final. Este trabalho tem o intuito de analisar e demonstrar se a mecanização dos revestimentos verticais em argamassa atende às normas brasileiras vigentes e se essa escolha se faz adequada no quesito monetário. Para isto, foram levantados dados baseados em estudos prévios onde se foram medidos produtividade, resistência à tração, consumo e, conseqüentemente, custos.

**Palavras-chave:** Revestimentos. Industrialização. Comparativo. Argamassas Projetadas.

## ABSTRACT

The civil construction market goes through consecutive highs and lows; thus companies need to be prepared to excel in such a competitive market. Mortar coatings are the most prevalent in Brazilian civil works as they tend to maintain their strength for long periods of time. Therefore, mortar coatings are a fundamental part of the market, both economically and technically, for which companies must concern themselves. The study of the mechanically projected mortar aims to fulfill these two pillars (technical and economic) – because it addresses the mechanization of construction systems, where it aims to reach higher quality and lower costs in the long run. This work has the intention to analyze and demonstrate whether or not mortar coating mechanization meets the current Brazilian guidelines, and if this choice is adequate economically. To achieve this, data was obtained from previous studies that have obtained values for productivity, tensile strength and costs.

**Keywords:** Coating. Industrialization. Comparative. Projected mortar.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	Objetivos .....	14
1.1.1	Objetivo geral .....	14
1.1.2	Objetivos específicos .....	14
1.2	Justificativa.....	15
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1	Argamassa.....	17
2.2	Propriedades das argamassas.....	17
2.2.1	Propriedades das argamassas no estado fresco .....	18
2.2.1.1	Massa específica e teor de água .....	18
2.2.1.2	Retração .....	19
2.2.1.3	Trabalhabilidade .....	19
2.2.2	Propriedades das argamassas no estado endurecido .....	20
2.2.2.1	Aderência.....	20
2.2.2.2	Capacidade de absorver deformações .....	20
2.2.2.3	Resistência mecânica .....	20
2.2.2.4	Permeabilidade .....	21
2.3	Revestimentos de argamassas .....	21
2.3.1	Funções dos revestimentos em argamassa.....	22
2.3.2	Chapisco .....	22
2.3.3	Emboço .....	23
2.3.4	Reboco.....	23
2.3.5	Camada única (emboço paulista).....	24
2.4	Tipos de argamassas .....	24
2.4.1	Argamassas industrializadas.....	25
2.4.2	Armazenamento .....	26
2.4.3	Produção.....	27



2.4.4	Transporte.....	28
2.4.5	Central misturadora fixa .....	30
2.4.6	Central misturadora portátil com material ensacado .....	30
2.4.7	Central misturadora portátil com abastecimento por bombeamento via seca .....	30
2.5	ARGAMASSAS PROJETADAS .....	31
2.6	Ergonomia.....	31
2.7	Projeto de argamassas .....	32
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
4.1	Avaliação econômica .....	36
4.1.1	Revestimento em fachada.....	36
4.1.2	Revestimento interno .....	39
4.1.3	Produtividade .....	43
4.2	Avaliação técnica .....	46
4.2.1	Qualidade das argamassas.....	46
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>50</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 - Chapisco, emboço e reboco .....	24
Figura 2 - Mistura e projeção de argamassas mecanicamente projetadas .....	40
Figura 3 - Fachadas externas.....	45
Figura 4 - Equipamento e argamassa utilizados .....	46

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Custos entre argamassa preparada em obra e industrializada .....	26
Tabela 2 - Perdas de cimento, em porcentagem, utilizado para argamassas ..	28
Tabela 3 - Opção 1, fachada com argamassa projetada.....	37
Tabela 4 - Opção 2, fachada com argamassa chapada à mão .....	38
Tabela 5 - Opção 1, revestimento interno revestido mecanicamente.....	41
Tabela 6 - Opção 2, revestimento interno revestido à mão .....	41
Tabela 7 - Média de produtividade dos sistemas .....	43
Tabela 8 - Custos do sistema para revestimentos .....	46
Tabela 9 - Resumo geral dos ensaios relativos à aderência.....	49

## Lista de Quadros

Quadro 1 - Influência da granulometria nas argamassas.....	17
Quadro 2 - Tipos de aditivos .....	18
Quadro 3 - Limites de resistência de aderência à tração .....	20
Quadro 4 - Classificação das argamassas segundo as suas funções .....	25
Quadro 5 - Classificação das argamassas.....	25
Quadro 6 - Armazenamento de argamassas.....	26
Quadro 7 - Atividades e equipamentos de produção das argamassas .....	27
Quadro 8 - Perdas no transporte de argamassas .....	28
Quadro 9 - Mobilização dos meios de transporte .....	30
Quadro 10 - As diferenças no planejamento de argamassas.....	33
Quadro 11 - Comparativo de execução de argamassas por sistema mecanizados e sistema manual .....	34
Quadro 12 - Síntese dos métodos adotados.....	48

## Lista de Equações

Equação 1 - Densidade da argamassa .....	18
Equação 2 - Produtividade homem-hora.....	43
Equação 3 - Produtividade por relação área/pedreiro .....	43

## 1 INTRODUÇÃO

Há registros da utilização de argamassas datados de 7000 a.C. a 9000 a.C. (COSTA, 2010). No que diz respeito às argamassas projetadas mecanicamente, de acordo com Kiss (1999), “os primeiros indícios de aplicação de argamassa projetada no Brasil remontam à construção da Usiminas”.

O revestimento de paredes em argamassa é um dos sistemas que mais empregam mão de obra no setor da construção civil (ABCP, 2012), tornando-o, também, um expressivo aliado da economia nacional. Por estar presente em grande parte das construções brasileiras, a argamassa é um componente importante para a construção civil e o mercado brasileiro em geral. Desta forma, o conhecimento referente às argamassas é de uma importância que poucos se dão conta.

Após anos de forte crescimento, a economia brasileira passará por momentos difíceis. Segundo Carlos Eduardo Lima Jorge, em entrevista à jornalista FRAGA (2014), "teremos um crescimento pífio", diz o diretor executivo da Associação Paulista dos Empresários de Obras Públicas, se referindo ao setor da construção civil. Em momentos delicados como os que virão há a necessidade de redução de gastos, sem interferências negativas na qualidade do produto oferecido. É exatamente nesse ponto que entra a necessidade pela busca por métodos construtivos alternativos, novos materiais e inovação tecnológica sem que haja redução na qualidade do produto final oferecido.

Para os revestimentos em argamassa não é diferente. No entanto, cada vez mais a mão de obra capacitada tem se tornado escassa, obrigando as construtoras a investirem em novas técnicas construtivas onde a quantidade de profissionais seja reduzida e se mantenha – ou supere – a qualidade do produto final, havendo redução nas perdas encontradas se comparadas aos sistemas tradicionais.

A argamassa projetada mecanicamente vem como um forte aliado às novas exigências do setor da construção civil. Maior produtividade e aumento na qualidade do revestimento são características proporcionadas pelo uso de equipamentos para projetar a argamassa, desde que sejam tomados os cuidados necessários (ABCP, 2012). Para alcançar o padrão desejável deve-se seguir à risca as especificações recomendadas pelo fabricante dos equipamentos e de argamassas, garantindo, inclusive, o pleno funcionamento dos projetores (ABCP, 2012).

Em crescente expansão no mercado, a argamassa projetada - contínua ou spray de ar comprimido - já se mostra presente em grandes empreendimentos pelo Brasil. Alguns casos de sucesso podem ser encontrados, por exemplo, segundo Giribola (2015), em Goiânia, uma empresa obteve uma economia de 32,6% na etapa de revestimento interno na execução do edifício Mundi Consciente Square, residencial de 38 pavimentos, além de alcançar um ganho de 25% de produtividade e antecipar a entrega dos revestimentos internos em cerca de um mês. Em valores numéricos, houve uma redução de R\$ 520.834,50 no custo total da obra.

Recentemente, com a implementação da NBR 15575 – Normas de Desempenho (Associação..., 2013) – e, com isso, impondo níveis de desempenho mínimo ao longo de uma vida útil para os elementos principais (como estrutura, vedações, instalações elétricas e hidrossanitárias, pisos fachadas e coberturas), tornou-se estritamente necessário o controle qualitativo de todos os elementos que compõem uma edificação. Portanto, mais uma vez, a racionalização do sistema construtivo se torna inadiável, pois o mercado exige produtos de alta qualidade e competitivos financeiramente.

Neste trabalho, portanto, analisar-se-á a viabilidade de inserção da mecanização nos processos construtivos referentes às argamassas mecanicamente projetadas. Para tal, o estudo será dirigido em duas vertentes principais: capacidade técnica, dada pela normatização e estudos relevantes; e capacidade econômica, dada pela rentabilidade – ou não – da adoção de materiais e equipamentos, levando em conta a redução nos custos, nos prazos e na qualidade.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

Comparar a viabilidade técnica e econômica entre o uso de argamassa projetada e argamassa chapada à mão para uso em revestimentos de paredes, com o intuito de analisar a possibilidade de inserção no mercado.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- i. comparar economicamente argamassas mecanicamente projetadas e argamassas lançadas pelo método tradicional (chapada à mão), para uso em revestimentos em paredes;
- ii. analisar tecnicamente e bibliograficamente, segundo as normas pertinentes e estudos relevantes, argamassas projetadas mecanicamente de revestimento em paredes.

## 1.2 Justificativa

A construção civil encontra-se um passo atrás de outros setores da economia no que concerne à industrialização. Na indústria automobilística, por exemplo, é inimaginável a existência de competitividade sem que haja tecnologia de ponta, hoje intrínseca no setor. Embora exista uma singularidade no produto final da construção civil – diferentemente do setor automobilístico –, o processo construtivo, muitas vezes, é similar, onde a ideia central na produção em série, como os conjuntos habitacionais.

Em um mercado cada dia mais competitivo e exigente, a industrialização dos subsistemas construtivos se faz imprescindível às empresas que buscam a permanência no mercado e procuram oferecer produtos que atendam padrões técnicos pré-estabelecidos. Tais medidas trazem consigo a racionalização do sistema construtivo, permitindo, por outras vias, adoção de selos de qualidade, propiciando uma empresa econômica, qualitativa e ambientalmente conscientizada.

A escassez de mão de obra qualificada na construção civil é um dos alarmes mais estridentes que alerta o setor para necessidade de adaptação às novas condições da economia brasileira. A busca por inovação, seja em processos construtivos, gerenciamento, materiais ou equipamentos, reflete em um número de profissionais relativamente menor, tornando a capacitação de profissionais estritamente necessária.

Desta forma, interessam à área pesquisas relevantes nesse âmbito, uma vez que frequentemente os investimentos iniciais são vultuosos e demandam planejamento, análise econômica do cenário nacional e levantamento da viabilidade de tais adequações para a esfera empresarial, seja ela de pequeno, médio ou grande porte.

O revestimento é um subsistema que, embora seja dada a ele uma importância relativamente menor, é parte fundamental para a concepção adequada de uma



edificação. O estudo dos revestimentos em argamassas projetadas se propõe a mensurar e otimizar o processo de aplicação das camadas de chapisco, emboço e reboco, quando este se fizer necessário.

Com o advento da NBR 15575 – Norma de Desempenho de Edificações (ASSOCIAÇÃO..., 2013), a construção civil busca atingir padrões técnicos elevados, fazendo-se indispensável conhecer as propriedades dos componentes que compõe o seu produto final. Além disso, a sociedade dos engenheiros civis, arquitetos e profissionais relacionados ao mercado imobiliário carecem de informações preponderantes e pragmáticas acerca desta combinação entre aglomerantes, agregado miúdo e água tão importante para o setor.

Em comparação à argamassa aplicada pelas técnicas tradicionais, as argamassas projetadas têm inúmeras vantagens. Segundo (ASSOCIAÇÃO..., 2012), as principais vantagens são: rapidez na execução, proporcionando redução de prazos; maior qualidade no produto final, pois o maior controle na produção de argamassas industrializadas e a uniformidade nas aplicações resultam em revestimentos superiores; além de racionalidade, por conta de canteiros mais limpos, facilidade de recebimento de materiais; sustentabilidade por reduzir o desperdício de materiais e absenteísmo; produtividade, por se tratar de um processo mecanizado, a produção e execução ocorrem com maior fluência.

Pela necessidade iminente de inovação e por revestimento ser parte crucial do produto, faz-se necessário a sua compreensão. Por se tratar de um subsistema completamente tangível para estudo e por ser encontrado em todas as obras, se torna um forte candidato para análises.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Argamassa

De acordo com a NBR 13281 (ASSOCIAÇÃO..., 2005), Silva e Nakakura (2008) e Tristão (2005),

Entende-se por argamassa uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos e adições, com características de endurecimento e aderência podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Já a European Mortar Industry Organization (1996 apud MOURA, 2007), mostra que a definição europeia para argamassas é ligeiramente diferente, já que “[...] substitui o termo agregado miúdo pela dimensão deste, o que deve ser inferior a 4 mm ou 8 mm, este último quando a argamassa for destinada a acabamento decorativo ou de piso”.

### 2.2 Propriedades das argamassas

Para Baía e Sabbatini (2008, p. 15), as principais propriedades das argamassas no estado fresco são: massa específica e teor de ar, trabalhabilidade, aderência inicial e retração na secagem. Segundo os mesmos autores, as principais propriedades no estado endurecido são: aderência, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, ao desgaste e durabilidade. Muitas das propriedades inerentes às argamassas dependem da qualidade dos agregados miúdos e sua granulometria, como mostra (ASSOCIAÇÃO..., 2012) na Tabela 1, página 16, a seguir:

**Quadro 1 - Influência da granulometria nas argamassas**

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

**Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2012, p. 6CON)**

O autor também mostra que tais propriedades podem ser alteradas com o uso de aditivos específicos a fim de alcançar parâmetros específicos, como mostrado no Quadro 2, na página, a seguir:

**Quadro 2 - Tipos de aditivos**

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

**Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2012, p. 7CON)**

Desta forma, com a ajuda do aditivo adequado, as argamassas podem se fazer presentes em diversos ambientes e adversidades, atingindo várias características necessárias às suas propriedades inerentes.

## 2.2.1 Propriedades das argamassas no estado fresco

### 2.2.1.1 Massa específica e teor de água

De acordo com Baía e Sabbatini (2008, p. 15), a massa específica é uma propriedade que relaciona a massa do material pelo seu volume, podendo ser absoluta ou relativa; ainda, de acordo com os autores, argamassas que possuem menor massa específica e maior teor de água proporcionam melhor trabalhabilidade.

A NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO..., 1995) disponibiliza a equação para cálculo da densidade de massa de argamassa, no estado fresco:

$$A = \frac{M_c - MV}{V_r}$$

**Equação 1 - Densidade da argamassa**

Sendo:

$M_c$  = massa do recipiente cilíndrico contendo a argamassa de ensaio (g)

$M_v$ : massa do recipiente cilíndrico vazio (g)

$V_r$ : volume do recipiente cilíndrico ( $\text{cm}^3$ )

#### 2.2.1.2 Retração

“A importância do estudo do fenômeno de retração das argamassas está ligada à qualidade e durabilidade das edificações” (BASTOS; NAKAKURA; CINCOTTO, 2005, p. 252). A retração é causada pela evaporação da água de amassamento da argamassa e pelas reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes (BAÍA; SABBATINI, 2008). A rápida e acentuada perda de água de amassamento, causada pelas reações dos aglomerantes causam a retração da argamassa, resultando em fissuração nas placas de revestimentos (SANTOS, 2008). Para Ferreira (2010, p. 58), a retração é uma questão de questão de retração volumétrica, ocasionada pela perda de água para o meio ambiente, uma vez que há a tendência de equilíbrio entre o material e o meio, sendo o último corriqueiramente mais saturado que o primeiro.

A retração, como mostram os autores, é uma propriedade relevante nas argamassas e deve haver uma preocupação constante acerca deste fato, uma vez que a qualidade e durabilidade das construções são intrinsecamente dependentes dos resultados obtidos dos revestimentos internos e externos.

#### 2.2.1.3 Trabalhabilidade

Para Drysdale, Hamid e Baker (1994, p. 158), trabalhabilidade, retenção de água e taxa de endurecimento são as principais propriedades da argamassa no estado fresco. Para os mesmos autores, a argamassa deve suportar o peso adicional sem sofrer alterações. Uma das principais características adquiridas através da trabalhabilidade é a capacidade de apresentar contato mais extenso com a base, visto um melhor espalhamento. Para a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (ASSOCIAÇÃO..., 2012), tendo trabalhabilidade adequada, a argamassa poderá apresentar contato mais extenso com a base através de um melhor espalhamento.

A trabalhabilidade, assim como a retração, é uma propriedade que deve ser observada cuidadosamente para que hajam bons resultados no produto final, assegurando, assim, bons resultados.

## 2.2.2 Propriedades das argamassas no estado endurecido

### 2.2.2.1 Aderência

A aderência depende das propriedades da argamassa no estado fresco, dos procedimentos de execução do revestimento, da natureza e características da base e da sua limpeza superficial.

A NBR 13749 (ASSOCIAÇÃO..., 1995) estipula valores mínimos de aderência para revestimentos em argamassa, medidos através de ensaios de arrancamento por tração. Estes valores, assim como o local e o tipo de acabamento, estão expostos no Quadro 3, na página 19, a seguir:

**Quadro 3 - Limites de resistência de aderência à tração**

Local		Acabamento	Ra (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	≥ 0,20
		Cerâmica ou laminado	≥ 0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	≥ 0,30
		Cerâmica	≥ 0,30
Teto			≥ 0,20

**Fonte: (ASSOCIAÇÃO..., 1995, p.3).**

### 2.2.2.2 Capacidade de absorver deformações

Segundo Associação Brasileira de Cimento Portland (ASSOCIAÇÃO..., 2012), a capacidade de absorver deformações trata-se da propriedade que o revestimento possui de absorver deformações intrínsecas ou extrínsecas sem sofrer fissurações ou perda de aderência.

### 2.2.2.3 Resistência mecânica

Segundo Associação Brasileira de Cimento Portland (ASSOCIAÇÃO..., 2012, p. 10CON), resistência mecânica trata-se da “[...] capacidade dos revestimentos de suportar esforços das mais diversas naturezas, que resultam, em tensões internas de tração, compressão e cisalhamento”.

#### 2.2.2.4 Permeabilidade

Para Lemos (2010), a permeabilidade representa a facilidade com que a água infiltra na argamassa, por meio de pressão, capilaridade ou difusão, no estado endurecido, permitindo a percolação da água. Deve-se manter uma preocupação significativa quanto à permeabilidade dos revestimentos verticais pois a ação da água pela fachada, além de criar manifestações patológicas, contribui para as já existentes, podendo-se citar as infiltrações de fissura (TUSSET, 2010). Essa aderência, no caso de concretos, segundo a autora, pode ser prejudicada pelos desmoldantes, já que o óleo usado nesse produto torna a superfície do concreto hidrófoga, dificultando a sua adesão à argamassa.

### 2.3 Revestimentos de argamassas

Para Associação Brasileira de Cimento Portland (ASSOCIAÇÃO, 2012, p. 3CON), “[...] o revestimento de argamassa pode ser entendido como a proteção de uma superfície porosa com uma ou mais camadas superpostas, com espessura normalmente uniforme, resultando em uma superfície apta a receber de maneira adequada uma decoração final”.

Dentre os requisitos para as vedações verticais externas em geral está: adequado isolamento acústico,

[...] a fim de proporcionar condições propícias para repouso em dormitórios, para atividades intelectuais, descanso e lazer doméstico em sala de estar e de privacidade em qualquer cômodo, no que se refere aos ruídos provenientes do exterior da habitação” (ASSOCIAÇÃO..., 2013, p. 19).

Para Moura (2007, p. 22), “[...] a qualidade do sistema revestimento tem influência direta na habitabilidade das edificações, no que se refere à salubridade, conforto e durabilidade”. Ainda de acordo com a autora, a estanqueidade e impermeabilidade são características desejáveis para o bom desempenho dos sistemas de revestimento. Para Perez (1985 apud MOURA, 2007, p. 22), “o sistema de revestimento de argamassa pode representar 50% do isolamento acústico, 30% do isolamento térmico e ser responsável por 70% a 100% da estanqueidade da edificação”. Para Helene (1991), as funções dos revestimentos externos de

argamassa são: regularização e acabamento estético das fachadas, proteção de alvenarias de vedação e sistemas estruturais dos edifícios. Essas afirmações condizem exatamente com o exposto na NBR 13749 (ASSOCIAÇÃO..., 1996).

Karpinski *et al.* (2009) afirma que os resíduos gerados na construção civil – construção e demolição – correspondem por, aproximadamente, 60% do total de resíduos urbanos gerados no Brasil. Desse montante, segundo Camargo (1995 apud Karpinski *et al.*, 2009), 64% trata-se de argamassas, 30% de componentes de vedação e 6% de outros materiais, como pedras, areia, metais e plásticos. Em estudos de casos realizados por Franchi *et al.* (1993, apud MOURA, 2007) constataram que houve um alto desperdício de argamassa, principalmente nas espessuras dos revestimentos de argamassa, sendo usados de 30% a 110% acima do necessário para o atendimento dos requisitos de desempenho. A redução do desperdício é sumamente importante para a competitividade das empresas, uma vez que torna o empreendimento menos oneroso e mais lucrativo.

### 2.3.1 Funções dos revestimentos em argamassa

Segundo Baía e Sabbatini (2008, p. 13), as principais funções dos revestimentos de argamassa são:

- I. proteger os elementos de vedação dos edifícios da ação direta dos agentes agressivos;
- II. auxiliar as vedações no cumprimento das suas funções, como, por exemplo, o isolamento termo acústico e a estanqueidade à água e aos gases;
- III. regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular adequada ao recebimento de outros revestimentos ou constituir-se no acabamento final;
- IV. contribuir para a estética da fachada.

Segundo Rodrigues (2010), a penetração de água da chuva nas fachadas está relacionada a diversas patologias presentes nas argamassas.

### 2.3.2 Chapisco

Segundo a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO..., 1995), o chapisco pode ser entendido como “[...] uma camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou

descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento”.

Existem três tipos de chapisco mais usuais: tradicional, industrializado e rolado. O método tradicional consiste no lançamento vigoroso de uma argamassa fluida sobre a base, utilizando-se uma colher de pedreiro; o industrializado trata-se de chapiscos à base de materiais com alto controle no processo de fabricação; e rolado (que utiliza rolo similar ao usado em pintura), feito com argamassa fluida obtida através mistura de cimento e areia, com adição de água e aditivo, usualmente de base PVA (ABCP, 2012).

O grande leque de opções de chapiscos permite às empresas e aos empreiteiros de pequeno e médio porte uma escolha mais sensata e adequada para que se alcance maiores lucros, menos atrasos e um significativo aumento na qualidade, desde que se atenda a todos os parâmetros prévios para cada método de aplicação de argamassa. Essa gama de opções se reduz quando se trata de argamassas projetadas, uma vez que, visto que muitas vezes o maquinário é projetado para trabalhar com argamassas industriais.

### 2.3.3 Emboço

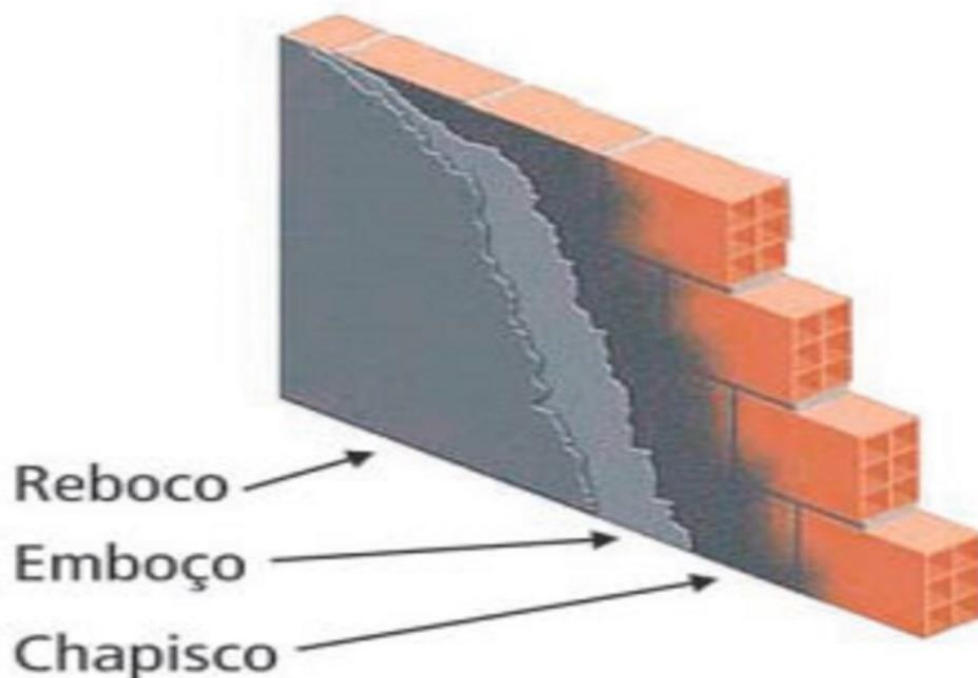
Segundo a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO..., 1995), o emboço pode ser entendido como uma camada de revestimento com o intuito de cobrir e regularizar a superfície, sendo esta uma base ou chapisco, capacitando-a para que outra camada – de reboco ou revestimento decorativo – seja sobreposta a esta. As principais propriedades que a argamassa de emboço deve apresentar para que sejam atendidas as solicitações às quais será submetida são: trabalhabilidade, capacidade de aderência, resistência mecânica, capacidade de absorver deformações, durabilidade (CARASEK, 2007).

### 2.3.4 Reboco

Segundo a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO..., 1995), o reboco pode ser entendido como uma “[...] camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final”. Para Salgado (2013), o reboco é a camada executada após o emboço, podendo ou não receber acabamento final, ou acabamento decorativo.



No entanto, há no Brasil uma confusão entre emboço e reboco, uma vez que aquele é muitas vezes usado sem que se usem este.



**Figura 1 - Chapisco, emboço e reboco**

**Fonte: Vieira (2016)**

### 2.3.5 Camada única (emboço paulista)

Segundo a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO..., 1995), a camada única trata-se de um revestimento de um único tipo de argamassa aplicado sobre a base de revestimento, em uma ou mais demãos. Revestimento executado numa camada única, cumprindo as funções do emboço e reboco.

## 2.4 Tipos de argamassas

As argamassas podem ser classificadas de acordo com suas funções, como mostra Quadro 4, na página 24, a seguir:

**Quadro 4 - Classificação das argamassas segundo as suas funções**

Funções	Tipo
Para construção de alvenarias	Argamassa de assentamento (elevação de alvenaria)
	Argamassa de fixação (ou encunhamento) - alv. de vedação
Para revestimentos de paredes e tetos	Argamassa de chapisco
	Argamassa de emboço
	Argamassa de reboco
	Argamassa cada única
	Argamassa para revestimento decorativo monoacabada

Fonte: Carasek (2011, p. 5)

As argamassas podem ser classificadas com relação a vários critérios, como mostra o Quadro 5, na página 24, a seguir:

**Quadro 5 - Classificação das argamassas**

Critério de classificação	Tipo
Quanto à plasticidade	Argamassa pobre ou magra
	Argamassa média ou cheia
	Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade de massa da argamassa	Argamassa leve
	Argamassa normal
	Argamassa pesada
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	Argamassa preparada em obra
	Mistura semipronta para argamassa
	Argamassa industrializada
	Argamassa dosada em central

Fonte: Carasek (2011, p. 4)

#### 2.4.1 Argamassas industrializadas

Segundo Djanikian e Martins Neto (1999), 95% da argamassa é virada em obra. Para Reis (2009), as vantagens na opção de argamassas usinadas são redução de mão de obra, do número de equipamentos e do desperdício no preparo da argamassa.

Financeiramente falando, quando a única variável levada em conta são as argamassas industrializadas, estas tendem a ser 2% mais econômicas se

comparadas às preparadas em obras, como demonstram Silva e Nakakura (2001) em um estudo de caso de 600 m<sup>2</sup> feito em São Paulo.

**Tabela 1 - Custos entre argamassa preparada em obra e industrializada**

Custo	Argamassa preparada em obra (R\$)	Argamassa industrializada (R\$)	Diferença
Materiais/m <sup>2</sup>	0,92	2,11	129%
Mão de obra/m <sup>2</sup>	7,06	5,69	-19%
Geral	7,98	7,8	-2%

**Fonte: Silva e Nakakura (2001, p. 10)**

Isto é, dados mostram que a argamassa virada em obra ainda é predominante no mercado brasileiro por diversos fatores, entre eles: a baixa solicitação de engenheiros por parte dos proprietários de pequenas obras, por não reconhecerem o diferencial que este profissional pode trazer para o resultado final; valor relativamente alto para a inserção de métodos não usuais – seja pela aquisição de equipamentos ou contratação dos mesmos.

#### 2.4.2 Armazenamento

Segundo Ceotto, Banduk e Nakakura (2005), os materiais ensacados devem ser armazenados adequadamente, de modo a se permitir a distinção visual e física entre os lotes nas dependências do almoxarifado.

Muitas vezes a disponibilidade espaço livre no canteiro de obras é baixa, fazendo com que haja uma preocupação especial sobre a disposição dos materiais armazenados *in loco*. Desta forma, ABCP (ASSOCIAÇÃO..., 2012) resume as vantagens e desvantagens acerca de cada tipo de produção de argamassas no que se refere ao armazenamento, no Quadro 6, a seguir:

**Quadro 6 - Armazenamento de argamassas**

	Área para estocagem de materiais
Produzida em canteiro	Há necessidade de grande área em baias especialmente montadas para esta finalidade, sendo necessário separar os diversos insumos
Produzida em central	Nenhum estoque é necessário
Ensacada	Há necessidade de apenas uma área para armazenamento dos sacos, ou já diretamente nos pavimentos de utilização

Silos	A área necessária é apenas a da projeção do silo (aproximadamente 9m <sup>2</sup> ). Com a utilização de diferentes traços de argamassa, são necessárias áreas para distintos silos.
-------	--

Fonte: (ASSOCIAÇÃO..., 2012, p. 8SIS)

O armazenamento correto das argamassas faz-se necessário por razões de, principalmente, logística e controle de qualidade. No que se diz respeito às argamassas projetadas, seu tempo de armazenamento tender a ser menor, isso porque o processo de recebimento de material e lançamento tem um intervalo de tempo consideravelmente menor, acarretando – dependentemente do processo escolhido – em uma rotatividade maior de materiais dentro do canteiro de obras.

### 2.4.3 Produção

Segundo Baía e Sabbatini (2008, p. 39), “[...] a produção de argamassa significa a mistura ordenada dos seus materiais constituintes, nas proporções estabelecidas e por um determinado período de tempo, utilizando-se equipamentos específicos para este fim”.

A produção de argamassas varia de acordo com as necessidades de cada empreendimento, conhecimento dos responsáveis, prazos e disponibilidade de recursos – financeiros e logísticos. A escolha do método produtivo dependerá da combinação desses três fatores, almejando qualidade nos resultados, custos competitivos, etc. Para as argamassas projetadas, muitas vezes se requererá uma breve capacitação dos profissionais responsáveis por sua produção, isto porque sua produção envolve equipamentos não habituais nos canteiros. Baía e Sabbatini (2008) apresentam abaixo um Tabela-resumo dos diferentes métodos de produção para argamassas.

**Quadro 7 - Atividades e equipamentos de produção das argamassas**

ARGAMASSA	ATIVIDADES	EQUIPAMENTOS
Preparada em obra	Medição, em massa ou volume, das quantidades de todos os materiais constituintes; transporte desses materiais até o equipamento de mistura;	Equipamento de mistura (betoneira ou argamassadeira); recipientes para a medição dos materiais (carrinhos-de-mão ou padiolas); pás, peneiras para eliminar torrões e materiais estranhos ao agregado.

	colocação dos materiais no equipamento; mistura.	
Industrializada (fornecida em sacos - materiais em estado seco e homogêneo)	Colocação da quantidade especificada do material em pó no equipamento de mistura, seguida da adição de água.	Argamassadeira e os recipientes para a colocação da água.
Industrializada (fornecida em silos - materiais em estado seco e homogêneo)	Medição mecanizada. Um equipamento de mistura pode ser acoplado no próprio silo ou um outro equipamento de mistura específico, localizado nos pavimentos do edifício, efetua a mistura.	Equipamento de mistura específico.

Fonte: Baía e Sabbatini (2008, p. 41)

#### 2.4.4 Transporte

O transporte geralmente é responsável por consideráveis perdas na cadeia de revestimentos verticais, desde seu recebimento até a aplicação. Um estudo realizado por Souza *et al.* (1998), mostrou que a perda de cimento utilizado para argamassas virada em obra chega a 234% em alguns casos, como mostra a Tabela 2, na página 27, a seguir:

**Tabela 2 - Perdas de cimento, em porcentagem, utilizado para argamassas**

Materiais básicos	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	n
Emboço interno	104	102	8	234	11
Emboço externo	67	53	-11	164	8

Fonte: Souza *et al.* (1998, p. 6)

O método a ser escolhido reflete diretamente nos custos finais da obra devido, entre outros fatores, às perdas existentes para cada método. A ABCP (2012) resume o método e o porquê da ocorrência de perdas.

**Quadro 8 - Perdas no transporte de argamassas**

	Perdas no transporte
Produzida em canteiro	Dado que existe um ponto central de produção e a argamassa é transportada pronta, com trajetos por vezes longos, existe um potencial grande de perdas nos carrinhos e nas jericas.

Produzida em central	Depende do sistema de abastecimento da argamassa; se bombeado, ou se por carrinhos, as perdas são diferentes. No caso do uso de carrinhos, a perda é similar a da produzida na obra. No caso de bombeamento existe a perda na tubulação.
Ensacada	Se a argamassa for produzida próxima ao local de aplicação, as perdas podem ocorrer por danos provocados nos sacos ao serem transportados, cuja probabilidade de ocorrência é baixa.
Silos	Não há perdas no transporte, a não ser na via úmida, onde os resíduos que permanecem na tubulação representam valor a ser considerado e gerando a necessidade de lavagem da tubulação.

Fonte: (ASSOCIAÇÃO, 2012, p. 9SIS)

Para Pereira *et al.* (2003), existem três principais sistemas de transporte de argamassas, em um edifício multipavimentos, entre produção e recebimento, são eles:

- i. sistema de produção de argamassa centralizado não-racionalizado ou convencional;
- ii. sistema de produção na frente de trabalho para argamassa racionalizada tipo I, e;
- iii. sistema de produção de argamassa industrializado racionalizado tipo II.

No primeiro caso, como o próprio nome denomina, o sistema é caracterizado pelo transporte rotineiro, visto que existe a necessidade de se depositar a argamassa em carrinhos-de-mão e levada até o ponto onde será utilizada, passando, se necessário, por elevadores ou outra forma de transporte vertical. Este processo, muitas vezes, é responsável por grande perda de materiais, pois requer deslocamento de grandes volumes por grandes trajetos, onde frequentemente exige-se muito esforço físico dos responsáveis por essa tarefa.

No segundo caso, trata-se de um sistema que conta com a instalação de produção de argamassa independente em cada pavimento, tanto para produção quanto para distribuição.

Já o terceiro caso trata-se de um sistema independente, que pode estar localizado fora do canteiro, e com equipamentos adequados para assim ser bombeado para o pavimento onde a argamassa é necessária.

**Quadro 9 - Mobilização dos meios de transporte**

	Mobilização dos meios de transporte
Produzida em canteiro	Por se utilizar dos meios convencionais de transporte (elevador, grua, etc.), a argamassa “compete” com outros elementos que devem ser transportados por estes meios na obra, gerando por vezes congestionamentos no sistema
Produzida em central	Se for bombeado, não há congestionamento. Se for por carrinho, pode ocorrer o mesmo congestionamento do caso anterior
Ensacada	Há apenas o transporte de sacos para os locais de aplicação, o que pode ser realizado fora dos horários de pico do sistema de transportes e, portanto, não gerar nenhum transtorno para a obra
Silos	Via seca - não utiliza o sistema convencional de transporte. Via úmida – pode haver transporte por meios convencionais da obra o que pode gerar eventuais congestionamentos no sistema

Fonte: (ASSOCIAÇÃO, 2012, p. 9SIS)

#### 2.4.5 Central misturadora fixa

Segundo ABCP (ASSOCIAÇÃO, 2012), a central misturadora se encontra inserida no andar térreo, em local acessível.

Para Vieira e Nakakura (2015), a central misturadora fixa é posicionada no andar térreo, sendo capaz de transportar, vertical e horizontalmente, através de mangotes flexíveis, a uma distância de 60 metros na vertical e 90 metros na horizontal.

#### 2.4.6 Central misturadora portátil com material ensacado

Afirma ABCP (ASSOCIAÇÃO, 2012), este sistema se baseia na utilização de equipamentos portáteis de mistura e bombeamento da argamassa, que ficam posicionados próximos ao local de aplicação. A argamassa ensacada é transportada até a central de mistura através de guias ou guinchos, sendo mais eficiente quando o produto é fornecido em paletes, o que favorece a locomoção em grande quantidade e sem perdas. Para Vieira e Nakakura (2015), as centrais misturadoras portáteis com material ensacado são capazes de transportar a argamassa, através de mangotes flexíveis, 30 metros na vertical e 60 metros na horizontal.

#### 2.4.7 Central misturadora portátil com abastecimento por bombeamento via seca

Neste método, segundo Vieira e Nakakura (2015), a argamassa é fornecida a granel, “o transporte da argamassa anidra ou seca é realizado por mangotes flexíveis com bomba de ar comprimido até o misturador; a central misturadora é posicionada no andar em que será utilizada”.

## 2.5 ARGAMASSAS PROJETADAS

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria e Construção (2011, p. 15), “[...] a argamassa projetada é um sistema que consiste na aplicação de argamassa através de projetores”. Para Tristão (2005), argamassas projetadas têm vantagens, pois alguns problemas podem ser resolvidos previamente, utilizando meios como treinamento de mão de obra, conscientização dos profissionais e utilização dos equipamentos adequados para tais fins. Já Zanelatto (2012, p. 70), afirma, através de estudos, que “[...] é possível potencializar a adesão inicial e, com isso, obter valores de resistência de aderência em torno de 50% superiores aos obtidos com a aplicação manual”.

A projeção de argamassas é, segundo a maioria daqueles que a implementaram e estudaram, uma forma mais eficiente, ágil e de qualidade superior, se compara à aplicação tradicional. No entanto, é um processo que requer uma análise detalhada por se tratar de um sistema que envolve planejamento minucioso – adoção de equipamentos, balancins, treinamento, etc.

## 2.6 Ergonomia

Miranda e Selmo (2011) afirmam que as posturas incorretas, peso excessivo, movimentos repetitivos, vibração nos MMSS (músculos dos membros superiores) e tronco podem desencadear ou agravar algumas doenças. Conforme Boschman, Frings-Dresen e Van Der Molen (2015), trabalhadores da construção civil enfrentam 16% mais problemas de doenças musculoesqueléticas que os trabalhadores das outras indústrias. De acordo com Miranda (1998 apud MEDEIROS 2013), estudos constataram que que 80,4% dos trabalhadores entrevistados na construção civil que apresentavam DORT (Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho) tinham entre 30 e 46 anos.

No caso específico das argamassas projetadas, comumente há a necessidade de se elevar os sacos de materiais a uma altura relativamente elevada a fim de



depositar o material nos misturadores e/ou projetores, podendo exigir uma solicitação elevada, como afirma Stall *et al.* (2016, p. 4), “[...] as dores relatadas são explicadas pelo fato do trabalhador exercer grande força para carregar os equipamentos devido à altura elevada”. Para minimizar as dores causadas pelo esforço excessivo, o autor sugere a implementação de rampas de acesso, fazendo com que a diferença de altura entre a base e o equipamento seja reduzida gradativamente e de forma segura.

## 2.7 Projeto de argamassas

O projeto de revestimento interno ou de fachada, assim como todos os projetos envolvidos em uma construção, é imprescindível para uma execução de qualidade. A esse respeito, Ceotto, Banduk e Nakakura (2005) argumentam que o projeto de revestimento tem como objetivo delimitar o escopo de materiais, detalhes técnicos, execução, controle e manutenção. A definição de um projeto de revestimentos verticais, de acordo com Maciel e Melhado (1997), juntamente com os demais projetos, contribui para um melhor planejamento e orçamento, permitindo que decisões vitais sejam tomadas previamente à execução, fazendo com que haja economia de materiais e mão de obra e, conseqüentemente, aumentando a competitividade da empresa. Os processos a serem seguidos no projeto de revestimentos devem considerar, segundo ABCP (ASSOCIAÇÃO, 2012):

- a) exigências e limitações dos projetos arquitetônico, estrutural, de instalações hidrossanitárias, de instalações elétricas, impermeabilização e esquadrias;
- b) condições ambientais determinantes de solicitações de conforto higrotérmico e acústico no interior das edificações;
- c) acabamentos que serão aplicados sobre a camada de argamassa;
- d) insumos disponíveis: materiais, equipamentos, componentes e qualidade da mão de obra;
- e) planejamento global da obra: prazos e custos;
- f) análise dos esforços solicitantes dos revestimentos.

A mesma fonte ressalta a importância de se conhecer as diferenças nos meios de produção das argamassas, com o intuito de garantir que a melhor escolha seja

feita a fim de se certificar de que prazo, sucesso e qualidade sejam atingíveis, como demonstra ABCP (ASSOCIAÇÃO, 2012) no Quadro 10, na página 32, a seguir:

**Quadro 10 - As diferenças no planejamento de argamassas**

	Planejamento
Produzida em canteiro	Há necessidade de se pensar as atividades de aquisição, produção e aplicação na obra integradamente, já que as argamassas de cimento são “perecíveis”
Produzida em central	Planejamento similar ao de concretagem. Para que não ocorram problemas no momento de aplicação, toda a infraestrutura da obra deve estar pronta para receber um grande volume de material a ser aplicado rapidamente
Ensacada	Como usualmente as centrais de mistura são móveis, acompanhando a execução, há a possibilidade de uma grande flexibilidade no planejamento. Esta flexibilidade permite que seja possível realocar recursos rapidamente, bem como potencializar o uso do equipamento de transporte
Silos	Vale o mesmo raciocínio utilizado para o sistema ensacado tanto para o sistema em via seca como para transporte úmido, apenas faz-se a mudança de tubulações que se faz necessária para cada caso

**Fonte: ABCP (ASSOCIAÇÃO, 2012, p. 12SIS)**

O planejamento é indubitavelmente a principal fase em qualquer processo, não só construtivo. No que diz respeito às argamassas, o planejamento está intimamente ligado ao método escolhido. A opção escolhida deverá levar em conta a disponibilidade de materiais, a área a ser revestida, a quantidade de pavimentos, a capacidade técnica dos profissionais responsáveis, prazos e custos envolvidos.

No planejamento, deve-se levar em conta o processo de argamassas como um todo, desde o recebimento até o momento em que é aplicado. A idealização correta desta fase culminará no sucesso desse estágio do empreendimento. O conhecimento pleno do sistema adotado é fundamental para que se organize e execute adequadamente o processo em questão. O sistema mecanizado, por ser um processo com menos interferência humana, é realizado com menos subdivisões, e, portanto, é um processo onde a perda de recursos – humanos e materiais – tende a ser menor. Em contrapartida, o processo manual requer mais atenção e esforço físico daqueles envolvidos na sua execução. Por se tratar de um processo mais tradicional, este processo requer menos capacitação se comparado ao mecanizado por parte dos

funcionários. As principais diferenças e características de ambos os sistemas estão exibidos no Quadro 11, a seguir:

**Quadro 11 - Comparativo de execução de argamassas por sistema mecanizados e sistema manual**

Sistema mecanizado	Sistema manual
Transporte até estoque geral	Transporte até estoque geral
Inspeção	Inspeção
Estoque geral	Estoque geral
Transporte até a central de argamassa	Transporte até a central de argamassa
Estoque na central de argamassa	Estoque na central de argamassa
Transporte até a argamassadeira	Transporte até a argamassadeira
Mistura da argamassa e água	Mistura da argamassa e água
Estoque no tanque de projeção	Estoque de argamassa pronta
Transporte mecanizado até o andaime (fluxo contínuo)	Transporte até local de uso
Aplicação, sarrafeamento e desempenho de argamassa	Estoque de argamassa pronta
	Transporte até o andar por balde
	Estoque de argamassa no andar
	Aplicação, sarrafeamento e desempenho de argamassa

**Fonte: Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (2008, p.7)**

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação de equipamentos para revestimentos verticais em argamassa: chapisco, emboço, reboco. Para isso, serão estudadas publicações acadêmicas acerca do assunto, dados publicados por construtoras que optaram pela adoção da mecanização do sistema de revestimentos, além das especificações disponibilizadas pelas fabricantes de máquinas de projeção. De posse desses dados, com a utilização de normas técnicas (NBRs), estudos baseados em ensaios, e análise financeira, será feita a comparação entre os métodos de argamassa revestida à mão e argamassa projetada mecanicamente.

O presente trabalho tem uma abordagem bibliográfica, que tem por característica, segundo Gil (2002, p. 44) o enfoque em material já elaborado, permitindo ao pesquisador “[...] a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Avaliação econômica

#### 4.1.1 Revestimento em fachada

A empresa BLW Construtora e Incorporadora realizou, em Belo Horizonte, um edifício de 923,57 m<sup>2</sup> de área construída com torre única, seis pavimentos, oito unidades e dezesseis vagas de garagens. Com o intuito de analisar a viabilidade da implementação de argamassa lançada mecanicamente, dividiu-se a área de fachada a ser revestida em argamassa em duas partes iguais de 1300 m<sup>2</sup>, nas quais uma recebeu a aplicação pelo método tradicional e a outra utilizando-se de equipamentos para projeção. De acordo com o engenheiro responsável, Breno Vinícius Alves, antes da adoção do sistema mecanizado, foi realizado um estudo prévio dentre outras empresas que já haviam passado por tais procedimentos. Segundo ele, embora tenham havido percalços no início, tais como falta de mão de obra especializada, a escolha fez-se adequada para o empreendimento em questão, reduzindo-se custos, encurtando-se prazos e atingindo-se níveis de qualidade superior aos esperados (GIRIBOLA, 2014).

Os resumos dos custos provenientes deste edifício estão expostos na Tabela 3 e 4, que mostram detalhadamente as despesas para argamassa aplicada pelo método tradicional e argamassa projetada mecanicamente, respectivamente. Nota-se que os gastos com material no método mecanizado são superiores ao método convencional, visto que a construtora decidiu adquirir argamassas industrializadas, buscando garantir uniformidade e consistência no produto. Porém, na comparação no item mão de obra, vê-se que o gasto referente ao método tradicional dista negativamente, e muito, àqueles referentes ao método mecanizado, pois este sistema não necessita de exagerado envolvimento humano, enquanto aquele baseia-se no trabalho majoritariamente humano. Em suma, como mostrado por Giribola (2014), a construtora obteve uma redução de 33% no custo final se levados apenas em conta os custos brutos do empreendimento. Além do mais, segundo o diretor da empresa, Wanderley Silva Fonseca, reduziu-se de 45 para 10 dias o tempo necessário à execução do revestimento vertical.

**Tabela 3 - Opção 1, fachada com argamassa projetada**

Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário		Custo total (R\$)	
			Material	Mão de obra	Material	Mão de obra
Argamassa industrializada para chapisco	m <sup>3</sup>	7,00	R\$ 298,00	R\$ -	R\$ 2.086,00	R\$ -
Argamassa industrializada para emboço	m <sup>3</sup>	61,00	R\$ 298,00	R\$ -	R\$ 18.178,00	R\$ -
Taxa de bombeamento para chapisco	m <sup>2</sup>	1.300,00	R\$ -	R\$ 5,00	R\$ -	R\$ 6.500,00
Taxa de bombeamento para emboço	m <sup>2</sup>	1.300,00	R\$ -	R\$ 11,00	R\$ -	R\$ 14.300,00
Mão de obra para sarrafejar e acertar as quinas da edificação (quatro pedreiros)	Dia	7,00	R\$ -	R\$ 398,55	R\$ -	R\$ 2.789,85
Mão de obra para colocação das taliscas na fachada para recebimento da argamassa projetada (quatro pedreiros)	Dia	3,00	R\$ -	R\$ 398,55	R\$ -	R\$ 1.195,65
Mão de obra para custo administrativo da obra	Dia	10,00	R\$ -	R\$ 303,03	R\$ -	R\$ 3.030,30
Andaime fachadeiro, metálico, modular, tubular com diagonal em xis de travamento	Dia	10,00	R\$ 97,50	R\$ -	R\$ 975,00	R\$ -
Água	m <sup>3</sup>	6,60	R\$ 13,50	R\$ -	R\$ 89,10	R\$ -
Energia elétrica	kWh	181,50	R\$ 0,70	R\$ -	R\$ 127,05	R\$ -
<b>Custo total (R\$)</b>					<b>R\$ 21.455,15</b>	<b>R\$ 27.815,80</b>
Custo total geral (R\$)						R\$ 49.270,95

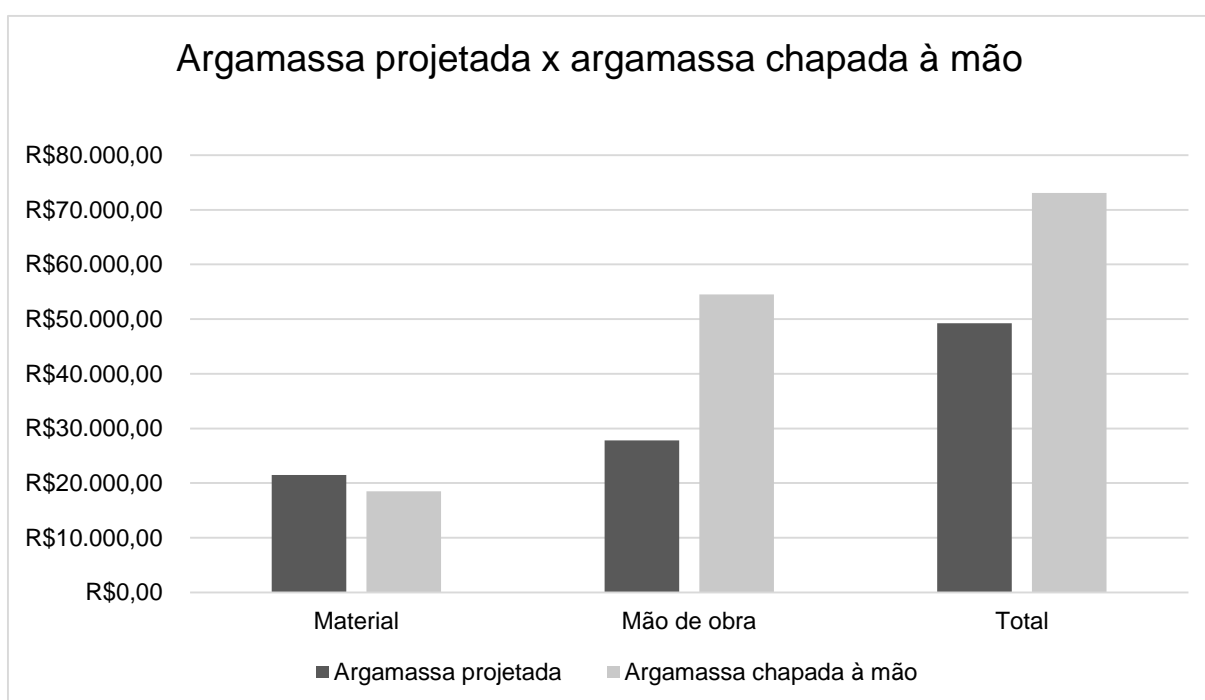
**Fonte: Giribola (2014)**

**Tabela 4 - Opção 2, fachada com argamassa chapada à mão**

Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)			Custo total (R\$)		
			Material	Mão de obra		Material	Mão de obra	
Areia lavada tipo média para produção de argamassa traço 1:3	m³	45,33	R\$ 55,00	R\$ -		R\$ 2.493,15	R\$ -	
Cimento Portland CP II, saco de 50 kg para produção de argamassa traço 1:3	uni.	595	R\$ 17,90	R\$ -		R\$ 10.650,50	R\$ -	
Mão de obra para movimentação interna de material - areia e cimento (dois ajudantes)	Dia	2	R\$ -	R\$ 137,00		R\$ -	R\$ 274,00	
Mão de obra para chapar, sarrafear e acertar as quinas da edificação (quatro pedreiros)	Dia	45	R\$ -	R\$ 398,55		R\$ -	R\$ 17.934,75	
Mão de obra para produção de argamassa (cinco ajudantes)	Dia	45	R\$ -	R\$ 342,50		R\$ -	R\$ 15.412,50	
Mão de obra para operador de guincho	Dia	45	R\$ -	R\$ 80,95		R\$ -	R\$ 3.642,75	
Mão de obra para operador de betoneira	Dia	45	R\$ -			R\$ -	R\$ -	
Mão de obra para custo administrativo da obra	Dia	45	R\$ -	R\$ 80,95		R\$ -	R\$ 3.642,75	
Andaime fachadeiro, metálico, modular, tubular com diagonal xis de travamento	Dia	45	R\$ 97,40	R\$ 303,03		R\$ 4.383,00	R\$ 13.636,35	
Água	m³	30	R\$ 13,50	R\$ -		R\$ 405,00	R\$ -	
Energia elétrica	kWh	825	R\$ 0,70	R\$ -		R\$ 577,50	R\$ -	
<b>Custo total (R\$)</b>						<b>R\$ 18.509,15</b>	<b>R\$ 54.543,10</b>	
Custo total geral (R\$)							R\$ 73.052,25	

Fonte: Giribola (2014)

Dos resultados provenientes da comparação descrita acima, percebe-se que a diferença financeira que a BLW Construtora & Incorporadora obteve entre os processos foi de aproximadamente R\$ 24.000. O Gráfico 1 ilustra essa diferença, sendo que os dados à esquerda representam a argamassa projetada mecanicamente e os dados à direita, manualmente.



**Gráfico 1 - Argamassa projetada vs. argamassa chapada à mão**

**Fonte: Giribola (2014)**

#### 4.1.2 Revestimento interno

Há também casos nos quais a empresa fez a comparação entre argamassa projetada e argamassa chapada à mão para revestimentos internos. É o caso da construtora MBigucci que, de acordo Oliveira (2015), realizou na cidade de São Paulo um edifício residencial, sendo uma torre única com noventa unidades de dois e três pavimentos, totalizando 7.102 m<sup>2</sup> de área construída. Ainda segundo o mesmo autor, para o engenheiro responsável Allan Santiago, a escolha de argamassa projetada baseou-se na agilidade na qual é possível realizar o revestimento vertical: 100 m<sup>2</sup> por dia, sendo que, em contrapartida, o processo tradicional de revestimento à mão faz, em média, 25 m<sup>2</sup> diários. Para a realização do trabalho, a construtora contratou uma empreiteira, que ficou responsável por levar o maquinário até a construção. Por se



tratar de um equipamento relativamente leve e de fácil manuseio, foi possível movimentá-la até o andar cujo estaria sendo realizada a projeção, facilitando a mistura e o lançamento.

**Figura 2 - Mistura e projeção de argamassas mecanicamente projetadas**



**Fonte: Oliveira (2015)**

Para a execução do revestimento projetado, utilizou-se de argamassa industrializada com o objetivo de se atingir maior qualidade e constância nos resultados. O uso desta argamassa em especial faz com que o chapisco não seja necessário, otimizando o tempo de execução e reduzindo gastos. Os dados referentes à execução estão mostrados na Tabela 5.

Já a argamassa chapada à mão requer uma gama maior de etapas, resultando em prazos extensos e maior interferência no orçamento. Para este caso em especial, a quantidade de mão de obra ativa no revestimento não diferiu entre os processos distintos. Houve, no entanto, a realocação de tarefas para que houvesse uma sinergia entre as frentes de trabalho, como afirma Oliveira (2015). O resumo está exposto na Tabela 6.

**Tabela 5 - Opção 1, revestimento interno revestido mecanicamente**

Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)		Custo total (R\$)	
			Material	Mão de obra	Material	Mão de obra
Argamassa industrializada para revestimento interno fino (esp: 1,5 cm/m <sup>2</sup> )(1,4 m <sup>2</sup> /saco 40 kg)	m <sup>2</sup>	5.750,00	R\$ 3,43	R\$ -	R\$ 19.722,50	R\$ -
Mão de obra para execução de revestimento em argamassa projetada	m <sup>2</sup>	5.750,00	R\$ -	R\$ 16,80	R\$ -	R\$ 96.600,00
Água para argamassa industrializada	m <sup>3</sup>	17,25	R\$ 20,00	R\$ -	R\$ 345,00	R\$ -
<b>Custo Total (R\$)</b>					<b>R\$ 20.067,50</b>	<b>R\$ 96.600,00</b>
Custo Total Geral (R\$)						R\$ 116.667,50

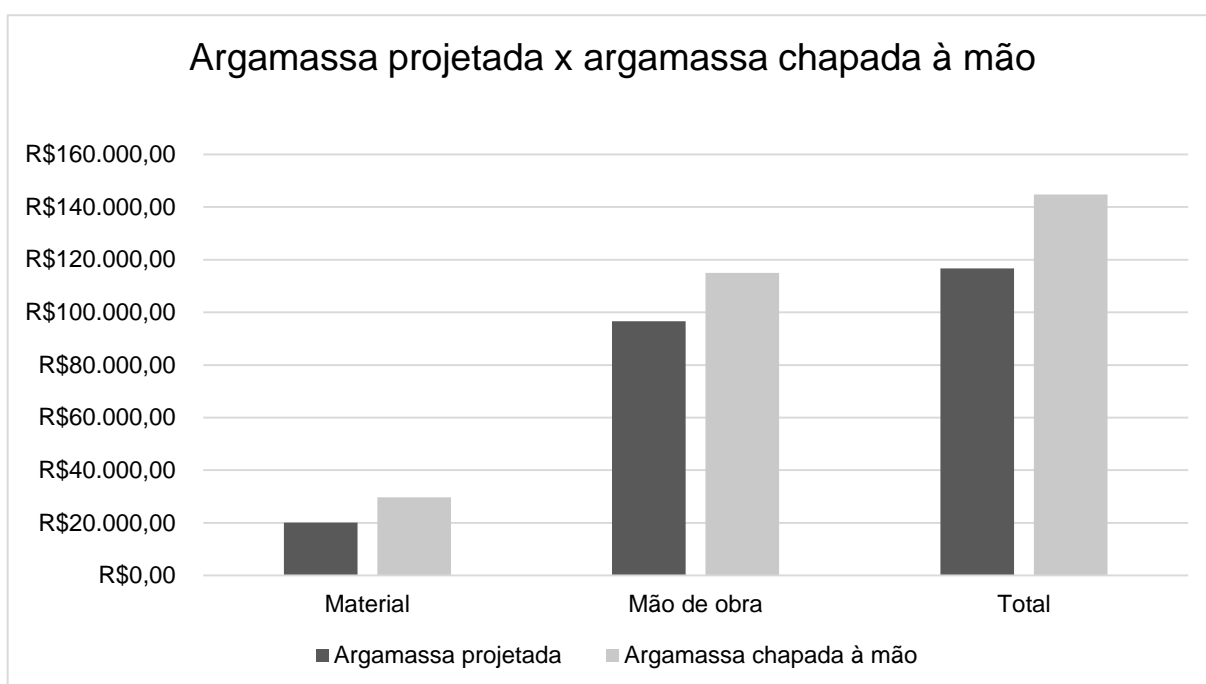
Fonte: Oliveira (2015)

**Tabela 6 - Opção 2, revestimento interno revestido à mão**

Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)		Custo total (R\$)	
			Material	Mão de obra	Material	Mão de obra
Argamassa industrializada para revestimento interno múltiplo uso (esp: 1,5 cm/m <sup>2</sup> )(1,4 m <sup>2</sup> /saco 40 kg)	m <sup>2</sup>	5.750,00	R\$ 3,07	R\$ -	R\$ 17.652,50	R\$ -
Água para argamassa industrializada	m <sup>3</sup>	17,25	R\$ 20,00	R\$ -	R\$ 345,00	R\$ -
Areia lavada tipo média para produção de chapisco	m <sup>3</sup>	35,08	R\$ 69,00	R\$ -	R\$ 2.420,52	R\$ -
Cimento CP II E 32 (posto distribuidor) para produção de chapisco	kg	13.972,50	R\$ 0,38	R\$ -	R\$ 5.309,55	R\$ -
Adesivo à base de PVA para chapisco	l	1.725,00	R\$ 2,25	R\$ -	R\$ 3.881,25	R\$ -
Água para chapisco	m <sup>3</sup>	6,21	R\$ 20,00	R\$ -	R\$ 124,20	R\$ -
Mão de obra para execução de chapisco em parede interna	m <sup>2</sup>	5.750,00	R\$ -	R\$ 2,00	R\$ -	R\$ 11.500,00
Mão de obra para execução de revestimento interno com argamassa	m <sup>2</sup>	5.750,00	R\$ -	R\$ 18,00	R\$ -	R\$ 103.500,00
<b>Custo Total (R\$)</b>					<b>R\$ 29.733,02</b>	<b>R\$ 115.000,00</b>
Custo Total Geral (R\$)						R\$ 144.733,02

Fonte: Oliveira (2015)

A construtora MBigucci reduziu em 19% o custeio desse processo a partir dessa importante mudança (OLIVEIRA, 2015). Vale ressaltar que a empresa sugere cautela e paciência caso deseje-se adotar procedimentos por argamassa projetada, pois esta requer a capacitação de funcionários e a adaptação de vários setores dependentes para que se alcance sucesso ao final da obra.



**Gráfico 2 – Custos: argamassa projetada vs. argamassa chapada à mão**

**Fonte: Oliveira (2015)**

Em outro estudo de caso, realizado em Belo Horizonte, Tavares e Sommerfold (2014), analisaram e compararam o desempenho de argamassas projetadas e argamassas chapadas à mão com o intuito de descobrir as vantagens técnicas e operacionais daquela. Para a realização deste estudo, os autores acompanharam a execução de um edifício em Belo Horizonte/MG de um bloco, seis pavimentos, quatro apartamentos por pavimento, sendo que no último pavimento há apenas dois apartamentos, totalizando, por andar, 932,61 m<sup>2</sup> de revestimentos em argamassa (167,36 m<sup>2</sup> internos e 765,25 m<sup>2</sup> externos).

Os autores constataram que o absenteísmo presente nas equipes que trabalham com argamassa projetada mecanicamente é de aproximadamente quatro vezes menor que aquele presenciado em equipes que trabalham com argamassas chapadas à mão. O benefício proporcionado à vida do funcionário – menos dores,

menos trabalho braçal, etc. – é uma variável de extrema importância devido à dura jornada de trabalho diário que ele enfrenta.

#### 4.1.3 Produtividade

Em um estudo de caso realizado em Porto Alegre-RS, Paravisi (2008) buscou comparar o desempenho técnico e produtivo de argamassas utilizando-se de bombas de projeção, e o sistema manual. Para tanto, confrontou-se resultados obtidos a partir da execução de planos de fachadas divididos igualmente em quantidade de área e características. Para o cálculo da produção, a autora usou de duas fórmulas matemáticas simples e de fácil compreensão para que se meça quantitativamente o desempenho dos operários. Desta forma é possível realizar uma comparação numérica entre os dois sistemas. As equações utilizadas foram:

$$Produtividade = \frac{Hh}{A}$$

#### Equação 2 - Produtividade homem-hora

Onde: Hh = homens-hora utilizados na produção

A = área de fachada produzida (m<sup>2</sup>)

$$Produtividade = \frac{A}{N}$$

#### Equação 3 - Produtividade por relação área/pedreiro

Onde: A = área da fachada produzida por dia (m<sup>2</sup>/dia)

N = números de pedreiros necessários à realização de “A”

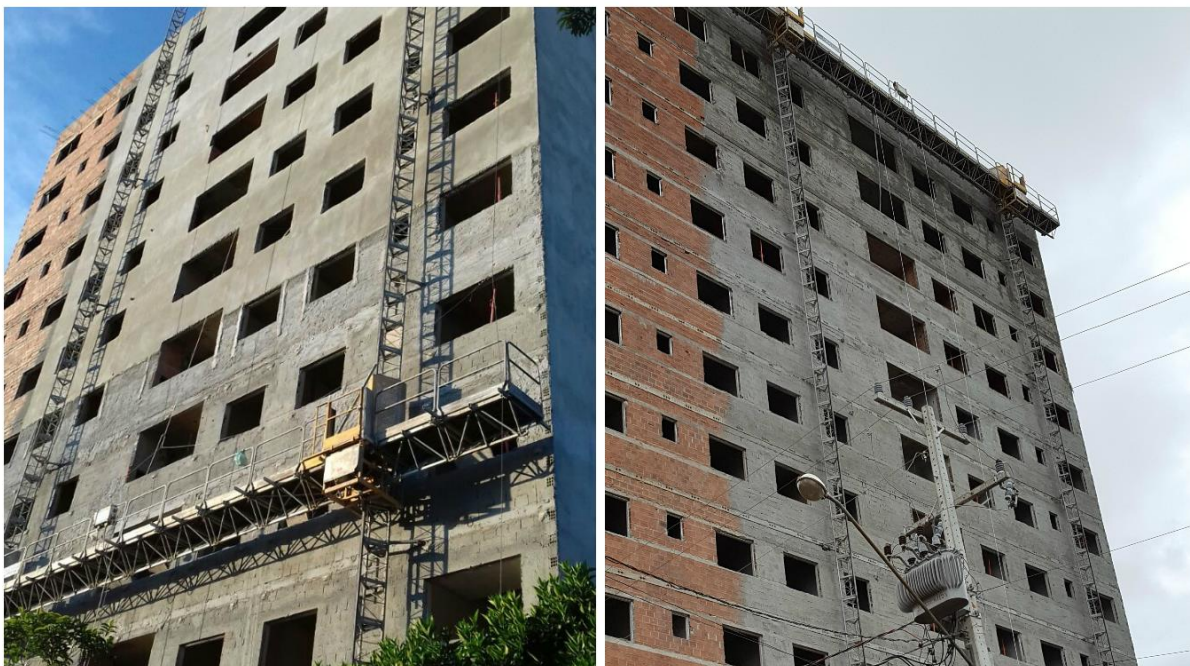
**Tabela 7 - Média de produtividade dos sistemas**

Sistema	Produtividade	
	(Hh/m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /dia/pedreiro)
Sistema mecanizado	1,14	14,79
Sistema manual	1,00	16,43

Fonte: Paravisi (2008, p. 129)

Inesperadamente os dados mostraram que o sistema mecanizado obteve resultados inferiores àqueles obtidos pelo sistema manual. A autora deduz que a menor produtividade do sistema mecanizado se dá pela dificuldade de se lubrificar o mangote de projeção, pois o mesmo encontrava-se frequentemente entupido, algo que constantemente prejudicava o início dos trabalhos e conseqüentemente influenciou negativamente na produtividade da equipe mecanizada. Para ela, são três os principais fatores que contribuíram para esses resultados: baixa qualificação profissional de mão de obra, possíveis problemas na composição das argamassas (produzida na obra), e deficiências do equipamento.

Na cidade de Pato Branco-PR está sendo construído um edifício de 15 pavimentos com aproximadamente 15 mil m<sup>2</sup> - de acordo com o responsável pelo revestimento – de área a ser revestida interna e externamente, que receberão argamassa projetada mecanicamente. De acordo com o empreiteiro, os custos giram em torno de 16 reais por metro quadrado para revestimento interno e 26 para revestimento externo. Como não houve a discriminação por parte do empreiteiro da quantidade de áreas internas e externas torna-se impossível o cálculo do custo total desta etapa construtiva. Segundo o empreiteiro, houve a necessidade de capacitar a mão de obra, ainda acostumada ao antigo método. Para o bom andamento dos serviços, são necessários três operários por frente de trabalho: um abastecendo a máquina, outro projetando e um terceiro sarrafeando. Hoje, segundo ele, a produção gira em torno de 100 m<sup>2</sup> diários por máquina, sendo que há duas máquinas disponíveis.



**Figura 3 - Fachadas externas**

**Fonte: Autoria própria (2016)**

Em um primeiro momento havia se optado pela argamassa chapada à mão, que levaria aproximadamente oito meses para ser concluída; no entanto adotou-se argamassa projetada mecanicamente, sendo previstos quatro meses até a sua conclusão. Um ganho de quatro meses para a construtora. Mais uma vez, a argamassa utilizada é a industrializada, propiciando menor variabilidade de resultados no produto final. Embora haja um receio inicial a respeito da demanda existente no mercado, o empreiteiro afirma que desde que adquiriu o maquinário a procura tem sido constante, resultando em plena atividade desde então.



#### Figura 4 - Equipamento e argamassa utilizados

Fonte: Autoria própria (2016)

Tavares e Sommerfold (2014), em seus estudos realizados em Belo Horizonte-MG mensuraram a produtividade de diferentes equipes que realizaram os dois métodos de revestimentos separadamente. Por se tratar de um processo com menos etapas, a argamassa estabilizada projetada mecanicamente teve um desempenho consideravelmente maior, como mostrado na Tabela 8, a seguir:

**Tabela 8 - Custos do sistema para revestimentos**

Custos dos sistemas para revestimentos (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo de aplicação (R\$)		Custo material (R\$)	Total (R\$)	Produtividade
	Lançamento	Sarrafa/Acaba			
Argamassa rodada em obra aplicada manualmente		24	11	35	60 m <sup>2</sup> /dia
Argamassa ensacada projetada		20	9,6	30	100 m <sup>2</sup> /dia
<b>Argamassa estabilizada projetada</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>7,75</b>	<b>26</b>	<b>320 m<sup>2</sup>/dia</b>

Fonte: Tavares e Sommerfold (2014, p. 19)

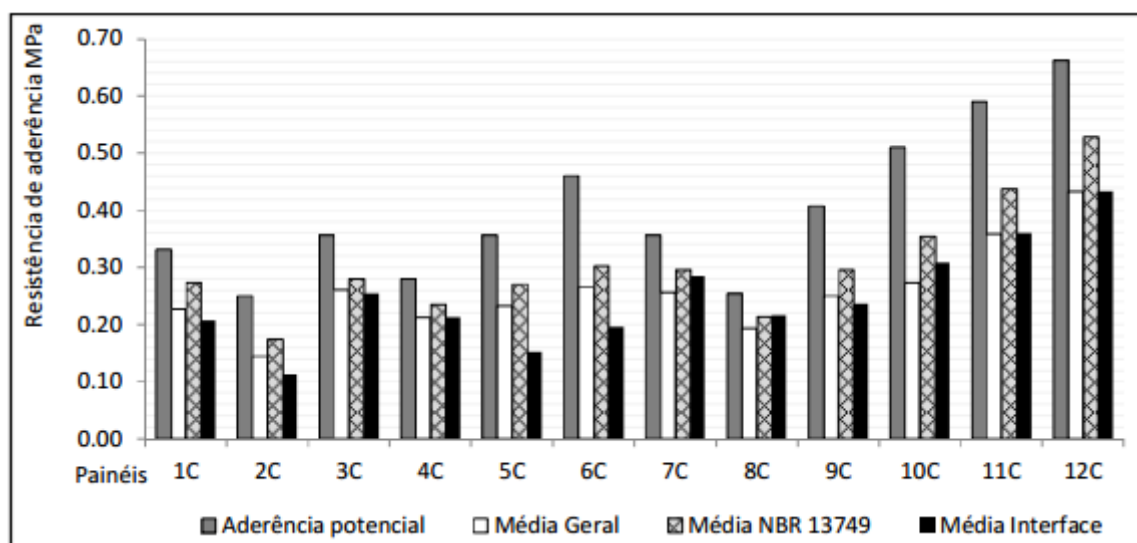
## 4.2 Avaliação técnica

No caso estudado por Paravisi (2008), a presença de patologias (fissuração de retração) no sistema mecanizado foi exorbitante menor que as encontradas no sistema manual. Das cinco fachadas monitoradas, em apenas duas foi possível encontrar fissuração, sendo apenas um caso em cada uma das fachadas; já para o sistema manual foram observados cento e duas fissurações ao longo das sete fachadas monitoradas. Em apenas uma delas foram encontradas sessenta e oito fissuras. A autora supõe que essas patologias foram ocasionadas devido à não se terem respeitado o tempo cuja argamassa leva para iniciar o processo de cura.

### 4.2.1 Qualidade das argamassas

Em um estudo visando comparar diversos fatores que influenciam a qualidade da argamassa como produto final, Zanelatto (2012) realizou experimentos

confrontando a aderência inicial à tração e avaliação visual em argamassas mecanicamente projetadas e argamassas chapadas à mão. Os dados referentes às argamassas chapadas a mão e projetadas mecanicamente são, respectivamente, exibidos com 10C e 12C, que são nomenclaturas para diferentes painéis realizados nos ensaios. Neste ensaio, as paredes receberam duas demãos de argamassa com desempenadeira (10C) e duas demãos com projetor (12C).



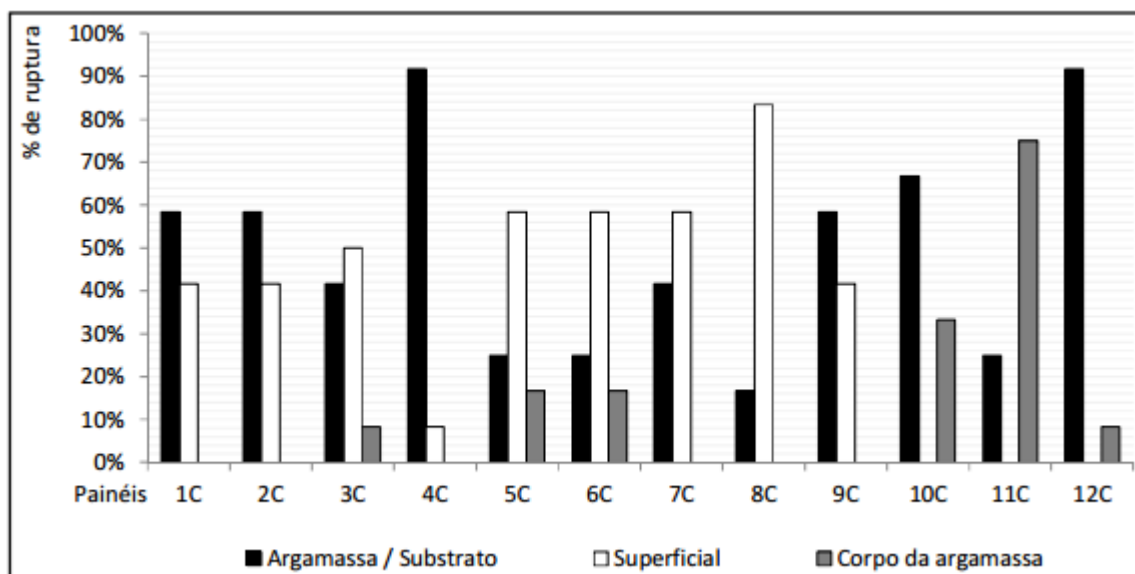
**Gráfico 3 - Resistência de aderência à tração**

Fonte: Zanelatto (2012, p. 97)

O gráfico demonstra os valores obtidos nos ensaios de resistência à tração para diferentes painéis revestidos com argamassas obedecendo diversas variáveis. Nota-se que a resistência de aderência média, de acordo com a NBR 13749 – descartando-se 33% dos menores valores –, atingida pela argamassa projetada mecanicamente é de aproximadamente 0,10 MPa maior que a resistência atingida pelas argamassas chapadas à mão.

Já em novos testes (Gráfico 4) onde se observava onde haveria a incidência de ruptura dos corpos de prova, Zanelatto (2012) demonstra que a ocorrência de ruptura superficial no revestimento não é influenciada pela forma de aplicação. Em contrapartida, é possível perceber que a incidência de ruptura no corpo da argamassa é menor quando projetada mecanicamente em relação à argamassa chapada à mão. Porém, os dados demonstram que as argamassas projetadas sofrem mais no quesito argamassa/substrato que as argamassas chapadas à mão.





**Gráfico 4 - Porcentagem da incidência das três formas de ruptura dos corpos de prova**

Fonte: Zanelatto (2012, p. 97)

Outro estudo, realizado por Oliveira e Rocha (2014), procurou verificar a aderência para diferentes argamassas aplicadas de formas distintas: manualmente, por spray e projeção contínua. Mantendo-se os mesmos condicionantes em termos de substrato e variando-se o tipo de argamassa (industrial ou usinada), método de aplicação, existência ou não de chapisco, condições de umidade e cura, realizou-se o revestimento de nove painéis semelhantes. O Quadro 12 resume o método de trabalho realizado pelos autores:

**Quadro 12 - Síntese dos métodos adotados**

Painel	Equipe	Argamassa	Aplicação
P1	Equipe 2	Industrializada	Manual
P2	Equipe 1	Industrializada	Bomba
P3	Equipe 1	Industrializada	Caneca
P4	Equipe 2	Industrializada	Manual
P5	Equipe 2	Industrializada	Manual
P6	Equipe 2	Industrializada	Manual
P7	Equipe 1	Industrializada	Bomba
P8	Equipe 2	Usinada	Manual
P9	Equipe 2	Usinada	Manual

Fonte: Oliveira e Rocha (2014, p. 24)

Após a realização da aplicação das argamassas nas nove paredes, utilizou-se da NBR 13528 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração de (ASSOCIAÇÃO, 2010) para o ensaio de determinação de resistência à tração, fornecendo valores de tração, que é, segundo a Norma, “[...] a tensão máxima suportada por uma área limitada de revestimento (corpo de prova), na interface de avaliação, quando submetido a um esforço normal de tração”. Os resultados encontrados podem ser vistos na Tabela 9, que se segue:

**Tabela 9 - Resumo geral dos ensaios relativos à aderência**

Painel	Argamassa	Aplicação	Chapisco	Condições de umidade da base	Cura do revestimento	Umidade no ensaio	Média (Mpa)	Atende à norma?
P1	Industr.	Manual	Não	Não	Não	Seco	0,19	Não
P2	Industr.	Bomba	Não	Não	Não	Seco	0,44	Sim
P3	Industr.	Caneca	Não	Não	Não	Seco	0,49	Sim
<b>P4</b>	<b>Industr.</b>	<b>Manual</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Seco</b>	<b>0,21</b>	<b>Não</b>
P5	Industr.	Manual	Não	Sim	Não	Seco	0,17	Não
P6	Industr.	Manual	Não	Sim	Não	Úmido	0,13	Não
P7	Industr.	Bomba	Sim	Sim	Sim	Seco	0,68	Sim
P8	Usinada	Manual	Sim	Sim	Sim	Seco	0,57	Sim
P9	Usinada	Manual	Sim	Não	Não	Seco	0,41	Sim

Fonte: Oliveira e Rocha (2014, p. 34)

Como observado, os painéis que não atenderam à norma foram executados de forma manual, com seus valores variando entre 0,13 MPa e 0,19 MPa – exceto P4, que atingiu o valor de 0,21 MPa e poderia ser usado para paredes internas ( $R_a \geq 0,20$ ). Em contrapartida, todos os painéis executados mecanicamente, seja por projeção por spray ou por projeção contínua, atendem à norma. É importante notar que as argamassas mecanicamente projetadas atenderam às normas mesmo quando não houve presença de chapisco, indicando que, para casos específicos como esse em alvenaria em blocos de concreto, há a possibilidade de se dispensar o uso de chapisco, quando analisado estudos prévios.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desse trabalho é avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização da argamassa projetada em relação à argamassa convencional. Para tal, utilizou-se de uma revisão bibliográfica acerca do tema.

Em relação à viabilidade técnica, de acordo com os resultados obtidos, a implementação do sistema de argamassas mecanicamente projetadas se faz viável. Como observado por Zanelatto (2012) e Oliveira e Rocha (2014), as argamassas mecanicamente projetadas tendem a responder melhor às normas brasileiras, uma vez que, como exposto, estas atingem valores mais adequados no que se refere à NBR 13528 – Revestimentos de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Esses resultados podem ser explicados devido à regularidade na energia de lançamento existente nos projetores mecânicos (bombas ou spray) e por estes não sofrerem interferências externas, tais como cansaço físico.

Esse resultado só é possível desde que sejam inseridas análises específicas por parte da empresa e, muitas vezes, que se altere todo o processo de execução de revestimento. Essas alterações começam com o elemento-chave na construção civil: a mão de obra. A capacitação dos funcionários é extremamente importante para que se haja sucesso em qualquer segmento, pois grande parte dos operários tem baixa escolaridade e se baseiam no saber adquirido por experiência. Paralelamente, detalhes técnicos por parte da gerência devem ser observados e aprimorados, como por exemplo o projeto de argamassas, muitas vezes não recebendo a devida importância. O projeto de argamassas é crucial para que detalhes construtivos, técnicos e executivos não sejam negligenciados e que decisões importantes sejam tomadas previamente à execução, reduzindo desperdícios e tempo, gerando economia e aumentando a competitividade.

Já na avaliação da viabilidade econômica, verificou-se que as argamassas projetadas mecanicamente podem contribuir para maiores reduções de gastos, como foram os casos 1 e 2 demonstrados nos Tabelas 3 e 4, 5 e 6, respectivamente. No primeiro caso, para revestimentos externos, houve uma redução de 33% nos custos e de trinta e cinco dias no prazo, proporcionando mais flexibilidade de datas nos processos subsequentes. No segundo caso, agora tratando-se de revestimento interno, a companhia em questão reduziu em 19% os custos se comparados ao

processo de argamassas chapadas à mão. A produtividade, como Paravisi (2008), Tavares e Sommerfold (2014), e análises pessoais constataram, é nitidamente afetada pela inserção do sistema de argamassas mecanicamente projetadas. Isso é válido quando há a capacitação dos operários, pois caso contrário, argamassas chapadas à mão podem ser tão produtivas quanto argamassas projetadas. Este caso pode ocorrer quando a ociosidade existente na linha de produção afeta diretamente o decorrer da execução, como demonstrado por Paravisi (2008).

Assim sendo, é perceptível que com planejamento, análise e capacitação técnica as argamassas mecanicamente projetadas podem ser o ponto inicial para a modernização no canteiro de obras, pois os revestimentos verticais exercem papel fundamental na concretização de qualquer empreendimento.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Requisitos, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528**: Revestimento de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassa inorgânicas, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho de edificações habitacionais, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de Revestimentos de Argamassa**. São Paulo: ABCP, 2012, 104 f.

BAÍÁ, Luciana L. M.; SABBATINI, Fernando H. **Projeto e Execução de Revestimentos de Argamassa**. 4. ed. São Paulo: Nome da Rosa, v. 1, 2008.

BASTOS, Pedro K. X; NAKAKURA, Elza H.; CINCOTTO, Maria A. **Comparação da retração de argamassas industrializadas e mistas de revestimentos nos estados fresco e endurecido**. 11 f. In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Florianópolis, 2005.

BAUER, Falcão L. A. **Materiais de Construção**: Novos materiais para construção civil. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2010.

BOSCHMAN, Julitta S; FRINGS-DRESEN, M.; VAN DER MOLEN, Henk F. **Use of Ergonomic Measures Related to Musculoskeletal Complaints among Construction Workers: A 2-year Follow-up Study**. US National Library of Medicine, jan. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26106507>> Acesso em: 24 set. 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Caderno de casos de inovação na construção civil**. Programa Inovação Tecnológica, 2011. Disponível em: <[http://cbic.org.br/1caderno\\_inovacao/CBIC\\_PIT\\_Caderno%20Cases\\_2011.pdf](http://cbic.org.br/1caderno_inovacao/CBIC_PIT_Caderno%20Cases_2011.pdf)> . Acesso em 25 set. 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Sistema de produção de revestimentos de fachada à base de argamassa com bomba**. 15º

Concurso Falcão Bauer, 2008. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/premioinovacaoesustentabilidade/baixar2.php?file=SISTEMA%20DE%20PRODU%C3%87%C3%83O%20DE%20REVESTIMENTOS.pdf>>. Acesso em 16 set. 2016.

CARASEK, Helena. **Garantindo o desempenho de revestimentos de argamassa**. In: VII Semana Pensando em Argamassa. 2007. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <<http://www.nst.ufba.br/files/Helena%20Carasek.pdf>>. Acesso em: 13 de set. 2016.

CARASEK, Helena. **Argamassas**. Instituto Brasileiro do Concreto. 2011. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <[http://aquarius.ime.eb.br/~moniz/matconst2/argamassa\\_ibracon\\_cap26\\_apresentacao.pdf](http://aquarius.ime.eb.br/~moniz/matconst2/argamassa_ibracon_cap26_apresentacao.pdf)>. Acesso em 13 de set. 2016.

COSTA, Marianne da. **Tecnologia das argamassas**. 81 p. Notas de Aula. Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, 2010. Disponível em: <<http://iseibfacige.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2013/05/Argamassas.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2015.

CEOTTO, Luiz H.; BANDUK, Ragueb C.; NAKAKURA, Elza H. **Revestimentos de Argamassas. Boas práticas em projeto, execução e avaliação**. Programa de Tecnologia de Habitação, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <[http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/capas\\_rt\\_1.pdf](http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/capas_rt_1.pdf)> Acesso em: 13 set. 2016.

DJANIKIAN, João G; MARTINS NETO, Antonio A. A. **Aspectos de desempenho da argamassa dosada em central**. – São Paulo: EPUSP, 1999. 27 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/235).

DRYSDALE, Robert G; HAMID, Ahmid A; BAKER, Lawrie R. **Masonry Structures: Behavior and Design**. The Masonry Society, 1994.

DUBAJ, Eduardo. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre**. 2000. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/2442>>. Acesso em: 15 mai. 2015, 18:43.

FERREIRA, Beatriz B. D. **Tipificação de patologias em revestimentos argamassados**. 2010. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/ISMS-85UM2E>>. Acesso em: 17 mai. 2015, 14:50.

FRAGA, Nayara. **Após a pior queda em 14 anos, PIB da construção deve crescer 1% em 2015**. ESTADÃO, São Paulo, p. 25, dez. 2014. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,apos-a-pior-queda-em-14-anos-pib-da-construcao-deve-crescer-1-em-2015-imp-,1611905>>. Acesso em 13 mai. 2015.

FREITAS, Clerverson de. **Argamassas de revestimento com agregados miúdos de britagem da região metropolitana de Curitiba: propriedades no estado fresco e**

endurecido. 2010. 135 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em: <<http://www.prppg.ufpr.br/ppgcc/sites/www.prppg.ufpr.br/ppgcc/files/dissertacoes/d0139.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2015, 20:07.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIRIBOLA, Maryana. **Argamassa projetada X argamassa chapada à mão**: Além do custo, qualidade do revestimento e tempo de execução foram as principais condicionantes para escolha de revestimento de fachada. *Construção Mercado*, Ed. 158, set. 2014.

GIRIBOLA, Maryana. **Construtora compara argamassa virada em obra com argamassa industrializada e obtém economia de 32,6% na etapa de revestimento interno**. *Construção Mercado*, jan. 2015.

HELENE, Paulo R. L.; SELMO, Sílvia M. S. **Dosagem de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachadas dos edifícios**. – São Paulo: EPUSP, 1991. 10 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/39).

KARPINSK, Luisete A. *et al.* **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil**. Uma abordagem ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: Edipucrs, 2009. 163 p. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/gestaoderesiduos.pdf>>. Acesso em 24 abr. 2015.

KISS, Paulo. **Reflexão**: inimiga da produtividade. *Téchne*. Ed. 39, mar. 1999.

LEME, Pedro H. P. **Produtividade em obras**: um estudo do processo executivo de argamassa projetada em Belo Horizonte, Minas Gerais. 43 f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2015. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-A3YG5P/monografia\\_pedro\\_henrique\\_paes\\_leme.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-A3YG5P/monografia_pedro_henrique_paes_leme.pdf?sequence=1)>. Acesso em 18 out. 2016.

LEMOS, Ricardo A. **Técnicas de revestimentos em argamassa projetada**. 2010. 51 f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg3/136.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2016.

MACIEL, Luciana L.; MELHADO, Silvio B. **A inserção do projeto de revestimentos de argamassa de fachada no processo de produção do edifício**. – São Paulo: EPUSP, 1997. 28 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/189).

MEDEIROS, Dário M. M. **A importância da ergonomia na construção civil**: uma revisão. 2007. 25 p. Artigo (Especialização em Ergonomia). Faculdade Cruzeiro do Sul, Goiânia, 2013. Disponível em: <[www.ceafi.com.br/publicacoes/download/a750e8953a2529b6dc2ab270f1a334048](http://www.ceafi.com.br/publicacoes/download/a750e8953a2529b6dc2ab270f1a334048)>. Acesso em: 25 set. 2016.

MIRANDA, Leonardo F. R; SELMO, Sílvia M.S. **Desempenho de revestimentos de argamassa com entulho reciclado**. – São Paulo: EPUSP, 2001. 12 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/277).

MOURA, Cristiane B. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto**: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco. 2007. 232 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/13517>>. Acesso em: 12 mai. 2015, 20:39.

NAKAKURA, Elza H; CINCOTTO, Maria A. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento**. - São Paulo: EPUSP, 2004. 20 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/359).

OLIVEIRA, Evelyn. **Revestimento interno com argamassa chapada à mão x projetada**. Construção Mercado, Ed. 166, p. 18, abr. 2015. Acesso: 22 set. 2016. Disponível em: < <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/166/revestimento-interno-com-argamassa-chapada-a-mao-x-projetada-344964-1.aspx>>. Acesso em: 18 set. 2016.

OLIVEIRA, Gabriel J. A; ROCHA, Guilherme A. **Influência do método de aplicação sobre o desempenho de aderência de revestimentos de argamassa**. 2014. 72 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014. Disponível em: <[https://www.eec.ufg.br/up/140/o/INFLUÊNCIA\\_DO\\_MÉTODO\\_DE\\_APLICAÇÃO\\_SOBRE\\_O\\_DESEMPENHO\\_DE\\_ADERÊNCIA\\_DE\\_REVESTIMENTOS\\_DE\\_ARGAMASSA.pdf](https://www.eec.ufg.br/up/140/o/INFLUÊNCIA_DO_MÉTODO_DE_APLICAÇÃO_SOBRE_O_DESEMPENHO_DE_ADERÊNCIA_DE_REVESTIMENTOS_DE_ARGAMASSA.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2016.

PARAVISI, Sandra. **Avaliação de sistemas de produção de revestimentos de fachada com aplicação mecânica manual de argamassa**. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/12561>>. Acesso em 20 set. 2016.

PEREIRA, Cláudio H. A. *et al.* **Sistemas de transporte de argamassa em canteiro de obras por meio da racionalização**. In: IV Encontro tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura. Brasília, 2003. Universidade de Brasília. Disponível em: <[http://www.dec.uem.br/eventos/enteca\\_2003/Temas/tema3/087.PDF](http://www.dec.uem.br/eventos/enteca_2003/Temas/tema3/087.PDF)>. Acesso em: 23 out. 2016.

REIS, Pâmela. **Argamassa**: usinada ou virada em obra? Construção Mercado. Ed. 100, nov. 2009. Disponível em: < <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/100/artigo298736-1.aspx>>. Acesso em 10 out. 2016.



RODRIGUES, Alex H. **Estanqueidade de alvenaria revestida com diferentes argamassas e acabamentos**: aplicação da NBR 15575-4/2008. 2010. 72 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/28553>>. Acesso em: 18 mai. 2015.

SALGADO, Bárbara B. **Comparativo entre sistemas de revestimento de fachada monocapa e convencional**: estudo exploratório. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2139/1/CT\\_EPC\\_2013\\_1\\_11.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2139/1/CT_EPC_2013_1_11.pdf)>. Acesso em: 22 set. 2016.

SANTOS, Heraldo B. dos S. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. 2008. 50 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Heraldo%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2015, 14:09.

SILVA, Cláudio O.; NAKAKURA, Elza H. **A utilização de argamassa de revestimento em obras de pequeno porte**: Avaliação de estudo de caso de argamassa preparada em obra x argamassa industrializada. 12 f. Artigo - Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. Disponível em: <<http://www.demc.ufmg.br/tec3/Argamassa%20Preparada%20em%20Obra%20x%200Argamassa%20Industrializada.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2016.

SOUZA, Ubiraci E. L. *et al.* **Recomendações gerais quanto à localização e tamanho dos elementos de canteiros de obras**. – São Paulo: EPUSP, 1997. 19 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/178).

SOUZA, Ubiraci E. L. *et al.* **Perdas de materiais no canteiro de obras**: a quebra do mito. 11 f. Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 1998. Disponível em: <<http://www2.sorocaba.unesp.br/professor/mancini/arquivos/rsu/Perdas%20na%20Construção%20Civil.pdf>>. Acesso em 11 set. 2016.

STALL, Gustavo H. *et al.* **Avaliação ergonômica na preparação de argamassas utilizando misturadores**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <[fiepbulletin.net/index.php/fiepbulletin/article/download/86.a1.78/12066](http://fiepbulletin.net/index.php/fiepbulletin/article/download/86.a1.78/12066)>. Acesso em: 15 out. 2016.

TAVARES, Caio H. S. P; SOMMERFOLD, K. **Produtividade em obras**: um estudo do processo executivo de argamassa projetada em Belo Horizonte, Minas Gerais. 25 f. Disponível em: <[http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta\\_upload/artigos/a119.pdf](http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a119.pdf)>. Acesso em: 7 out. 2016.

TRISTÃO, Fernando A. **Influência dos parâmetros textuais das areias nas propriedades das argamassas mistas de revestimento**. 234 f. Tese (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102089>>. Acesso em 10 jun. 2015.

TUSSET, Cyane. **Avaliação de desempenho de revestimento externo de argamassa quanto à permeabilidade e resistência à aderência: estudo de caso**. 2010. 67 f. Trabalho de Diplomação (Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/28557>>. Acesso em: 19 out. 2016.

VIEIRA, G. **Emboço e reboco: qual a diferença?** Conexão Engenharia. Disponível em: <<http://conexaoengenharia.blogspot.com/2016/04/emboco-e-reboco-qual-diferenca.html>>. Acesso em: 06 nov. 2016.

VIEIRA, Glécia; NAKAKURA, Elza. **Argamassa projetada aumenta produtividade e qualidade do revestimento**. AECweb, set. 2015. Disponível em: <[http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/argamassa-projetada-aumenta-produtividade-e-qualidade-do-revestimento\\_12147\\_10\\_0](http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/argamassa-projetada-aumenta-produtividade-e-qualidade-do-revestimento_12147_10_0)>. Acesso em: 14 set. 2016.

ZANELATTO, Kátia C. **Avaliação da influência da técnica de execução no comportamento de revestimento de argamassa aplicado com projeção mecânica contínua**. 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-16072013-171243/pt-br.php>>. Acesso em: 22 de out. 2016.