



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

HUGO VASCONCELOS QUEIROZ MONTEIRO  
MARIA EDUARDA BEZERRA LEITE DE QUEIROZ

**RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA EM OBRAS VERTICais COM A  
UTILIZAÇÃO DE ARGAMASSA ESTABILIZADA PRODUZIDA EM CENTRAIS  
DE CONCRETO COMERCIAIS**

RECIFE  
2017

*HUGO VASCONCELOS QUEIROZ MONTEIRO  
MARIA EDUARDA BEZERRA LEITE DE QUEIROZ*

**RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA EM OBRAS VERTICais COM A  
UTILIZAÇÃO DE ARGAMASSA ESTABILIZADA PRODUZIDA EM CENTRAIS  
DE CONCRETO COMERCIAIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade

RECIFE  
2017

Catalogação na fonte  
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

M772r Monteiro, Hugo Vasconcelos Queiroz.  
Racionalização construtiva em obras verticais com a Utilização  
de argamassa estabilizada produzida em centrais de concreto comerciais.  
/ Hugo Vasconcelos Queiroz Monteiro, Maria Eduarda Bezerra Leite de  
Queiroz - 2017.  
34folhas, Ils.; e Tab.

Orientador: Prof. Dr. Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Graduação em Engenharia Civil, 2017.  
Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Argamassa feita in loco. 3. Argamassa ensacada.  
4. Custo orçamentário. 5. Fluxograma. I. Queiroz, Maria Eduarda Bezerra  
Leite de. II. Andrade, Tibério Wanderley Correia de Oliveira (Orientador).  
III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-28



**ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO  
DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL**

**CANDIDATO(S):** 1 - Hugo Vasconcelos Queiroz Monteiro  
2 - Maria Edunice Bezerra Leite de Queiroz

**BANCA EXAMINADORA:**

Orientador:

Examinador 1:

Examinador 2:

**TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:** Racionalização construtiva  
em obras verticais com a utilização de argamassa estabilizada

**LOCAL:** UFPE

**DATA:** 10/01/18 **HORÁRIO DE INÍCIO:** 15:00

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: 9,6 (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1)  aprovado(s) (nota  $\geq 7,0$ ), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo,  $3,0 \leq \text{nota} < 7,0$ , será reapresentado, gerando-se uma nova ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado aprovado com exame final.

2)  reprovado(s). (nota  $< 3,0$ )

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 10 de jan/18 de 2018

Orientador: .....

Avaliador 1: .....

Avaliador 2: .....

Candidato 1: .....

Candidato 2: .....

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Universidade Federal de Pernambuco pelas oportunidades prestadas ao longo do curso.

Ao professor Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade, pela condução e confiança no desenvolvimento do trabalho.

Aos nossos familiares, pelo apoio e incentivo nas escolhas profissionais.

Aos amigos, pelas diversas ajudas, compreensão e paciência nos momentos de maiores dificuldades e tensões.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste grande desafio que é o curso de Engenharia Civil.

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo a análise e comparação da argamassa estabilizada com a argamassa feita in loco e a argamassa ensacada. Devido a praticidade e melhorias trazidas, associadas a filosofia do Lean Construction em constante propagação, a argamassa estabilizada despertou o interesse extremo nas obras de construção Civil. Sendo assim, para obter os resultados esperados, utilizou-se dados de obras feitas por uma construtora de Recife, cujo banco de dados serviu para a construção do custo orçamentário e fluxo logístico, avaliação do desempenho técnico e produtividade, e controle ambiental. Todos os dados obtidos das análises favoreceram a utilização da argamassa estabilizada em estudo.

Palavras-chave: Argamassa feita in loco. Argamassa ensacada. Custo orçamentário. Fluxograma.

## ABSTRACT

The present project aims the analysis and comparison of the mortar stabilized with the mortar made in loco and the mortar bagged. Due to the practicality and improvements brought about, combined with the philosophy of Lean Construction in constant propagation, the stabilized mortar aroused the extreme interest in the civil construction works. Therefore, to obtain the expected results, we used data from works made by a construction company in Recife, whose database served to build budget cost and logistics flow, technical performance and productivity evaluation, and environmental control. All the data obtained from the analyses favoured the use of the stabilized mortar under study.

Keywords: Mortar made in loco. Bagged mortar. Budgetary cost. Flowchart.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Gráfico 1 - Custo do m <sup>3</sup> das respectivas argamassas.....	20
Gráfico 2 – Custo total das argamassas nas respectivas obras e a economia potencial correspondente.....	21
Gráfico 3 - Economia potencial das respectivas edificações devido ao uso da argamassa estabilizada em substituição a argamassa ensacada.....	22
Gráfico 4 - Resistência de aderência a tração realizada no emboço interno.....	23
Figura 1 – Forma de rompimento das 12 amostras do pano no emboço interno.....	24
Gráfico 5 - Resistência de aderência a tração realizada no emboço externo.....	25
Figura 2 – Forma de rompimento das 12 amostras do pano no emboço externo.....	26
Gráfico 6 - Resistência a compressão (MPa) a 28 dias em blocos prismáticos da argamassa estabilizada.....	27
Gráfico 7 - Resultados do módulo de elasticidade (GPa) para cada fornecedor.....	28
Figura 3 - Fluxo de valor do transporte das argamassas preparadas em obra (in loco)..	29
Figura 4 - Fluxo de valor do transporte das argamassas industrializadas(ou ensacadas)	30
Figura 5 - Fluxo de valor do transporte das argamassas estabilizadas.....	30
Gráfico 8 - Estoque de sacos de argamassa ensacada em um período de 3 dias.....	32

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Custo de produção do m <sup>3</sup> da argamassa rodada em betoneira na obra (in loco).....	18
Tabela 2 - Custo de produção do m <sup>3</sup> da argamassa ensacada.....	18
Tabela 3 - Custo do m <sup>3</sup> da argamassa estabilizada.....	18
Tabela 4 - Valores requeridos mínimos de resistência a aderência a tração (Ra) para emboço e camada única.....	22
Tabela 5 - Quantidade de sacos estocados por 3 dias nas três fases da obra.....	32

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	10
<b>1.1</b>	<b>Justificativa e motivação.....</b>	10
<b>1.2</b>	<b>Objetivos gerais e específicos.....</b>	10
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	11
<b>2.1</b>	<b>Argamassa.....</b>	11
2.1.1	Conceito de argamassa.....	11
2.1.2	Classificação da argamassa quanto ao método de produção.....	11
2.1.3	Aplicabilidade das argamassas.....	13
2.1.4	Vantagens e desvantagens da argamassa estabilizada.....	13
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	14
<b>3.1</b>	<b>Definição do local de estudo.....</b>	14
<b>3.2</b>	<b>Materiais utilizados.....</b>	15
<b>3.3</b>	<b>Composição do custo da argamassa.....</b>	15
<b>3.4</b>	<b>Construção do fluxo de valor das argamassas.....</b>	15
<b>3.5</b>	<b>Análise da NBR 13528:2010 e NBR 13749:2013 para interpretação dos resultados dos ensaios realizados em campo.....</b>	16
<b>3.6</b>	<b>Análise de questões ambientais/ redução de área para estocagem de insumos.....</b>	16
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	17
<b>4.1</b>	<b>Racionalização orçamentária.....</b>	17
<b>4.2</b>	<b>Desempenho técnico.....</b>	22
<b>4.3</b>	<b>Otimização logística.....</b>	28
<b>4.4</b>	<b>Ganho de produtividade.....</b>	31
<b>4.5</b>	<b>Maior limpeza no canteiro de obra/controle ambiental.....</b>	31
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	33
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	34

## 1 INTRODUÇÃO

O uso da argamassa estabilizada vem crescendo cada vez mais em obras de incorporação. Esse crescimento se deve ao fato de que ela permite uma maior praticidade e manuseio por parte dos trabalhadores, além de aumentar a produtividade da obra, uma vez que não será mais necessária a preparação da argamassa na obra. Outro fator vantajoso é o fato de que se terá uma maior organização e limpeza no canteiro de obra, tendo em vista que não será mais necessário ocupar um lugar específico para estocagem dos materiais e para a produção da argamassa convencional. Nesse contexto, a abordagem do tema irá contemplar a racionalização construtiva na execução de assentamentos de alvenaria e revestimentos em obras verticais com o uso de argamassa estabilizada produzida em centrais de concreto comerciais.

Do ponto de vista histórico a produção de argamassa estabilizada foi inicializada na Alemanha, nos anos 70. Ela surgiu como uma forma revolucionária de produção, uma vez que essa argamassa estabilizada seria capaz de ser utilizada por até três dias.

### 1.1 Justificativa e motivação

A argamassa estabilizada dosada em centrais de concreto comerciais tem se disseminado nas obras de construção civil devido a nova concepção de produção denominada Lean Construction. Esta linha de pensamento vem ganhando força e competitividade no mercado devido a sua preocupação com o meio ambiente e com a otimização no canteiro de obra. Assim, a argamassa estabilizada surge como consequência disso, sendo uma tecnologia que visa melhorar o processo construtivo das obras verticais e de grande relevância para o estudo acadêmico.

### 1.2 Objetivos gerais e específicos

O presente trabalho tem como objetivo mostrar as vantagens do uso da argamassa estabilizada produzida em centrais em relação às argamassas convencionais e ensacadas.

A seguir estão listados os objetivos específicos que serão apontados neste trabalho:

- Comparar a racionalização orçamentária das argamassas estabilizadas em centrais de concreto comerciais com as demais acima citadas;
- Interpretar os resultados das resistências mecânicas das argamassas estabilizadas dosadas em centrais de concreto comerciais considerando aspectos normativos;
- Construir o fluxo de valor das argamassas para analisar ganhos logísticos e produtivos;

- Analisar os benefícios trazidos para o controle ambiental.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Argamassa

#### 2.1.1 Conceito de argamassa

A argamassa pode ser definida segundo a NBR 13529 (ABNT, 1995) como uma mistura de água, aglomerantes inorgânicos e agregados miúdos, podendo ser adicionados ou não aditivos que no final produzem um material com capacidade de aderência e endurecimento. Seu uso abrange desde revestimento de pisos e paredes até assentamento de alvenarias. Devido a esta versatilidade, buscou-se sempre aperfeiçoar a sua composição a fim de obter melhores resultados para tal objetivo. No entanto, foi só na década de 50 que ocorreu a industrialização da argamassa, sendo implantada na Alemanha apenas na década de 70 devido ao desenvolvimento de aditivos que possibilitaram o seu manuseio por até três dias. No Brasil a primeira utilização do que foi chamado de argamassa estabilizada foi datada em 1985 (CASALI *et al.*, 2011).

As argamassas estabilizadas são compostas pelos mesmos materiais da argamassa convencional, porém com uma adição extra: aditivos. Os aditivos estabilizadores são responsáveis por inibir a reação do cimento enquanto a argamassa estiver saturada, em outras palavras, ele controla a hidratação do cimento Portland. Isso não significa que quanto mais água, em mais tempo a argamassa pode ser executada, pois pode ocorrer um atraso na pega da mistura (BAUER *et al.*, 2015). Algumas argamassas podem ainda conter os aditivos incorporadores de ar que ajudam a manter a plasticidade/trabalhabilidade do material essencial para a execução.

#### 2.1.2 Classificação das argamassa quanto ao método de produção

No Brasil, segundo Neto *et al.* (1999 *apud* HERMANN & ROCHA, 2013), aproximadamente 95% da argamassa é feita in loco, 4% correspondem a argamassas industrializadas e 1% são dosadas em central. Argamassas feitas em centrais são estabilizadas pois requerem um tempo de pega maior em virtude do transporte até os canteiros de obra e ficarão armazenadas, em alguns casos, para serem utilizadas no dia seguinte da entrega. Há ainda as argamassas estabilizadas que são dosadas no próprio local da obra por funcionários, mas muitos acreditam que o controle tecnológico de dosagem não é tão rigoroso. As características e descrições de cada um desses três métodos explicam e justificam a mudança de tendência desses dados.

As argamassas feitas in loco foram por muito tempo largamente utilizadas. São produzidas no local da obra, pouco antes da sua utilização para que a pega não ocorra antes da sua aplicação. Na sua composição, cujas proporções são pré-estabelecidas, são encontrados os elementos primordiais como água, cimento, cal e/ou agregado areno/argiloso e agregado miúdo (areia) que são proporcionados volumetricamente e misturados em condições precárias e sem muita precisão e cuidados pelos operários, descaracterizando as propriedades inicialmente definidas. De acordo com Regattieri & Silva (2003 *apud* COSTA, 2016) essa produção abrange uma maior quantidade de etapas para sua confecção, sendo necessário um espaço maior para guardar os materiais e maior transporte de insumos no próprio canteiro de obras. Exigem ainda que sejam estocados em boas condições no canteiro, o que muitas vezes não tem sucesso.

A não satisfação desse método de fabricação, definia metas e buscava caminhos alternativos para sanar essas questões de descuido e falta de controle, aflorando no método de produção das argamassas industrializadas. Segundo Recena (2012) ela chega ao local da obra ensacada, sendo necessário apenas a adição de água para ficar pronta para uso. O ensacamento é realizado por processos industriais bem rigorosos e controlados, resultando em uma mistura homogênea, com pouco desperdício. Quanto a estocagem na obra, o que antes necessitava de espaço para cimento e areia, agora, apenas esses sacos precisariam ser estocados.

Este último método parecia bastante viável, porém a inquietude levou ao desenvolvimento de uma argamassa ainda mais revolucionária na década de 80, com a política de “tempo é dinheiro”. A argamassa estabilizada viria a ser a melhor tecnologia existente, sendo misturada em centrais e encaminhadas até o canteiro de obras em caminhões betoneira, como é feito já em concretos. A maior novidade dessa ideia está no fato de que ela pode ser utilizada em até três dias contados a partir da entrega, graças a incorporação de aditivos. É uma vantagem enorme em relação as argamassas não estabilizadas feitas “in loco” e industrializadas, cuja duração máxima para aplicação encontra-se em torno de 3h. Soma-se ainda a ausência da necessidade de espaço para estoque de insumos (tais como areia e sacos de cimento), e há a eliminação de uma equipe de produção para o preparo da argamassa. Os controles de qualidade nas centrais são ainda mais rigorosos o que reduz o risco de aparecimento de patologias relacionadas a problemas de dosagem (SANTOS, 2012 *apud* HERMANN & ROCHA, 2013).

### 2.1.3 Aplicabilidade das argamassas

As argamassas têm uma grande versatilidade nas obras de Construção Civil. Dentre as suas aplicabilidades, cita-se a sua utilidade para assentamento/elevação da alvenaria, chapisco, emboço, reboco e contrapiso.

A argamassa de assentamento de alvenaria tem por função unir as unidades de alvenaria e ajudar a resistir os esforços laterais, distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos, selar juntas, absorver as deformações naturais devido a variação de temperatura e umidade (RECENA, 2012).

As argamassas de revestimento são aplicadas para chapisco, emboço, reboco e camada única. Para aplicação como chapisco sua função é garantir a aderência entre o substrato e argamassa do emboço. No caso de emboço e camada única, sua utilização se dá com o objetivo de proteger o substrato (alvenaria) e a estrutura contra a ação externa do intemperismo, além de potencializar o sistema de vedação, através do isolamento térmico e acústico do ambiente. Outro aspecto essencial é a estanqueidade a água e a proteção proporcionada aos elementos de vedação ou estruturais em caso de incêndio. Nesses casos, servem ainda para regularizar a superfície dos elementos de vedação, deixando pronto para acabamentos decorativos.

Argamassa de contrapiso tem a função de promover a regularização da superfície para receber o piso, bem como fornecer a inclinação de cimento d'água quando necessário. Ainda segundo Barros & Sabbatini (1991), é a base e suporte para aplicação do revestimento, além de isolamento térmico e acústico, sendo de relevância destacar que essa argamassa não tem função de corrigir os defeitos da base. Pode ser feita de argamassa seca, comumente chamada de “farofa”, que vai sendo apilada através de soquetes até ficar no nível das taliscas. A espessura é bastante variável de acordo com a irregularidade da concretagem da laje e do nível que se pretende atingir. Há, ainda, as argamassas autonivelantes utilizadas como forma alternativa a forma tradicional acima citada. A característica peculiar desse material é que devido a sua fluidez, a argamassa consegue se auto adensar sem que ocorra a segregação dos materiais, sendo a gravidade e o peso próprio responsáveis pela compactação e adensamento (RUBIN, 2015).

### 2.1.4 Vantagens e desvantagens da argamassa estabilizada

A argamassa estabilizada produzida em centrais de concreto e fornecidas em caminhões betoneiras tem maior enfoque neste tema do trabalho, pelo motivo de estar rapidamente ganhando força no mercado, o que portanto requer maior atenção. São

inúmeras as vantagens em relação as argamassas produzidas in loco, estabilizadas ou não, e as industrializadas, embora no entanto ainda apresente algumas poucas desvantagens.

O armazenamento de materiais como cimento, areia e cal são erradicadas, o que resulta em ganho de espaço e diminuição de desperdício dos mesmos. Como a argamassa é transportada da central de dosagem ao canteiro pronta pra uso, muitas etapas de transporte dentro do próprio canteiro são eliminadas, o que consequentemente resulta em um ganho de tempo. O canteiro passa a não ser mais responsável pelo controle, dosagem e estocagem dos insumos. Tudo isso nada mais é do que a aplicação do conceito de Lean Construction. Uma linha de pensamento baseada numa produção enxuta, limpa, em que o lema *just-in-time* (produzido no momento necessário) incentivou as empreiteiras a contratação de centrais de dosagem para fins de fornecimento da argamassa estabilizada.

Com a ausência da etapa de mistura da argamassa em obra, operários são realocados para desempenhar novas funções e estão isentos de insalubridade do manuseio de cimento e cal em pó (BAUER *et al.*, 2015). Outras vantagens evidenciadas por Santos (2012 *apud* HERMANN & ROCHA, 2013) são: melhor homogeneidade da argamassa; facilidade de carga e descarga; eliminação da necessidade de pontos de água e eletricidade para manuseio dos equipamentos quando dosado no canteiro e precisão do custo da argamassa.

Apesar de inúmeras vantagens, desvantagens como redução ou perda de fluidez da argamassa ao longo dos dias pode ser verificada. Cuidados quanto a armazenagem da argamassa fresca no local, sendo localizados em ambientes protegidos do sol e bastante fresco, devem ser rigorosamente atendidos, bem como seguir a todas as recomendações do fabricante para assegurar o tempo de vida útil e a qualidade do produto.

Outro aspecto negativo está na forte dependência dos consumidores aos fornecedores (concreteiras), tendo em Recife um mercado local bastante restrito, com atualmente poucos fornecedores qualificados. Requer ainda uma programação muito bem estimada, detendo de um controle de rastreabilidade bem definido: nota fiscal, área de utilização, o dia de uso, dentre outros.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Definição do local de estudo

A fim de obter dados os mais convincentes e precisos possíveis, optou-se por fazer um estudo de caso, sendo o objeto de estudo algumas edificações de uma construtora. Esses empreendimentos estão sendo executados por uma empresa de incorporação grande

em Recife e para a análise dos dados deste projeto, foram coletadas informações desde o início da fase de acabamento das obras.

### **3.2 Materiais utilizados**

Segundo informações da empresa produtora da argamassa estabilizada, os materiais utilizados para a confecção da mesma são: Cimento CPII F 40 BRENNAND, areia natural cava fina e aditivo TECNOL/ ECO TEC MIX. De acordo com o catálogo (GRACE, 2014), este aditivo líquido é capaz de estabilizar e plastificar argamassas, mantendo-as estáveis por até 72h. Dentre os benefícios proporcionados, temos a redução da quantidade de água de amassamento, a possibilidade de bombeamento e o aumento do rendimento da argamassa. Recomenda-se para o seu uso de 100 a 900ml para cada 900Kg de cimento.

Para os testes de arrancamento, a empresa responsável pelo controle tecnológico utilizou um Transdutor de força marca Alfa Instrumentos, modelo Z2T, faixa nominal de 2000 kgf, instrumentação eletrônica associada digital da marca Alfa Instrumentos, modelo 3105C, faixa nominal de cinco dígitos e 1 ponto. Além destes, também foi utilizado uma furadeira de impacto marca Bosch para corte, modelo GSB -13RE acoplada a uma serra copo de 53 mm de diâmetro interno, ou serra maquita marca Bosch, modelo GDC-14 com disco diamantado de 100 mm.

### **3.3 Comparação dos custos das argamassas**

Com o intuito de quantificar, em termos numéricos, a racionalização orçamentaria da argamassa estabilizada em comparação com as demais aqui citadas, foram construídas as tabelas dos custos unitários. A partir dos preços unitários dos materiais, da mão de obra e da energia, os quais variam de acordo com as necessidades de cada argamassa, associados a quantidade utilizada de cada insumo, resultou-se no custo final para cada  $m^3$  produzido. O orçamento foi produzido baseado no banco de dados da construtora, sendo condizente com o valor de mercado. Ainda com a parceria da mesma, foi possível fazer a comparação dos custos da argamassa ensacada e estabilizada em 4 empreendimentos desta construtora, englobando todos os serviços que necessitam de argamassa para todo o prédio.

### **3.4 Construção do fluxo de valor**

A fim de garantir a objetividade e precisão do trabalho, faz-se a composição do fluxograma de transporte dos materiais para a produção da argamassa a fim de explicar

exatamente como a argamassa estabilizada reduz drasticamente o tempo de produção. Será feito, então, uma evolução ao longo do tempo, iniciando na argamassa moldada in loco, até a argamassa estabilizada. Utilizou-se como embasamento para a elaboração do fluxograma o conhecimento teórico associado à vivência no canteiro de obra, de forma a observar todo o percurso transcorrido até o destino final destes materiais.

### **3.5 Análise da NBR 13528:2010 e NBR 13749:2013 para interpretação dos resultados dos ensaios realizados em campo**

No intuito de avaliar o desempenho da argamassa estabilizada quanto as especificações técnicas, foram realizados ensaios de aderência a tração em um pano com 12 corpos de prova. Os resultados dos ensaios foram emitidos pela empresa de controle tecnológico e serviram para embasamento da eficiência da argamassa estabilizada quanto a sua propriedade mecânica. A NBR 13749 (ABNT, 2013), propõe os valores mínimos de resistência a aderência a tração para um pano contendo 12 amostras, afirmando que se 2/3 dos corpos de provas não passarem a resistência mínima, há a reprovação da argamassa. A NBR 13528 (ABNT, 2010) detalha todo o passo a passo para a realização do ensaio, bem como as exigências do procedimento, contendo inclusive em anexo a planilha modelo para o ensaio de resistência de aderência a tração.

### **3.6 Análise de questões ambientais/ redução de área para estocagem de insumos**

Com o objetivo de mostrar o envolvimento com questões ambientais da argamassa estabilizada, foi calculado a quantidade de sacos de lixo que seriam produzidos caso fosse optado pelo uso da argamassa ensacada nas três fases da obra: alvenaria, alvenaria + emboço interno e emboço interno + emboço externo. Assim pode-se ter uma ideia da redução de lixo que isso traria para o canteiro de obra. Paralelo a isto, foi calculado a redução de área para estoque de materiais baseado na quantidade de sacos de argamassa que deveriam ser armazenados em um período de três dias, considerando que o pallet tem uma área de 1,2m<sup>2</sup> e que em cada pallet serão colocados 40 sacos, peso máximo suportado pelo guincho responsável pelo deslocamento vertical dos insumos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com este relatório, busca-se mostrar os benefícios de se utilizar essa metodologia construtiva em um empreendimento de construção civil, sendo os resultados esperados o aumento da produtividade, menor custo direto do material e indireto do serviço, maior limpeza no canteiro de obra, melhora no fluxo logístico, redução no uso de áreas para estocagem de material, redução no custo de mão de obra e maior controle ambiental.

### 4.1 Racionalização orçamentária

Com base nos dados que foram obtidos da obra em questão descrita, espera-se obter um resultado favorável ao uso das argamassas estabilizadas no que diz respeito ao corte de custos/etapas que serão erradicados. Para as análises que serão feitas a seguir, foi considerado que cada equipe de alvenaria e emboço trabalhavam sempre com dois pedreiros e um ajudante, não importando qual tipo de argamassa estava sendo utilizada.

Assim sendo, uma estimativa orçamentaria baseada na composição do custo unitário mostrou os seguintes valores para a produção de 1m<sup>3</sup> de concreto em cada tipo de argamassa. Como esse primeiro tipo de argamassa necessita ser preparada in loco, foram considerados na composição dos custos, os valores do cimento, cal, areia fina e grossa, água, energia gasta com o misturador e a peneira elétrica, e o custo com o ajudante que prepararia esta argamassa. O custo com o ajudante foi necessário ser adicionado visto que por este método de produção de argamassa era necessário a criação de uma central de produção de argamassa para poder abastecer as equipes. Uma vez pronta a argamassa, ela era transportada pelo guincho e distribuídas nos pavimentos, onde o ajudante de cada equipe tinha como função abastecer as frentes de serviços dos seus dois pedreiros. A discriminação da argamassa rodada em obra é mostrada na Tabela 1.

No caso da argamassa ensacada (Tabela 2), não foi considerado o custo da mão de obra do ajudante, pois, com a utilização da argamassa ensacada, não era mais necessário a criação de uma central de produção de argamassa, os ajudantes de cada equipe ficaram responsáveis pela produção da argamassa, bem como não foi evidenciado o custo da energia pois o cálculo foi feito considerando a produção manual e não em betoneiras.

Tabela 1 – Custo de produção do m<sup>3</sup> da argamassa rodada em betoneira na obra (in loco)

ITEM	QUANTIDADE NECESSÁRIA	UNID.	CUSTO UNITÁRIO R\$	CUSTO TOTAL R\$
<b>Materiais</b>				
CIMENTO	240,52	Kg	0,39	93,80
CAL	92,82	Kg	0,55	51,05
AREIA FINA	393,12	L	0,039	15,33
AREIA GROSSA	786,24	L	0,045	35,38
ÁGUA	182,00	L	0,02	3,64
<b>Equipamentos</b>				
ENERGIA MISTURADOR E PENEIRA ELETRICA	8,47	kW	0,65	5,51
<b>Mão de Obra</b>				
AJUDANTE	6,69	h	15,96	106,79
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 311,50</b>

Fonte: empresa de incorporação em Recife

Tabela 2 - Custo de produção do m<sup>3</sup> da argamassa ensacada

ITEM	QUANTIDADE NECESSÁRIA	UNID.	CUSTO UNITÁRIO R\$	CUSTO TOTAL R\$
<b>Materiais</b>				
ARGAMASSA ENSACADA	1700,00	Kg	0,21	357,00
ÁGUA	182,00	L	0,02	3,64
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 360,64</b>

Fonte: empresa de incorporação em Recife

Por fim, verifica-se ainda a argamassa estabilizada, que é entregue pela concreteira pronta para o uso. Assim como a argamassa ensacada, o custo do ajudante não é levado em conta, visto que a argamassa chega pronta para o uso. O valor do m<sup>3</sup> pode variar de acordo com a central de dosagem. No caso desta empresa, o valor corresponde ao indicado na Tabela 3.

Tabela 3 – Custo do m<sup>3</sup> da argamassa estabilizada

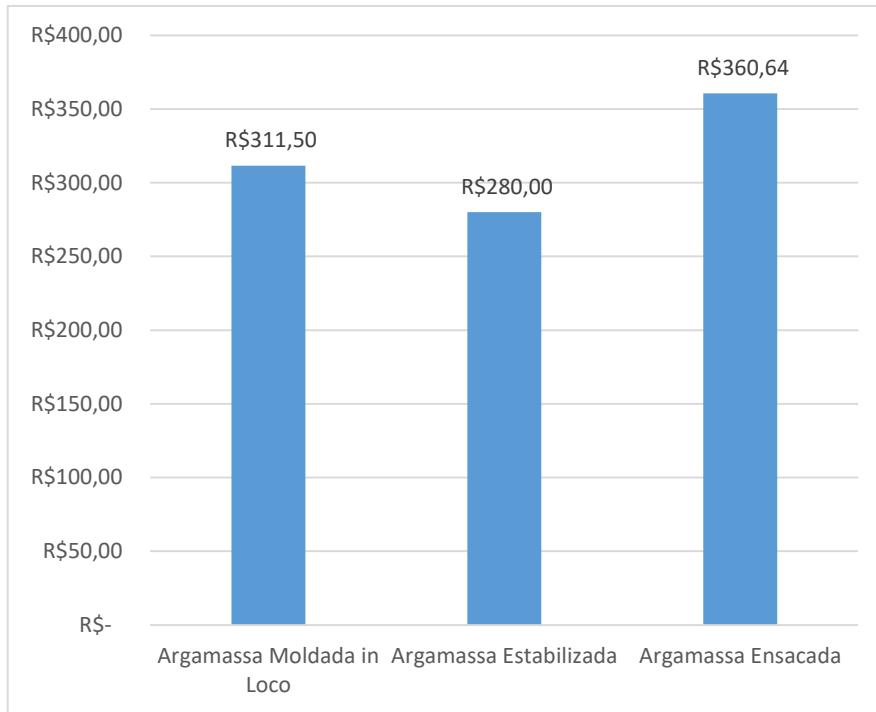
ITEM	QUANTIDADE NECESSÁRIA	UNID.	CUSTO UNITÁRIO R\$	CUSTO TOTAL R\$
ARGAMASSA USINADA	1,00	m <sup>3</sup>	280,00	280,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 280,00</b>

Fonte: empresa de incorporação em Recife

É importante deixar claro, que mesmo sem considerar o custo com o ajudante na produção da argamassa, para o caso da argamassa ensacada, foi visto que a função do ajudante das equipes era basicamente composta pela preparação da argamassa. Foi verificado em campo que o ajudante ocupava a maior parte do seu tempo para a preparação da argamassa o qual levava em torno de 20 minutos para a preparação de 8 sacos de 40 kg, sendo praticamente o tempo em que os dois pedreiros utilizavam a argamassa já pronta. Ou seja, conforme os pedreiros utilizavam a argamassa, o ajudante produzia mais argamassa para serem utilizadas posteriormente. O mesmo não acontece com a argamassa estabilizada em centrais de concreto comerciais, onde a mesma chega pronta a obra, em seguida são levadas nas masseiras até o pavimento tipo pelos guinhos, e lá são distribuídas aos pedreiros pelos ajudantes. Antes a função do ajudante era basicamente a produção da argamassa ensacada. Com a utilização da argamassa estabilizada, o ajudante necessita apenas abastecer os pedreiros e passa então a utilizar o restante do seu tempo para realizar outras atividades como a limpeza dos pavimentos e até ajudar os pedreiros na execução da alvenaria e do emboço. A limpeza dos pavimentos que antes era muitas vezes feita com o pagamento de horas extras, passou a fazer parte da função diária dos ajudantes.

Nas tabelas apenas estão discriminados os custos para a produção do  $m^3$  de argamassa. Os custos de transporte dentro do canteiro de obra não foram detalhados pois não foi possível custeá-los, mas na descrição do fluxo de valor de transporte das argamassas no item 4.3 pode-se perceber o corte de etapas de deslocamento dos insumos entre as três argamassas citadas. Os custos de aplicação da argamassa também não foram destacados por motivos de serem o mesmo nos três casos uma vez que a equipe de aplicação sempre é formada por 2 pedreiros e 1 ajudante.

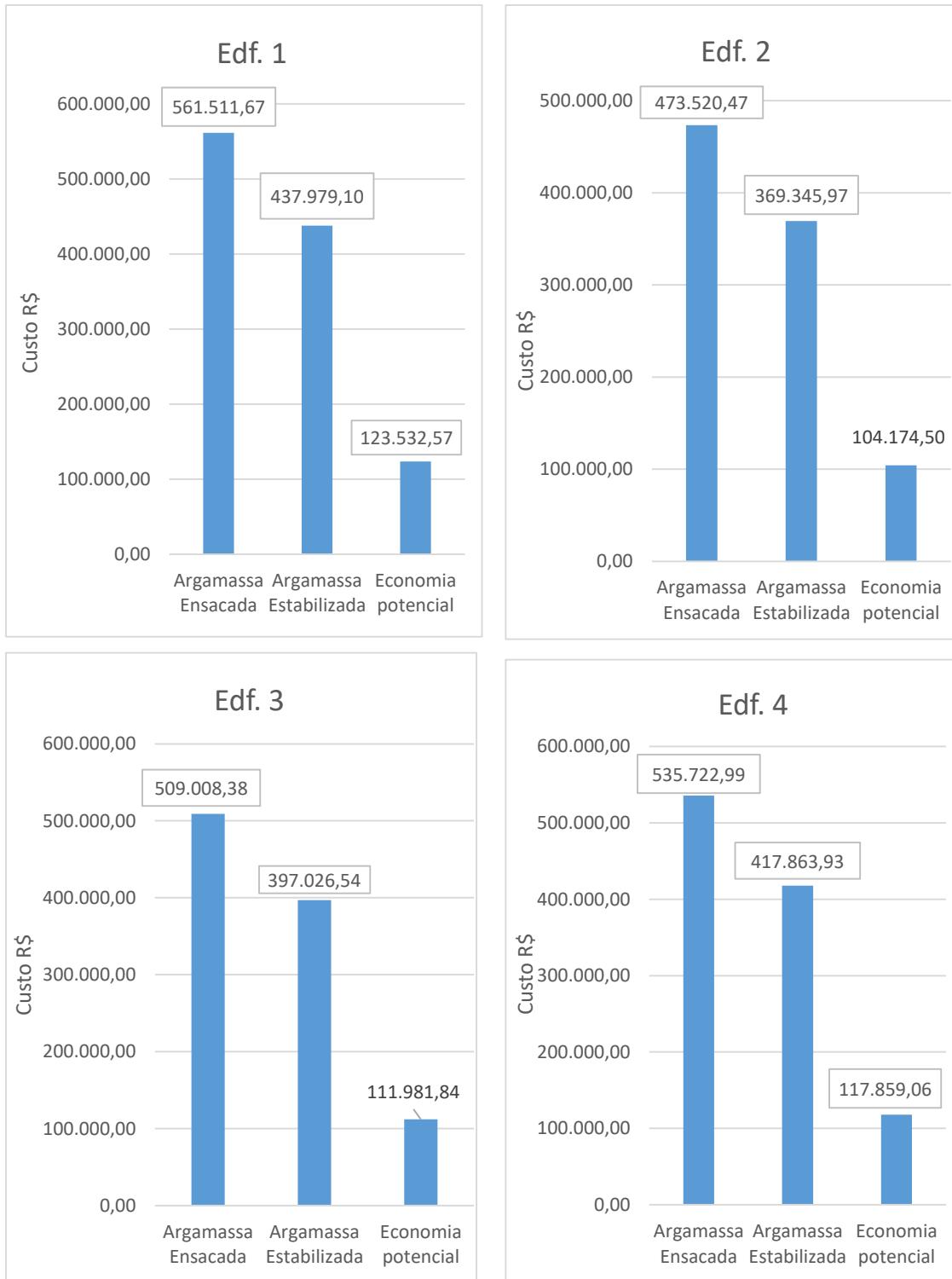
Notoriamente, a argamassa estabilizada apresentou um custo benefício bem acima das demais, tanto pela erradicação da necessidade de mão de obra para preparar o material no canteiro, bem como o próprio custo por  $m^3$  da argamassa. Como as centrais de dosagens produzem grandes volumes por dia, isso ajuda no barateamento do produto final. Nota-se uma redução de R\$ 31,50/ $m^3$  em relação a argamassa feita in loco, enquanto que apresenta um custo de R\$ 80,64/ $m^3$  abaixo da argamassa ensacada que tende a encarecer pela praticidade, exigindo apenas a adição de água. No Gráfico 1 é possível verificar a esquematização do custo.

Gráfico 1 - Custo do m<sup>3</sup> das respectivas argamassas

Fonte: empresa de incorporação em Recife

Outros empreendimentos da empresa, contemplando diversas tipologias desde residenciais a hotéis, também foram avaliados quanto a economia potencial obtida se utilizadas argamassas ensacadas ou industrializadas. Em todos os casos, a argamassa estabilizada reduziu o custo exclusivo da argamassa em pelo menos R\$ 104.174,50 como visto no Edf. 2 do Gráfico 2. Conclui-se, então, que o preço é bem viável e acessível.

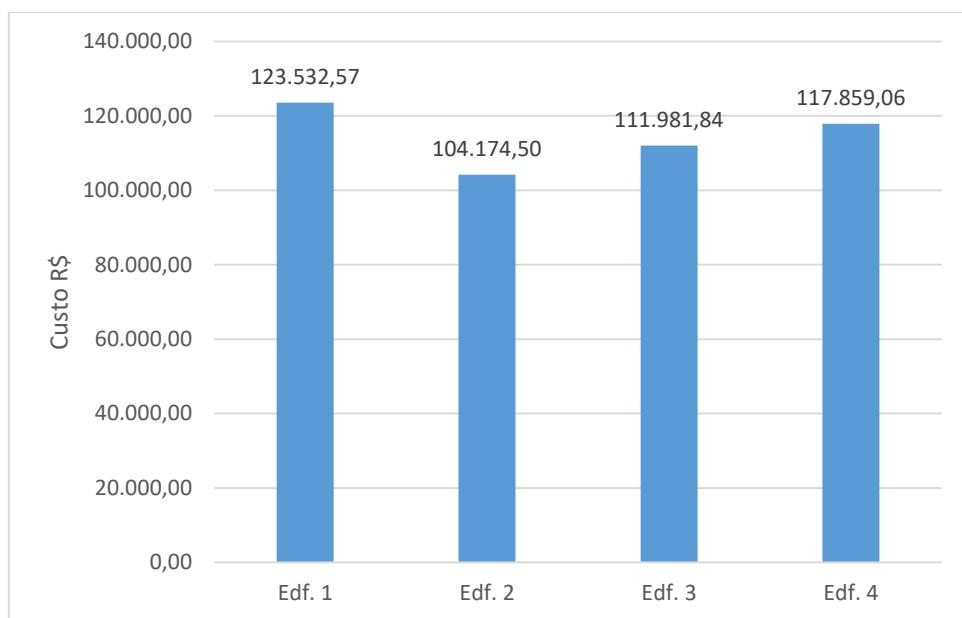
Gráfico 2 – Custo total das argamassas nas respectivas obras e a economia potencial correspondente



Fonte: empresa de incorporação em Recife

Por fim, temos a economia potencial das quatro obras, vista no Gráfico 3, gerando um valor total economizado para empresa de R\$ 457.547,97.

Gráfico 3 - Economia potencial das respectivas edificações devido ao uso da argamassa estabilizada em substituição a argamassa ensacada



Fonte: empresa de incorporação em Recife

#### 4.2 Desempenho técnico

Espera-se que as argamassas estabilizadas atinjam ou superem os valores mínimos exigidos pelas normas aplicáveis descritas abaixo nos diversos testes de resistência, sendo, portanto, tecnicamente viável o seu uso.

No que diz respeito a desempenho técnico, a argamassa estabilizada não fica atrás dos outros tipos de argamassa. Para validação do seu uso pela empresa, vários testes foram feitos para que fosse verificado se o desempenho técnico da argamassa estava de acordo com as especificações da NBR 13528/2010 e NBR 13749/2013.

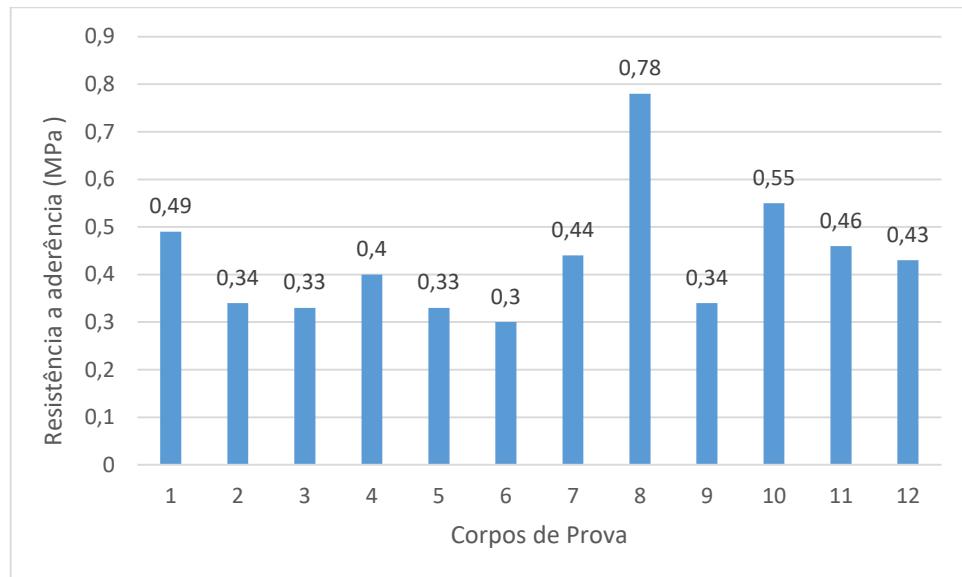
Os testes realizados foram os de arrancamento de parede em diferentes tipos de base. De acordo com a NBR 13749 (ABNT, 2013), os valores mínimos de resistência a aderência são mostrados na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Valores requeridos mínimos de resistência a aderência a tração (Ra) para emboço e camada única

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

Primeiramente foram feitos testes de arrancamento no emboço interno da parede após 28 dias de aplicação. Deve-se ressaltar que a argamassa foi aplicada nas primeiras 12h após a entrega. Como podemos ver no Gráfico 4, o resultado foi bastante satisfatório, uma vez que todos os doze corpos de provas obtiveram valores maiores ou iguais a 0,30 MPa no teste de arrancamento.

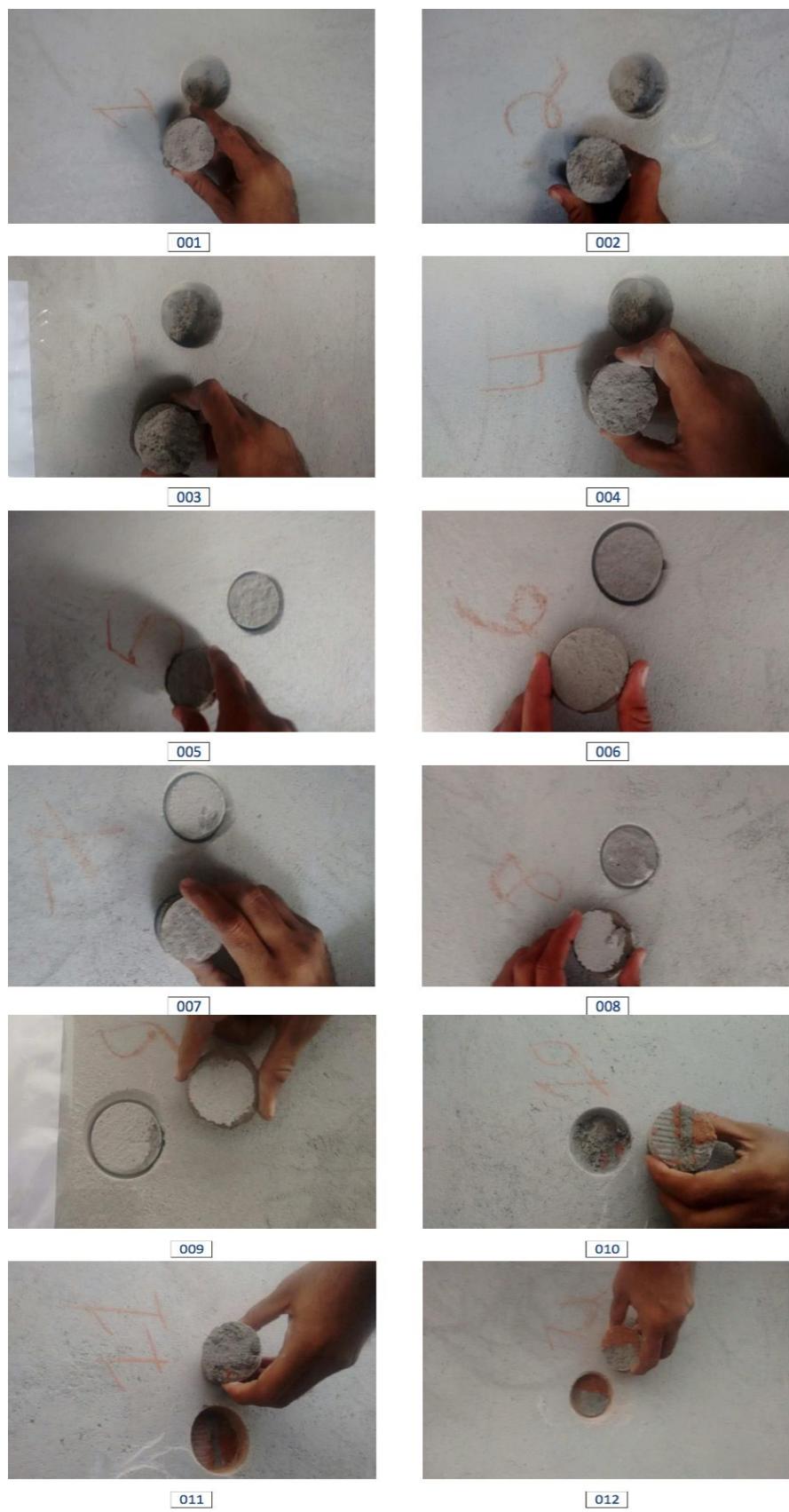
Gráfico 4 - Resistência de aderência a tração realizada no emboço interno



Fonte: empresa de controle tecnológico

As respectivas rupturas podem ser vistas na Figura 1. A amostra 1 teve 40% rompido na interface chapisco/emboço e 60% no emboço. A amostra 2, 30% no chapisco e 70% no emboço, bem como a amostra 3 porém com valores de 25% chapisco e 75% emboço. A amostra 4 rompeu 80% na interface chapisco/emboço e 20% no emboço. As amostras 5 a 9 tiveram sua forma de ruptura concentrada no emboço. As demais amostras 10, 11 e 12 tiveram parte do seu rompimento no substrato. Assim, a amostra 11 apresentou 25% no substrato, 40% na interface chapisco/substrato e 35% na interface chapisco/emboço. A amostra 12 rompeu 5% no substrato e 95% na interface chapisco/substrato. E por fim a amostra 13 teve 35% rompido no substrato e 65% no emboço.

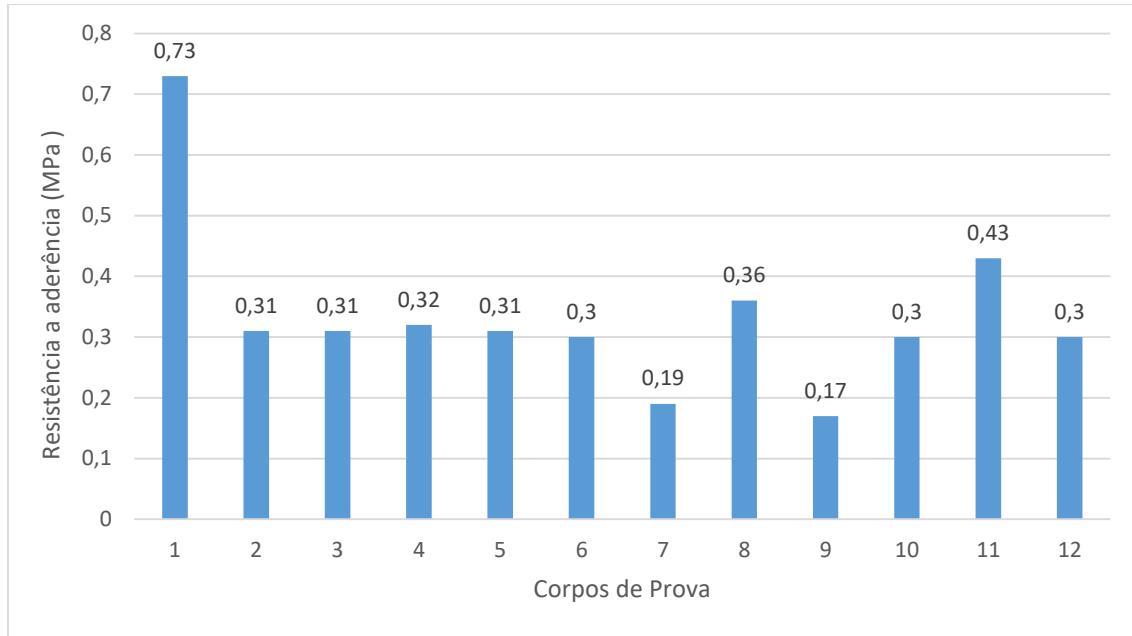
Figura 1 – Forma de rompimento das 12 amostras do pano no emboço interno



Fonte: empresa de controle tecnológico

Num segundo momento foi realizado o teste de arrancamento para o emboço externo (fachada) após 28 dias, também aplicado nas primeiras 12h, a fim de garantir que o mesmo estaria também em conformidade com a norma. Como pode ser observado no Gráfico 5, os resultados foram bem satisfatórios, onde dos doze corpos de provas analisados, obtivemos um total de dez acima ou igual a 0,30 MPa.

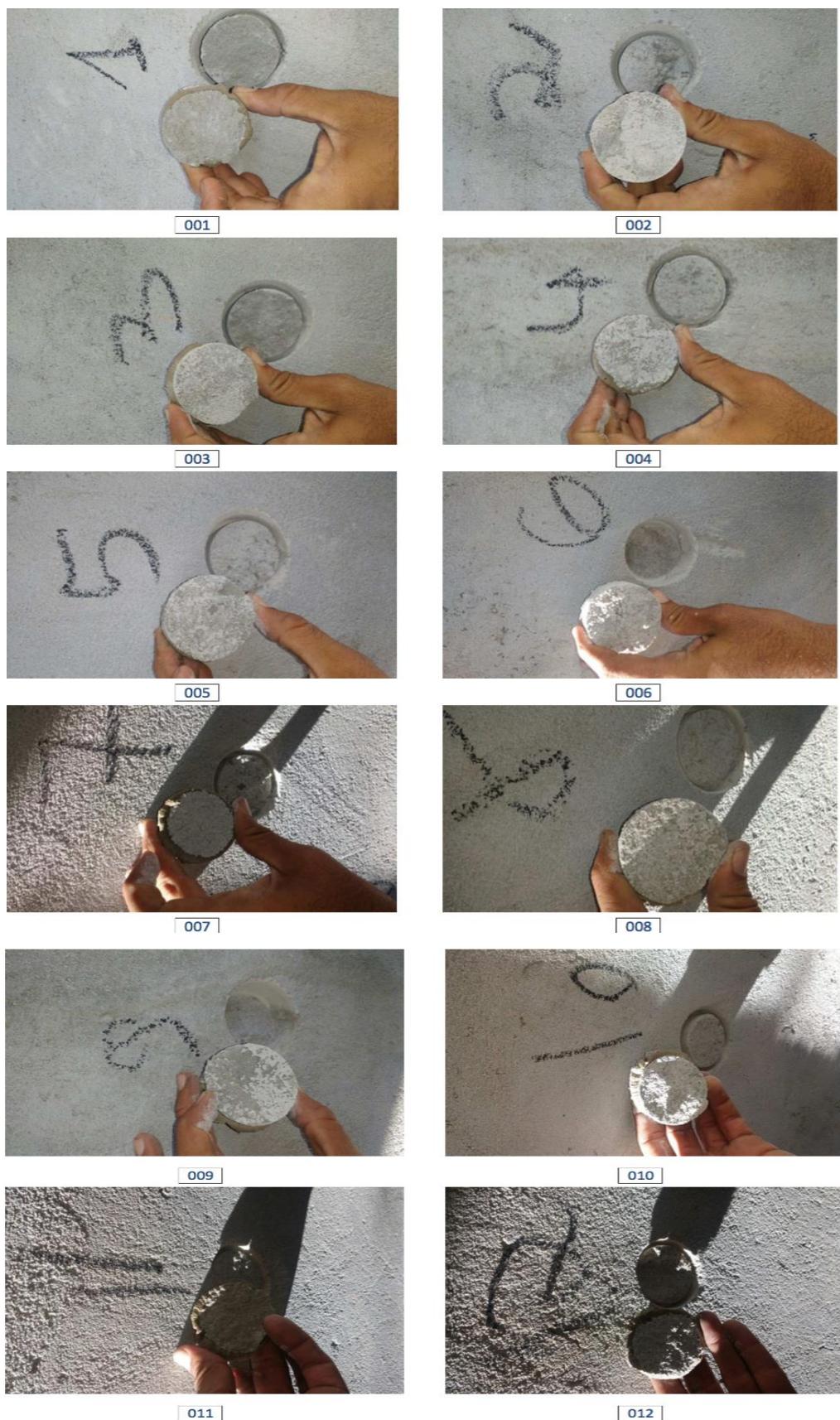
Gráfico 5 - Resistência de aderência a tração realizada no emboço externo



Fonte: empresa de controle tecnológico

O emboço externo apresentou uma forma de rompimento mais uniforme, com 100% de rompimento no emboço. Na Figura 2, percebe-se que a maioria das rupturas são superficiais, com exceção das amostras 6, 9 e 12 sendo um pouco mais profundas.

Figura 2 – Forma de rompimento das 12 amostras do pano no emboço externo



Fonte: empresa de controle tecnológico

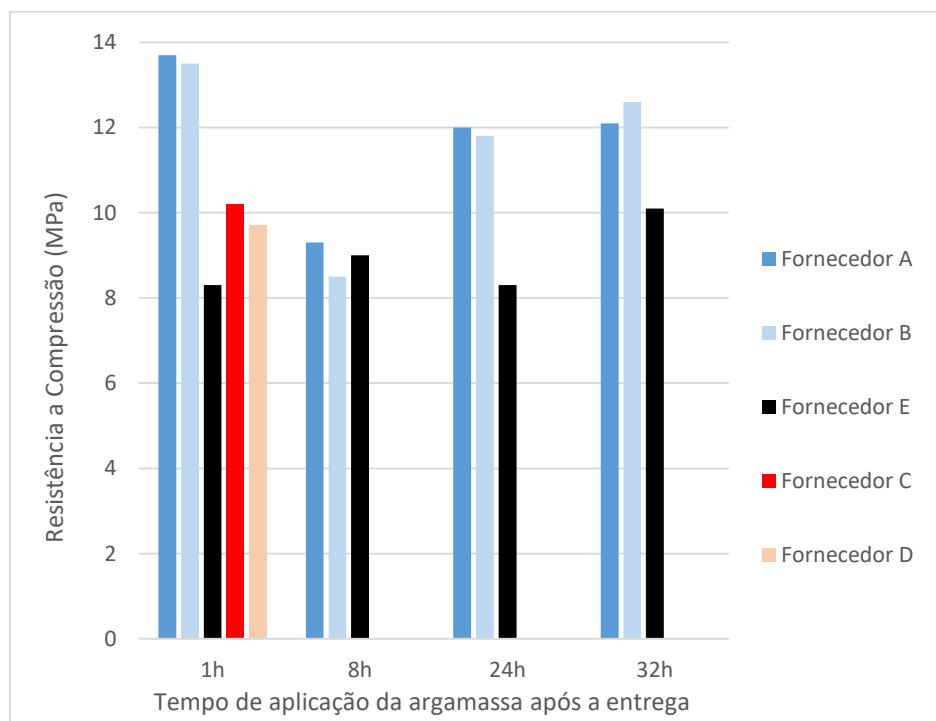
Para aprovação do pano é necessário que 2/3 das amostras apresentem valores acima ou iguais ao especificado na Tabela 04 extraída da norma. Como quase a totalidade da amostra superou a referência, verifica-se a qualidade da argamassa estabilizada.

Apesar da satisfação dos resultados, deve-se deixar bem claro que os testes podem mostrar dados totalmente insatisfatórios para uma mesma amostra devido a fatores externos. Variação higroscópica da base, variação de temperatura, limpeza do substrato de aplicação da argamassa e até mesmo o tempo para aplicação desta argamassa após a chegada na obra podem ser fatores decisivos na qualidade do material quanto a resistência a aderência.

Como a argamassa estabilizada contém uma usabilidade por até 72h, também foram feitos testes considerando a sua aplicação em 1h, 8h, 24h e 32 horas. O Gráfico 6 a seguir mostra os resultados a compressão para diferentes tipos de fornecedores com os respectivos tempos de aplicação.

A princípio foi verificado que a resistência a compressão da argamassa não decresce muito com a demora na aplicação da mesma. Pode-se notar, inclusive, que a argamassa do fornecedor “E” obteve um leve aumento na resistência a compressão com um maior tempo de aplicação.

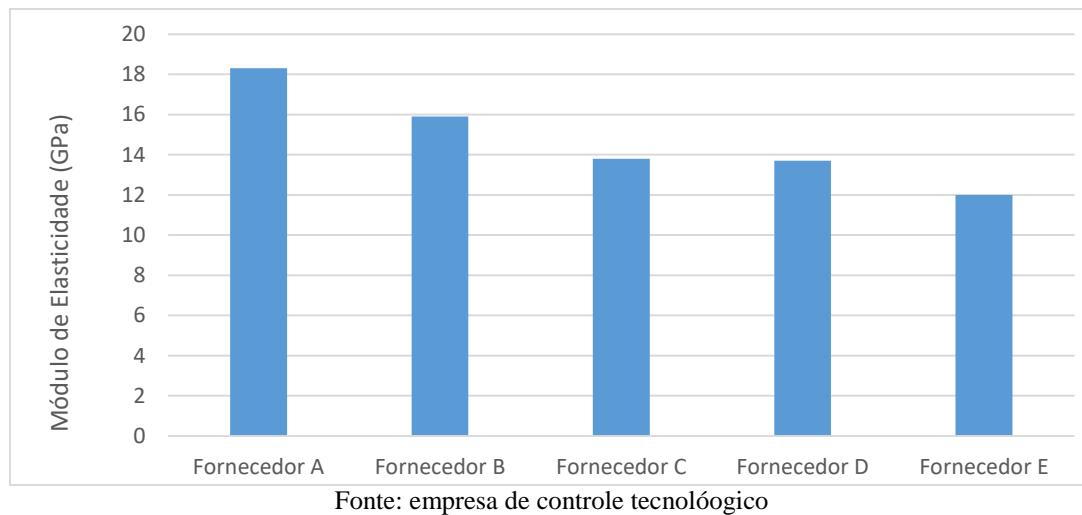
Gráfico 6 - Resistência a compressão (MPa) a 28 dias em blocos prismáticos da argamassa estabilizada



Fonte: empresa de controle tecnológico

Por fim, foram feitas análises quanto ao módulo de elasticidade para cada um destes lotes de argamassa. O Gráfico 7 mostra os valores do módulo de elasticidade em GPa para cada fornecedor analisado.

Gráfico 7 - Resultados do módulo de elasticidade (GPa) para cada fornecedor



Fonte: empresa de controle tecnológico

Os lotes dos fornecedores “A” e “B” obtiveram resultados maiores quanto a resistência a compressão, no entanto quanto maior a resistência maior o módulo de elasticidade, assim podem ser considerados em alguns casos inadequados para revestimentos, visto que uma maior rigidez da argamassa faz com que a mesma não acompanhe a movimentação dos edifícios devido ao vento, recalques diferenciais e expansões e dilatações térmicas, sendo mais suscetível a fissuras.

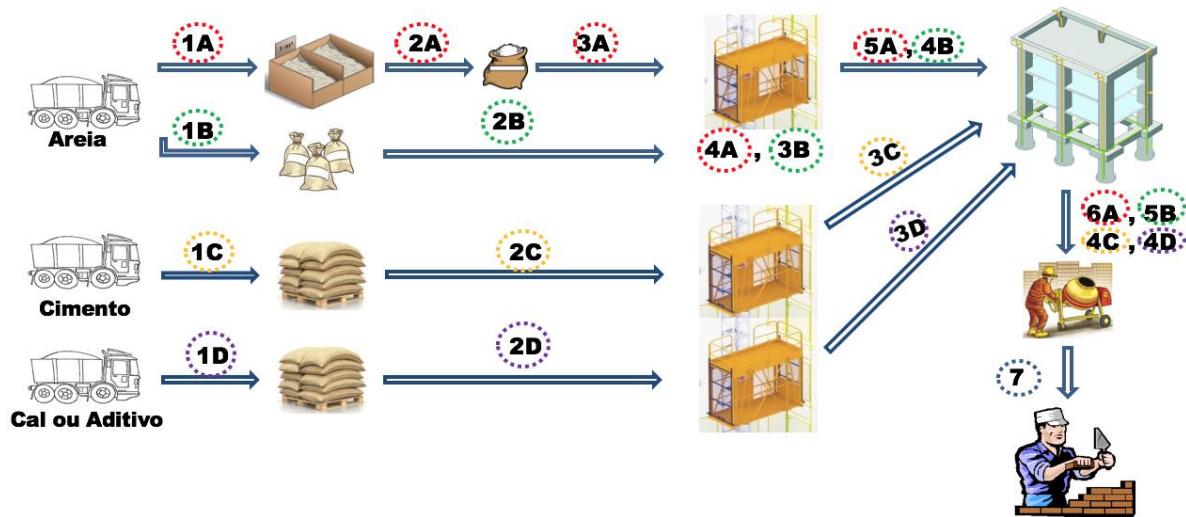
#### 4.3 Otimização logística

As argamassas estabilizadas são mais práticas do ponto de vista de transporte/uso por serem pré-fabricadas em indústrias especializadas. Sendo assim, temos um corte de etapas que são indispensáveis no caso de argamassas feitas in loco ou industrializadas. Com base nisso, temos uma otimização na logística do processo construtivo, além da dispensa de áreas para estoque de materiais.

No caso de argamassa moldada in loco, tem-se o descarreço e estocagem de sacos de cimento, cal ou aditivo e areia. Os sacos serão, então, deslocados verticalmente até atingirem o pavimento em que as paredes estejam prontas para serem revestidas com argamassa, em casos de servirem como emboço, ou quando esteja no momento certo para assentamento da alvenaria, claramente representado na Figura 3. No caso de a areia vir a granel, necessita-se de uma etapa extra para fazer sua transferência para recipientes ou

ensacá-las para serem enviadas ao destino final. Neste local, ocorrerá a mistura dos materiais numa betoneira para serem utilizadas logo após o preparo. O tempo de pega será próximo de 3h, sendo descartado o uso deste material quando ultrapassado este tempo, devido à perda das propriedades deste insumo.

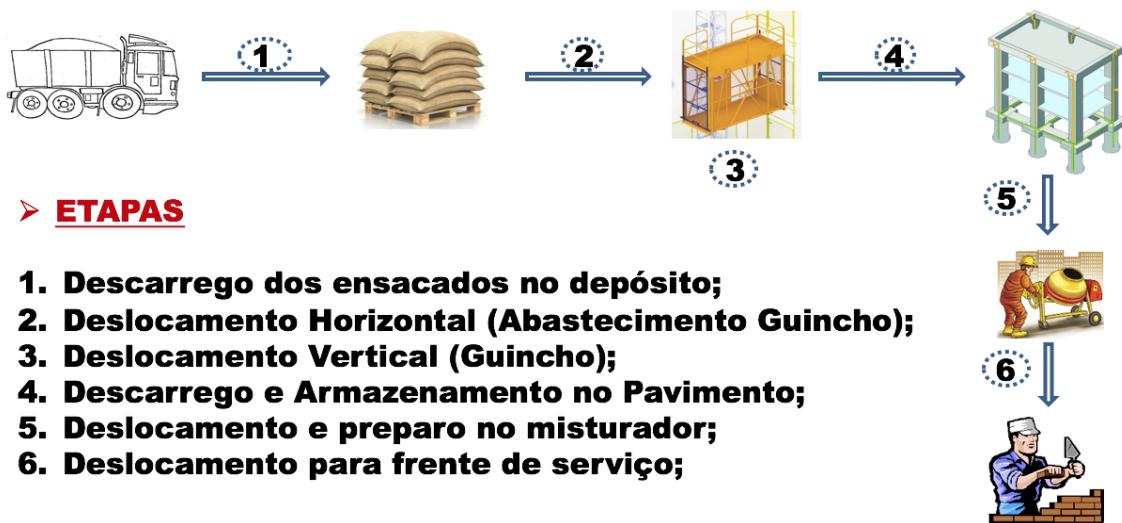
Figura 3 – Fluxo de valor do transporte das argamassas preparadas em obra (in loco)



Fonte: os autores

A inquietude decorrente das desvantagens do processo anterior, levou ao desenvolvimento das argamassas industrializadas. Neste caso, há apenas o descarregamento da mistura ensacada já pronta. O traço já é pré-misturado em empresas contratadas, e fornecido ensacado ao canteiro de obras. Houve uma redução das etapas de descarregamento de cimento, areia, cal ou aditivo a um único despejo. Quando deslocados verticalmente até o pavimento de destino, necessita-se apenas que seja adicionada água, para a argamassa ficar pronta para uso. O fluxo de valor, na Figura 4, deixa claro o processo de transporte. Seguindo as mesmas características das produzidas in loco, após 3h percebe-se uma mudança nas propriedades do traço pré-estabelecido, sendo seu uso inapropriado.

Figura 4 – Fluxo de valor do transporte das argamassas industrializadas (ou ensacadas)



Fonte: os autores

Surge assim no século XX, o primeiro registro da argamassa estabilizada que viria revolucionar a construção civil no Brasil. O caminhão betoneira transporta a argamassa completamente pronta para uso, sem precisar deslocar os sacos aos respectivos pavimentos. Há o despejo da argamassa em masseiras que serão armazenadas nos diversos andares através do deslocamento vertical com o uso de guinchos e poderão ser utilizadas com até três dias da data de entrega, devido à presença de aditivos estabilizadores. Depois de descarregadas nos pavimentos, há a coleta e deslocamento para as frentes de serviço. Observa-se a extinção da etapa de mistura pelo operário, que pode ser realocado para desempenhar outra atividade nesse intervalo. Além disso, o aumento da sua durabilidade torna o serviço muito mais eficiente. A Figura 5 concretiza a ideia acima descrita.

Figura 5 – Fluxo de valor do transporte das argamassas estabilizadas



Fonte: os autores

#### 4.4 Ganho de produtividade

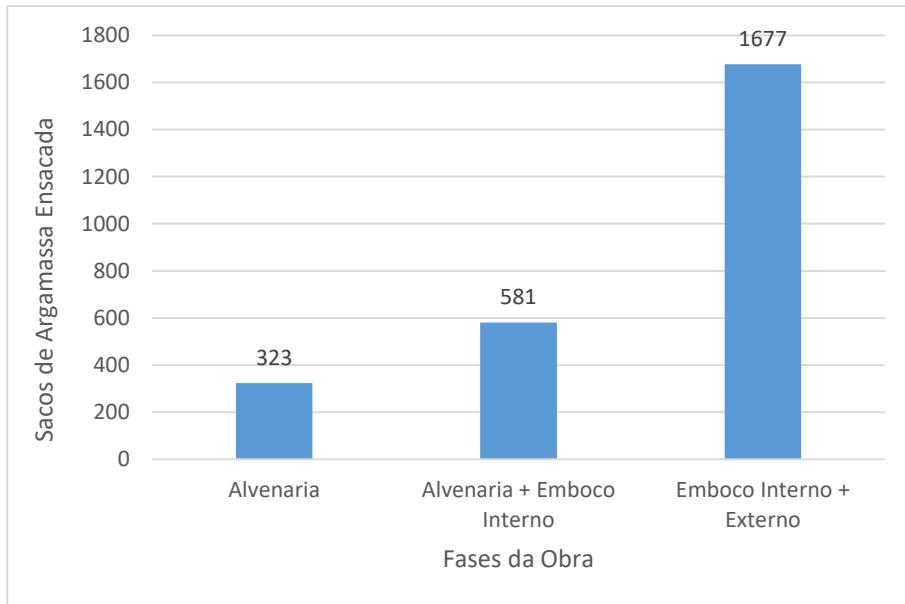
Com a otimização logística no processo construtivo e redução das despesas, tem-se por si só um aumento de produtividade, podendo esta se tornar ainda maior ao se delegar outras funções aos funcionários que estavam ocupando grande parte do seu tempo na produção da argamassa.

Na obra em questão, as equipes de alvenaria e emboço eram compostas por dois pedreiros profissionais e um ajudante. Antes da argamassa estabilizada, a função do ajudante era basicamente produzir a argamassa para os pedreiros, visto que o tempo que os pedreiros gastavam para utilizar a argamassa, era praticamente o mesmo em que o ajudante produzia a argamassa, não restando tempo algum para outras atividades. A partir do momento em que a argamassa passou a vir pronta, a função do ajudante foi ampliada e o mesmo passou a abastecer os pedreiros, ajudar com a execução dos serviços de emboço e alvenaria e também a fazer uma rígida limpeza do pavimento. A limpeza do pavimento que antes era feita muitas vezes nos sábados, sendo necessário pagar hora extra, passou a fazer parte da função dos ajudantes.

#### 4.5 Maior limpeza no canteiro de obra/ controle ambiental

Com a racionalização dos processos construtivos de execução da argamassa estabilizada espera-se uma maior limpeza no canteiro de obra e um maior controle ambiental. Pode-se concluir que a quantidade de sacos de argamassa ensacada no momento de pico da obra poderia chegar a 1677 sacos para um estoque de três dias, o que equivale a 42 pallets, sendo cada um deles carregado com no máximo 40 sacos empilhados, correspondendo a capacidade máxima de transporte do guincho. Isso equivale a uma área de estoque de  $50,4 \text{ m}^2$  que foi totalmente erradicada na argamassa estabilizada. No gráfico 8, tem-se a quantidade de sacos que seria requerida para armazenagem durante três dias nas 3 fases da obra: apenas no assentamento de alvenaria, no assentamento de alvenaria e emboço interno e na última etapa quando a argamassa servia para emboço interno e externo.

Gráfico 8 - Estoque de sacos de argamassa ensacada em um período de 3 dias



Fonte: os autores

Sendo assim, houve uma redução de 1677 sacos de lixo no momento de pico, sendo este valor apenas a cada três dias de obra e um ganho de espaço de 50,4 m<sup>2</sup> equivalentes aos 42 pallets que seriam necessários para esse estoque. As demais fases, de menos volume na obra, estão todas detalhadas na Tabela 5:

Tabela 5 - Quantidade de sacos estocados por 3 dias nas três fases da obra

Fases da Obra	Sacos/ 3 dias	Nº Pallets
Alvenaria	323	9
Alvenaria + Emboço Interno	581	15
Emboço Interno + Externo	1677	42

Fonte: os autores

## 5 CONCLUSÕES

Buscou-se com esse trabalho reunir e organizar dados de custos e testes técnicos obtidos com o uso da argamassa estabilizada em algumas obras na cidade do Recife – PE. Para tal objetivo foi-se necessário fazer algumas comparações orçamentarias com outros tipos de argamassa, bem como mostrar as vantagens da argamassa estabilizada no fluxo logístico dentro do canteiro de obra e sua responsabilidade com o meu ambiente. Como resultado, aspectos bem positivos da argamassa estabilizada foram evidenciados. Partindo-se dos resultados esperados, a argamassa estabilizada tem o menor custo/m<sup>3</sup> de produção da argamassa, ainda radicalizou pelo menos três etapas de transporte de materiais quando comparadas a argamassa feita in loco e evitou a produção de 1677 sacos de lixo a cada 3 dias equivalente ao que seria produzido pela argamassa ensacada na fase de pico da obra. Concomitante a estes fatos, nos testes de arrancamento realizados bons resultados foram obtidos em um pano com 12 amostras, realçando o motivo pela qual a argamassa estabilizada vem se propagando e ganhando muita competitividade no mercado de trabalho.

## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13528:2010 - Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência a tração.** Rio de Janeiro, 2010. 11p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13529:1995 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas.** Rio de Janeiro, 1995. 8p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13749:2013 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificações.** Rio de Janeiro, 2013. 8p.

BARROS, M & SABBATINI, F. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais.** Boletim técnico da escola politécnica da USP - Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991. 27p.

BAUER, E. et al. **Requisitos das Argamassas Estabilizadas para Revestimento.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Porto Alegre - RS. 2015.

CASALI. J. et al. **Avaliação das Propriedades no Estado Fresco e Endurecido da Argamassa Estabilizada para Revestimento.** In: IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Belo Horizonte - MG. 2011.

COSTA, I. **Estudo comparativo entre as argamassas de revestimento externo: Preparada em obra, industrializada fornecida em sacos, e estabilizada dosada em central.** Trabalho de conclusão de curso (TCC2) - Centro Universitário UNIVATES. Lajeado, 2016. 35p.

GRACE. **EcoTec Mix – Estabilizador de argamassa por tempo prolongado.** Catálogo de aditivo para concreto. 2014. 2p.

HERMANN, A & ROCHA, J. **Pesquisa de viabilidade da utilização da argamassa estabilizada modificada para revestimento sem a necessidade de aplicação do chapisco.** Trabalho de conclusão de curso (TCC2) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013. 101p.

RECENA, F. **Conhecendo Argamassa.** Segunda edição. Porto Alegre: ediPUCRS, 2012.

RUBIN, A. **Argamassas autonivelantes industrializadas para contrapiso: Análise do desempenho físico-mecânico frente as argamassas dosadas em obra.** Dissertação de (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015. 205p.