

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE GOIÁS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

**VIABILIDADE DO USO DE MÁQUINA
VIBRATÓRIA PARA ASSENTAMENTO DE
REVESTIMENTO CERÂMICO**

GABRIEL DAL ROSS PERES

JATAI
2021

GABRIEL DAL ROSS PERES

**VIABILIDADE DO USO DE MÁQUINA
VIBRATÓRIA PARA ASSENTAMENTO DE
REVESTIMENTO CERÂMICO**

Trabalho apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Francielle Coelho dos Santos.

JATAI
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Peres, Gabriel Dal Ross.

Viabilidade do uso de máquina vibratória para assentamento de revestimento cerâmico/ Gabriel Dal Ross Peres. -- Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, 2021.

36; il.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Francielle Coelho dos Santos.

Bibliografias.

1. Máquina vibratória. 2. Revestimento cerâmico. 3. Assentamento tradicional. 4. Aderência. 5. Qualidade. I. Santos, Francielle Coelho dos. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

Folha de Aprovação

GABRIEL DAL ROSS PERES

VIABILIDADE DO USO DE MÁQUINA VIBRATÓRIA PARA ASSENTAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Monografia defendida e aprovada, em 05 de Fevereiro de 2021, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª Dra. Francielle Coelho dos Santos

Presidente da banca / Orientadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof^ª Ma. Débora Pereira da Silva

Membro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Engenheiro Civil Pablo Franco
Membro
Construtora Nondas Machado Eireli

Jataí – GO

2021

Documento assinado eletronicamente por:

- Gabriel Dal Ross Peres, GABRIEL DAL ROSS PERES - ESTUDANTE - IFG - CÂMPUS JATAÍ (10870883000306), em 09/02/2021 11:41:10.
- Debora Pereira da Silva, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 08/02/2021 17:14:18.
- Pablo Franco, PABLO FRANCO - 214205 - ENGENHEIRO CIVIL - CONSTRUTORA NONDAS MACHADO (24843807000154), em 08/02/2021 16:28:35.
- Francielle Coelho dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/02/2021 15:17:08.

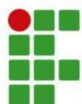
Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/02/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 127475

Código de Autenticação: f2cdbba250



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua Maria Vieira Cunha, nº 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3605-0837 (ramal: 837)



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico/Tecnológico - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Gabriel Dal Ross Peres

Matrícula: 20161020260315

Título do Trabalho: Viabilidade do uso de máquina vibratória para assentamento de revestimento cerâmico.

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Jataí, 04 / 03 / 2021.

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha orientadora, Fran, por aceitar a árdua missão de trilhar para mim os caminhos a serem percorridos até a obtenção do sucesso deste trabalho. Agradeço a sua paciência ao me ver negar e retrucar suas colocações acerca dos mais diversos pontos durante suas correções e orientações. Agradeço por não ter duvidado de minhas conjecturas.

Agradeço ao meu amigo e engenheiro chefe, Pablo Franco, pelo apoio prestado durante as execuções práticas dos trabalhos desenvolvidos, mantendo-se curioso e duvidoso a respeito dos resultados da pesquisa. Tal curiosidade e dúvida foram combustível para minha determinação.

Agradeço a minha amiga e professora, Debora Pereira, por conjuntamente me orientar e ensinar a respeito da elaboração deste trabalho, munindo-me de ideias, as quais me permitiram desenvolver uma melhor estrutura textual. Agradeço por me permitir conhecer sua amizade.

Agradeço a minha amiga, Gabriella Fonseca, por acarrear meus trabalhos acadêmicos, me provendo tempo para que eu pudesse resolver os ademais desafios encontrados na trajetória executiva desde trabalho.

Agradeço a meu irmão, Rafael Dal Ross, por se fazer meu melhor amigo no momento ao qual me encontrei mais solitário.

Agradeço ao meu amigo, Lucas Carvalho, genuinamente apelidado por mim de Alpiste, pela ajuda prestada na execução de meus ensaios, bem como na elevação de minha moral, mantendo fugaz meu desejo pelo sucesso.

Agradeço a esta, a qual faltam adjetivos, Raysa Moniza, pela honra e prazer em me permitir vislumbrar sua companhia. Me fez enxergar além de meu ego.

Agradeço por fim a aqueles que duvidaram de minha capacidade, pela oportuna chance de mostrá-la.

RESUMO

Ainda é presente no dia a dia das obras, práticas inadequadas durante a realização do serviço de assentamento de revestimento cerâmico. A máquina para assentamento de revestimentos, vem como proposta para melhorar o processo de execução deste serviço, garantindo-lhe maior qualidade. O objetivo geral desse trabalho consiste em verificar a qualidade do serviço de assentamento de revestimento cerâmico com o uso da máquina vibratória de assentamento. Foram assentadas oito peças de porcelanato 60x120 cm a fim de verificar as diferenças na qualidade do assentamento das peças com uso da máquina vibratória e o martelo de borracha. A qualidade foi verificada seguindo dois quesitos, adensamento da argamassa e a resistência de aderência das peças. Concluiu-se que a utilização da máquina vibratória para assentamento de revestimento cerâmico melhora a qualidade do serviço, bem como torna viável sua aplicação na execução do assentamento de revestimentos. O adensamento da argamassa, foi melhor nas peças assentadas com uso da máquina vibratória. A aderência nas peças assentadas com uso da máquina vibratória, foi em média o dobro do estipulado pela norma regulatória, tanto usando uma ou duas camadas de argamassa. Vale ressaltar que não houverem casos de valores reprovados. O uso da máquina vibratória foi muito eficiente em comparação com o método de assentamento tradicional, o que torna legítima a possibilidade do assentamento de peças com dimensões de área superficial, superiores a 900 cm², utilizando apenas camada única de argamassa.

Palavras-Chave: Máquina vibratória. Revestimento cerâmico. Assentamento tradicional. Aderência. Qualidade.

ABSTRACT

In the day-to-day of the works, inadequate practices are still present during the performance of the ceramic tile laying service. The machine for tiling ceramic tiles, like the one used in this research, comes as a proposal to improve the process of execution of this service, guaranteeing it higher quality. The general objective of this work is to verify the quality of the tiling ceramic tiles service using the laying machine. Eight pieces of 60x120 cm ceramic tile were installed in order to verify the differences in the quality of the placement of the pieces using the vibrating machine and the rubber hammer. The quality was checked following two requirements, densification mortar and the adhesion resistance of the pieces. The use of the vibratory machine for tiling ceramic tiles improves the quality of the service, as well as making its application viable when tiling tiles. The densification of the mortar was better in the pieces installed using the vibrating machine. The adherence in the pieces installed using the vibrating machine was, on average, twice that stipulated by the regulatory standard, using either one or two layers of mortar. There are no cases of disapproved values. The use of the vibrating machine proved to be high compared to the traditional laying method, which makes the possibility of laying pieces with surface area dimensions greater than 900 cm² legitimate, using only a single layer of mortar.

Keywords: Tile Tilling Machine. Ceramic tile. Traditional tiling. Adherence. Quality. Innovation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Máquina para assentamento de revestimento cerâmico da marca <i>Khaata Ferramentas</i> (A) e equipamento utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa (B) da marca YS-H.....	11
Figura 1.2 – Exemplificação da prática de reboco manual (A) e ilustração do processo mecanizado de reboco projetado (B).	12
Figura 1.3 – Exemplificação do aspecto seco e heterogêneo da argamassa de contrapiso convencional.....	13
Figura 1.4 – Exemplificação da argamassa de contrapiso autonivelante.	13
Figura 2.1 – Exemplificação dos cordões de argamassa desfeitos promovendo impregnação da peça.....	17
Figura 2.2 – Corte esquemático do sistema utilizado no ensaio de resistência a aderência.....	19
Figura 2.3 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência de revestimentos cerâmicos assentados com argamassa colante.....	20
Figura 2.4 – Vibrador mecânico para assentamento cerâmico cadastro sob pedido de patente BR1020120211408A2.....	21
Figura 2.5 – Máquina para assentamento de revestimento cerâmico comercializado pela marca <i>Khaata Ferramentas</i>	22
Figura 2.6 - Variante da máquina de assentamento de revestimento cerâmico da marca YS-H comercializado para o Brasil pelo site Banggood	22
Figura 3.1 – Fluxograma do processo executivo utilizando método de adensamento por percussão com martelo de borracha.....	24
Figura 3.2 – Fluxograma do processo executivo utilizando método de adensamento por vibração com máquina para assentamento de revestimentos cerâmicos	24
Figura 4.1 – Vista do amassamento dos cordões de argamassa das peças de porcelanato 60x120 cm assentadas utilizando a máquina vibratória com camada única de argamassa (A) e camada dupla (B).....	27
Figura 4.2 – Vista do amassamento dos cordões de argamassa das peças de porcelanato 60x120 cm assentadas utilizando o martelo de borracha com camada única de argamassa (A) e camada dupla (B).....	28

Figura 4.3 – Corpos de prova arrancados das peças de porcelanato assentada utilizando a máquina vibratória com camada única de argamassa (A) e camada dupla (B).....	30
Figura 4.4 – Corpos de prova arrancados das peças de porcelanato assentada utilizando o martelo de borracha com camada única de argamassa (A) e camada dupla (B).	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Resultados das tensões de ruptura dos corpos de prova assentados com uso da máquina vibratória.....	29
Tabela 4.2 – Resultados das tensões de ruptura dos corpos de prova assentados com uso do martelo de borracha.	29
Tabela 4.3 – Resultados das tensões de ruptura e forma de ruptura dos corpos de prova das peças cerâmicas ensaiadas por terceiros.....	32
Tabela 4.4 – Percentual de cada tipo de ruptura ocorrido.	33

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	10
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	10
1.1.1 O mercado de revestimentos	10
1.1.2 Histórico de sucesso de novos métodos executivos na construção civil.....	12
1.1.3 Hipóteses da pesquisa.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 OBJETIVOS.....	15
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 ASSENTAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO	16
2.1.1 Método normativo	16
2.1.2 Falhas presentes na execução do serviço de assentamento de revestimentos	17
2.2 ADERÊNCIA	18
2.2.1 Definições e formas de mensuração.....	18
2.3 MÁQUINA PARA ASSENTAMENTO DE REVESTIMENTO.....	20
2.3.1 Descrição geral.....	20
2.3.2 Versão brasileira com registro de patente	21
2.3.3 Versão comercializada no Brasil.....	21
2.3.4 Comparação entre a versão comercializada no brasil e a utilizada para análise	22
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA.....	24
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS.....	27
4.1 AMASSAMENTO DOS CORDÕES DE ARGAMASSA	27
4.2 ENSAIO DE RESISTENCIA DE ADERÊNCIA.....	28
4.2.1 Preparação das peças e realização do ensaio.....	28
4.2.2 Análise de resultado dos ensaios	31
4.3 COLETA DE DADOS DE OUTROS ENSAIOS.....	32
4.3.1 Apresentação dos dados obtidos	32
4.3.2 Análise dos dados e comparação com resultados autorais	33
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

1.1.1 O mercado de revestimentos

Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmicas para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres (ANFACER), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de revestimentos cerâmicos e o segundo maior consumidor do material, sendo que no ano de 2019 a produção alcançou a casa dos 909 milhões de metros quadrados (ANFACER, 2020). Baseado neste alto consumo do material cerâmico, entende-se que existe a necessidade de mão de obra especializada para a execução do serviço de assentamento de revestimentos.

A falta de mão de obra adequada acarreta em uma execução incorreta do serviço de assentamento de revestimentos, podendo propiciar danos aos proprietários dos imóveis. Uma das principais causas dos problemas com revestimentos são as práticas errôneas no momento do assentamento da peça, como a não utilização da dupla camada de argamassa colante em peças com dimensões maiores que 900 cm², conforme descrito no item 5.7.7 da NBR 13.753:1996 - Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. A ausência desta prática gera ganhos de produtividade, devido à menor movimentação exigida por parte do executor, mas pode vir a causar patologias como o deslocamento da peça cerâmica ou o som cavo do revestimento mal fixado.

Nas instâncias jurídicas, especificamente no Tribunal de Justiça do Distrito Federal e dos Territórios (TJDFT), há processos relacionados aos defeitos do serviço de assentamento de revestimento em edificação nova, conforme relatado pelo requerente, no qual “o revestimento apresentava trincas e rachaduras, com infiltrações em vários pontos, causando descolamento, sendo necessário reparo imediato. Além disso, o piso apresentava ondulações, que geravam retenção de água, com risco de proliferação de insetos.” (TJDFT, 2020). O parecer do juiz nesse processo está a seguir:

“O juiz da 16ª Vara Cível de Brasília condenou a construtora RV LTDA a pagar a proprietário de apartamento novo em prédio da construtora a quantia de R\$ 21.501,44 por ressarcimento de gastos com problemas no imóvel.” (TJDFT, 2020)

Essas falhas nas práticas executivas do método de assentamento de revestimentos cerâmicos foram analisadas por Hoffman e Longo (2019) em áreas externas sob execução e gerenciamento de duas empresas distintas de construção civil, no qual os autores verificaram que existia em ambos os processos de assentamento, desconformidades com as recomendações e exigências feitas pela norma NBR 13.753 (ABNT,1996).

Com relação ao aprimoramento da técnica de execução do assentamento de revestimentos, diversas marcas desenvolveram produtos que visam entregar praticidade e velocidade ao executor, mantendo os padrões de qualidade exigidos pelas NBR's. As marcas *Quartzolit*, *Portokoll* e *Votorantin* são hoje as principais fornecedoras de argamassas colantes do mercado brasileiro. A argamassa especial fluida camada única da marca *Portokoll* promete entregar aderência que satisfaz as exigências normativas, dispensando a prática da dupla camada em peças com área superior a 900 cm² citada na NBR 13.753 (ABNT, 1996).

Paralelamente, no mercado brasileiro, a empresa *Khaata Ferramentas* tem introduzido um equipamento que vibra a peça para gerar o adensamento da argamassa colante e efetuar uma fixação de qualidade, buscando manter o alto índice de produtividade sem infringir as recomendações normativas, conforme apresentado na Figura 1.1-A. Nesta pesquisa, será utilizado um equipamento semelhante importado da China da marca YS-H (Figura 1.1-B), devido a indisponibilidade da versão brasileira.

Figura 1.1 – Máquina para assentamento de revestimento cerâmico da marca *Khaata Ferramentas* (A) e equipamento utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa (B) da marca YS-H.



Fonte: Khaata Ferramentas (2021) e Banggood (2021).

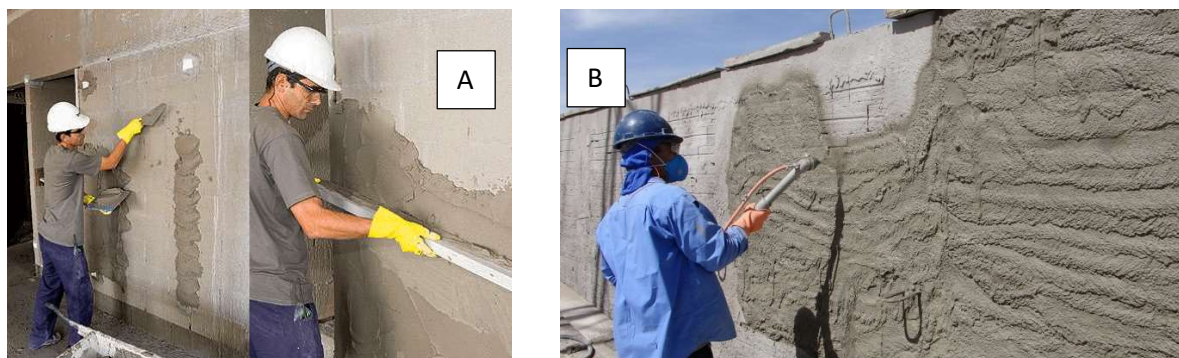
1.1.2 Histórico de sucesso de novos métodos executivos na construção civil

Tendo em vista o ganho de produtividade e qualidade pelo tipo de equipamento utilizado neste estudo, pode-se citar algumas ocorrências de sucesso, de outros modelos modernizados de sistemas executivos para serviços da construção civil, que demonstram a importância da implantação de tecnologias no canteiro de obras.

Dentre eles podemos citar o estudo realizado por Souza (2018), que analisou o serviço de revestimento de paredes executados em argamassa industrializada projetada, o comumente conhecido reboco projetado, que se trata de um sistema mecânico de execução do serviço de reboco de alvenarias de forma moderna e produtiva. Similar ao procedimento convencional onde o colaborador projeta a argamassa na parede em pequenas quantidades, de forma manual como visto na Figura 1.2-A, o sistema mecânico utiliza de uma máquina que funciona como uma espécie de jato de argamassa, projetando a argamassa na parede, de forma contínua, exemplificado na Figura 1.2-B.

Souza (2018) comprovou que o método mais moderno de execução, o sistema de reboco projetado, foi 2,5 vezes mais produtivo e 15,22% mais econômico.

Figura 1.2 – Exemplificação da prática de reboco manual (A) e ilustração do processo mecanizado de reboco projetado (B).



Fonte: Pedreira (2021) e Morena Imóveis (2021).

Outro caso de implementação de tecnologias no canteiro de obras que resultou em ganhos de produtividade, qualidade e economia, foi o uso da tecnologia de contrapiso autonivelante, relatado no estudo realizado por Araújo e Ramires (2017).

O contrapiso é a camada regularizadora que precede o revestimento cerâmico em pisos, e tem como método convencional de execução o uso de uma argamassa seca, chamada em obra de “farofa”, devido ao seu aspecto heterogêneo, visto na Figura 1.3. É espalhada uniformemente

pela base onde será feita a regularização, e compactada com objetivo de adensar e promover resistência.

Buscando ganhos no processo executivo desenvolveu-se o sistema de contrapiso autonivelante, no qual utiliza-se uma argamassa fluida e homogênea, exemplificado na Figura 1.4, que quando lançada sob a base, se espalha fácil e igualmente, conferindo uma camada já nivelada e uniforme ao final do serviço, promovendo produtividade e qualidade ao serviço. A principal diferença entre a argamassa do contrapiso tradicional e o autonivelante está nos aditivos especiais de sua composição, que controlam a viscosidade e aumentam a fluidez do material.

Figura 1.3 – Exemplificação do aspecto seco e heterogêneo da argamassa de contrapiso convencional.



Fonte: FoxLux (2021).

Figura 1.4 – Exemplificação da argamassa de contrapiso autonivelante.



Fonte: Portal Construção (2021).

Araújo e Ramires (2017) analisaram os dois processos de execução em três torres, das quais, mediram o custo de execução do serviço. Na torre A, onde utilizou-se o contrapiso convencional, o custo foi de R\$118.270,46, e o custo de execução na torre B, que utilizou o

sistema de contrapiso autonivelante foi de R\$62.546,88. Tendo por base este dado, verifica-se uma diminuição de custos que beira a margem de 45%, ou seja, o uso do sistema mais moderno conferiu uma redução do preço total do serviço em quase metade, quando comparado ao sistema convencional. Foi adotado o sistema de contrapiso autonivelante na torre C.

1.1.3 Hipóteses da pesquisa

As hipóteses que sustentaram o desenvolvimento desta pesquisa de conclusão de curso foram:

Hipótese 1: A utilização deste equipamento pode padronizar a execução do serviço de assentamento de revestimentos, garantindo assim maior confiabilidade, pois o processo mecânico apresenta regulagem da força de adensamento aplicada, fator ausente no procedimento manual preconizado pela NBR 13.753 (ABNT, 1996).

Hipótese 2: Especula-se a possibilidade de utilizar-se apenas uma camada de argamassa em peças com dimensões superiores a 900 cm², baseado no fato de que com o melhor adensamento da argamassa, possa ser obtido aderência com apenas camada única, igual ou superior ao atingido pelo método convencional com adensamento manual e camada dupla, gerando assim mais velocidade no serviço e economia de material.

1.2 JUSTIFICATIVA

O uso de novos sistemas construtivos mais modernos e tecnológicos geram ganhos de produção, qualidade e redução de custos, como verificado nos dois modelos apresentados, de reboco projetado e contrapiso autonivelante.

Também como constatado no estudo de Hoffman e Longo (2019) ainda é presente no dia a dia das obras, práticas inadequadas durante a realização do serviço de assentamento de revestimento cerâmico. A máquina para assentamento de revestimentos, como a utilizada nesta pesquisa, vem como proposta para modernizar o processo de execução deste serviço, no mesmo segmento dos novos métodos construtivos citados acima, de reboco projetado e contrapiso autonivelante, que visaram produtividade, qualidade e redução de custos através da implementação de uma nova tecnologia.

Justifica-se então o interesse em propor uma análise do método de assentamento com o uso da máquina vibratória de assentamento, tendo em vista o grande mercado do serviço de revestimentos, a história de sucesso de outros métodos inovadores e as hipóteses de melhoria estabelecidas.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho consiste em verificar a qualidade do serviço de assentamento de revestimento cerâmico com o uso da máquina vibratória de assentamento e determinar sua viabilidade quanto as possibilidades de melhora do serviço.

Para este fim, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- a) Verificar o amassamento dos cordões de argamassa nas peças assentadas pelo método recomendado por norma e com uso do equipamento;
- b) Avaliar a aderência das peças assentadas pelo método normativo com uso do martelo de borracha, aplicando camada única e dupla de argamassa;
- c) Avaliar a aderência das peças assentadas com o uso do equipamento, aplicadas com camada única e dupla de argamassa;
- d) Coletar e analisar dados referentes a aderência obtida no assentamento pelo método tradicional em obras de construção civil diversas;

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ASSENTAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO

2.1.1 Método normativo

Como base teórica para elaboração de qualquer pesquisa no ramo de processo executivo de revestimento cerâmico, tem-se a NBR 13.753 (ABNT,1996). Ela é a norma que prescreve as práticas adequadas para execução de tal serviço. Nela está especificado quais as ferramentas e quais as práticas executivas devem ser adotadas durante o serviço.

De forma ligeira, a norma determina uma sequência de passos para o assentamento das peças com dimensões superiores a 900 cm², denominadas neste trabalho como peças de grandes formatos, que se visualizam a partir do item 5.7.7.1 como:

- a) espalhar e pentear a argamassa colante no contrapiso e no tardo de das placas cerâmicas;
- b) aplicar cada placa cerâmica ligeiramente fora de posição, de modo a cruzar os cordões do tardo e do contrapiso e em seguida pressiona-la, arrastando-a até a sua posição final;
- c) atingida a posição final, aplicar vibrações manuais de grande frequência, transmitidas pelas pontas dos dedos, procurando obter a maior acomodação possível que pode ser constatada quando a argamassa colante flui nas bordas da placa cerâmica.

No item 5.7.8 a norma complementa determinando que “na aplicação das placas cerâmicas os cordões de argamassa devem ser totalmente desfeitos, formando uma camada uniforme, configurando-se impregnação total do tardo pela argamassa colante” (ABNT, 1996, pág. 13). Este processo se ilustra na Figura 2.1.

De forma semelhante ao determinado pela norma, é encontrado no dia a dia das obras o uso de um martelo de borracha, usado para substituir as vibrações manuais, de modo que o impacto promovido pela ação do martelo age adensando a argamassa e esmagando os cordões.

Figura 2.1 – Exemplificação dos cordões de argamassa defeitos promovendo impregnação da peça



Fonte: Quartzolit (2021).

2.1.2 Falhas presentes na execução do serviço de assentamento de revestimentos

Em estudo desenvolvido por Andrade (2010), houve o acompanhamento da execução de assentamento de porcelanatos com dimensões superiores a 900 cm² em sete diferentes casos, com diferentes profissionais à frente do serviço. Ao fim da análise foi possível, segundo Andrade (2010), verificar a falta de cuidados e técnicas por parte dos profissionais assentadores, comprovado através dos testes, onde as peças cerâmicas eram erguidas posteriormente a seu assentamento e era possível observar que em todos os sete casos não havia ocorrido o esmagamento completo dos cordões de argamassa. Em todos os sete casos, a autora identificou que foram utilizadas as práticas de adensamento tradicionais, por meio da percussão com martelo de borracha, além disso em apenas três casos foram seguidas as técnicas especificadas por norma referente ao uso de dupla camada de argamassa em peças de grandes formatos.

Tendo em mãos tais dados, fica perceptível certa falha no método tradicional de assentamento por meio do martelo de borracha. Existem outros fatores que também implicaram nas incongruências relatadas no estudo de Andrade (2010) no momento da verificação do serviço, mas o uso do martelo de borracha esteve presente em todos os casos, e mostrou-se como método ineficiente, tratando-se de peças de grandes tamanhos.

2.2 ADERÊNCIA

2.2.1 Definições e formas de mensuração

O fator que mede a efetividade do processo de assentamento, seja ele manual ou mecânico, é a aderência. Simplificadamente, segundo a Oxford Languages (2020), aderência significa “união de uma coisa com outra”, que nesta pesquisa se entenderá como a união entre a peça cerâmica e o seu substrato, o contrapiso. Essa união é promovida pela argamassa colante.

Segundo Carasek (1996), a aderência entre um substrato poroso como o contrapiso e a argamassa colante ocorre através de um fenômeno essencialmente mecânico. Esse fenômeno é caracterizado pela transferência de água que ocorre entre a argamassa e o substrato, possibilitando a entrada da pasta de cimento nos poros do substrato, que promovem a ancoragem do revestimento. A autora identificou através de microscopia a morfologia e a natureza dos produtos formados nessa região, e afirmou ser o intertravamento de cristais nos poros do substrato o principal responsável pela resistência de aderência. Ainda segundo Carasek (2007) uma possibilidade de incremento de aderência está relacionada a energia de impacto aplicada no momento da execução do assentamento das peças cerâmicas.

A mensuração deste fator de colagem, a aderência, é instrumentalmente determinada pelo ensaio descrito na norma NBR 13.753 – Anexo A (ABNT,1996). O ensaio utiliza de um equipamento que aplica uma força de tração continuamente a uma pastilha metálica colada sob a superfície de um corpo de prova de revestimento, afim de verificar a força necessária para o arrancamento deste corpo de prova. A execução está dividida em etapas, e tem início na escolha dos corpos de prova, que segundo a norma, devem-se estabelecer 6 corpos de prova por ensaio. Em seguida é instruído a realizar a preparação dos corpos de prova, onde é determinado que se faça o corte dos corpos de prova, uma vez que estes têm dimensões de 100x100 mm, sejam limpos afim de retirar partículas soltas de sujeira e então efetuar a colagem da pastilha metálica sobre eles. Após a colagem das pastilhas pode ser posicionado o equipamento de tração e realizar o ensaio verificando-se então a força necessária para o arrancamento do corpo de prova. A Figura 2.2 apresenta uma esquematização deste sistema pastilha-cola-corpo de prova.

Realizado o ensaio, deve-se observar a força no mostrador do equipamento, e a forma de ruptura. A força no mostrador (P) é dada em newtons, e deve ser dividida pela área superficial (A) da pastilha, em metros quadrados, para determinar a resistência de aderência (R) em pascals (Equação 2.1). A resistência mínima estabelecida por norma é de 0,3 MPa.

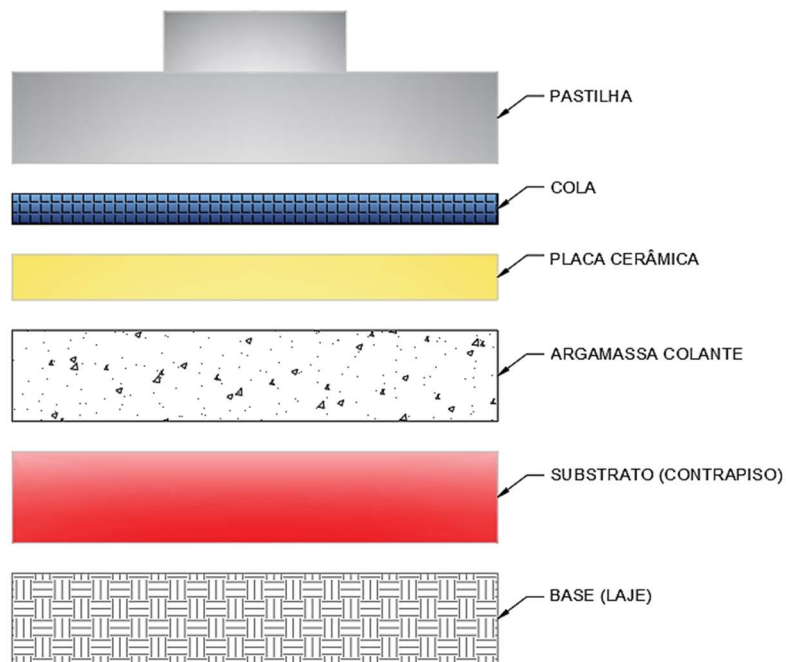
$$R = \frac{P}{A}$$

Equação 2.1

Já a respeito da forma de ruptura, pode se dar por 7 formas diferentes, ilustradas na Figura 2.3:

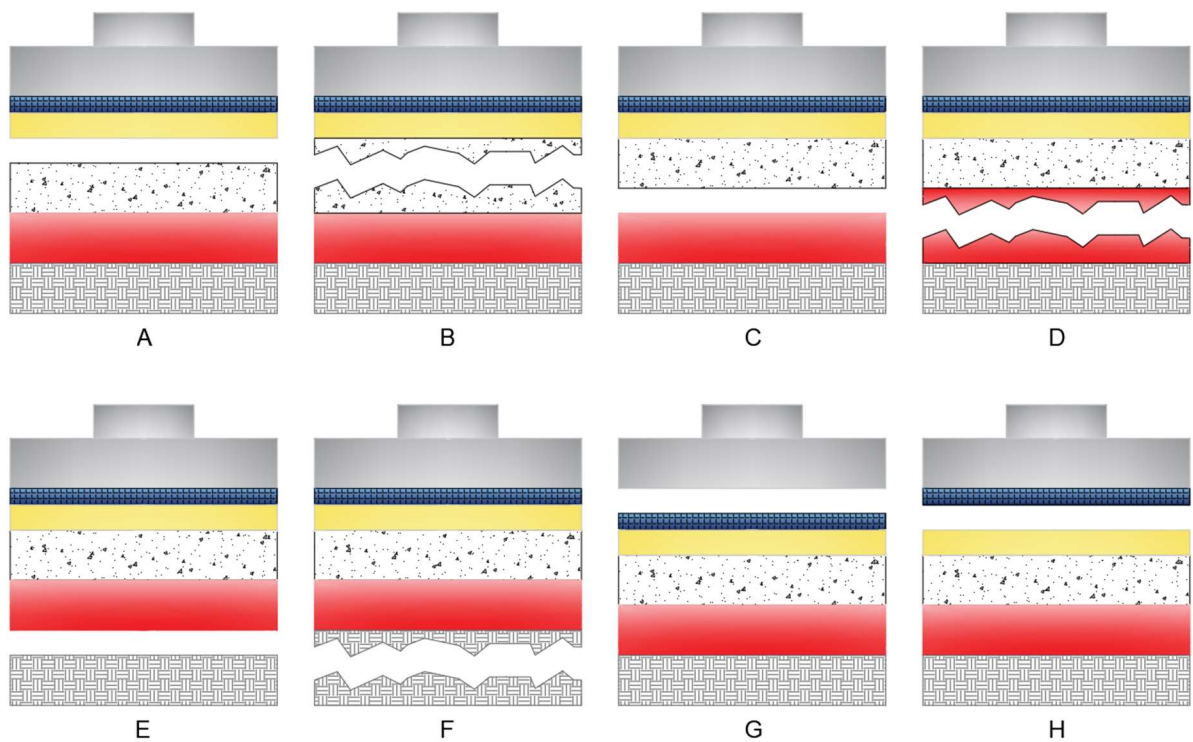
- a) ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colante;
- b) ruptura no interior da argamassa colante;
- c) ruptura na interface argamassa colante/substrato;
- d) ruptura no interior da argamassa do substrato;
- e) ruptura na interface substrato/base;
- f) ruptura no interior da base;
- g) ruptura na interface pastilha/cola; ou
- h) ruptura na interface cola/placa cerâmica.

Figura 2.2 – Corte esquemático do sistema utilizado no ensaio de resistência a aderência.



Fonte: Autoria Própria (2021)

Figura 2.3 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência de revestimentos cerâmicos assentados com argamassa colante.



Fonte: Autoria Própria (2021)

2.3 MÁQUINA PARA ASSENTAMENTO DE REVESTIMENTO

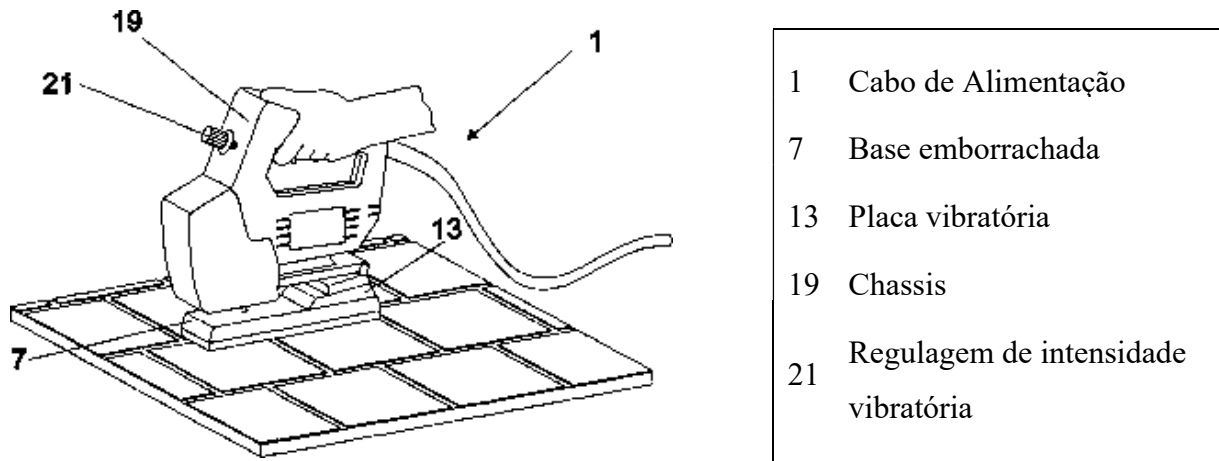
2.3.1 Descrição geral

A máquina vibratória para o assentamento de revestimentos visa otimizar a execução desse serviço, atendendo aos requisitos estabelecidos na NBR 13.753 (ABNT, 1996). Esse equipamento é composto por um conjunto de ventosa e motor, que gera vibrações controladas no revestimento. Em seu funcionamento, a ventosa trabalha sob ação da alavanca presente no equipamento, exercendo força de sucção na peça, facilitando o manuseio no momento de pegar e posicionar a peça sob a base. Com a peça colocada sob a base, realiza-se o ajuste de intensidade da vibração do motor, em seguida, pressiona-se o motor contra a peça, ativando a função de vibração, que irá adensar a argamassa esmagando os cordões, em substituição da força aplicada pelas mãos ou pelo martelo de borracha usados no método normativo.

2.3.2 Versão brasileira com registro de patente

Buscando a respeito das possíveis origens deste equipamento, encontrou-se no Brasil um pedido de patente realizado por um grupo de 5 pessoas (CERQUEIRA *et al.*, 2012) a respeito de um equipamento muito semelhante ao que será usado nesta pesquisa. A versão do equipamento deste grupo tinha como *design* uma ferramenta portátil alimentada por cabo de força, composta por um sistema de motor rotativo que transferia vibrações a peça cerâmica por meio de uma base emborrachada amortecedora, mostrado na Figura 2.4. O título do pedido de patente foi “Vibrador mecânico para assentamento cerâmico”, e o número do pedido foi BR1020120211408A2.

Figura 2.4 – Vibrador mecânico para assentamento cerâmico cadastro sob pedido de patente BR1020120211408A2.



Fonte: Escavador (2021).

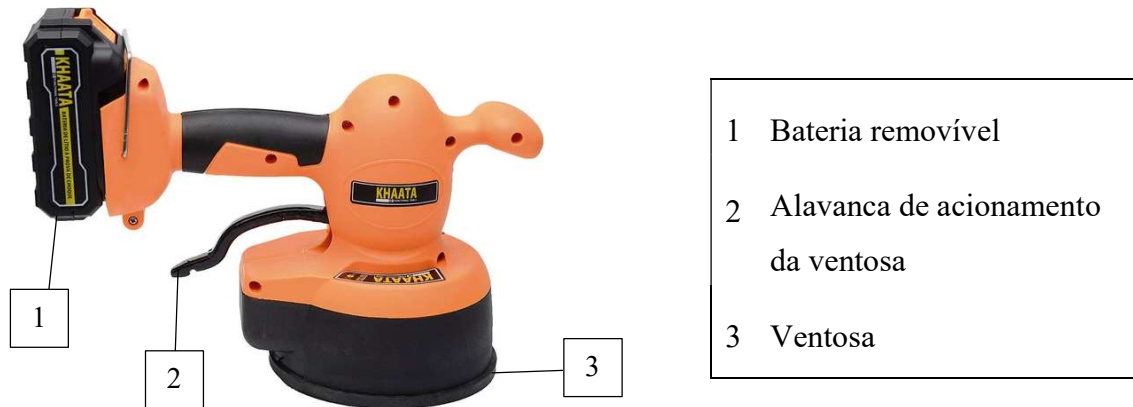
No pedido de patente estão descritas as funções do equipamento e esclarecem que o equipamento proporciona manuseio simples, pois não exige prática e nem habilidade do operador, garante a redução do tempo gasto no serviço, reduz custos e melhora ergonomia e condições do trabalho (CERQUEIRA *et al.*, 2012).

2.3.3 Versão comercializada no Brasil

No Brasil a empresa Khaata Ferramentas comercializa uma versão semelhante a encontrada no pedido de patente citado anteriormente, mas com diferenças como a alimentação, no qual o modelo da Khaata (Figura 2.5) é alimentado por bateria portátil e recarregável, já o modelo da patente é alimentado por cabo de energia. Outra diferença é o fato de o modelo

brasileiro possuir em sua área de contato uma ventosa, contrário ao patenteado que possui apenas uma placa base emborrachada.

Figura 2.5 – Máquina para assentamento de revestimento cerâmico comercializado pela marca *Khaata Ferramentas*.

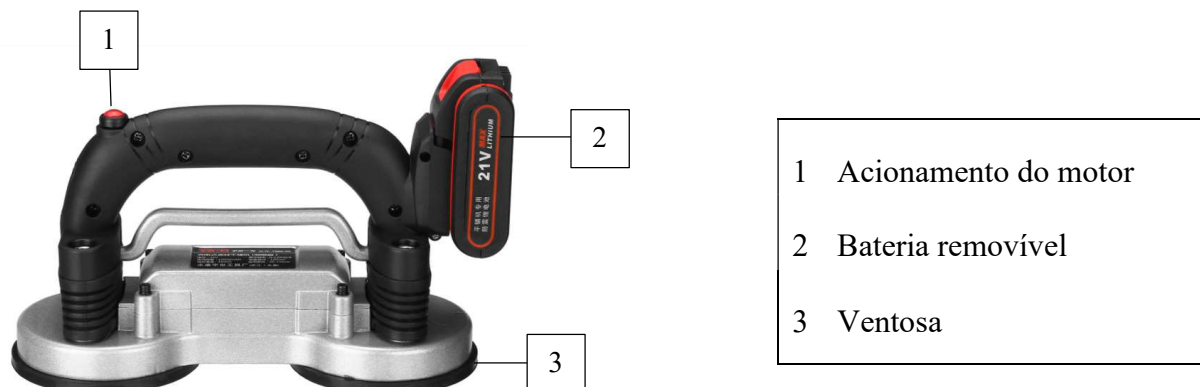


Fonte: Khaata Ferramentas (2021).

2.3.4 Comparação entre a versão comercializada no Brasil e a utilizada para análise

Os modelos da máquina para assentamento de revestimento disponíveis comercialmente são abrangentes, mas em sua maior parte estão disponíveis apenas no mercado estrangeiro. Como visto até aqui, existe apenas um modelo comercializado no Brasil, vendido pela *Khaata Ferramentas*. Mas por indisponibilidade de estoque deste modelo no momento da compra optou-se por importar um equipamento da marca YS-H (Figura 2.6), comercializado no mercado chinês e disponível para compra no site da empresa *Banggood*.

Figura 2.6 - Variante da máquina de assentamento de revestimento cerâmico da marca YS-H comercializado para o Brasil pelo site Banggood



Fonte: Banggood (2021).

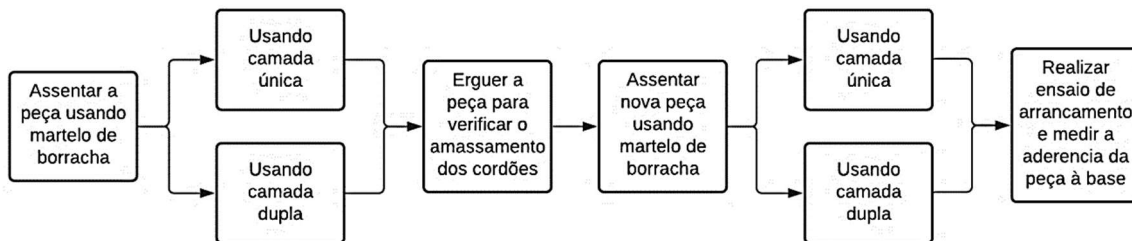
Comparando ambas as versões se encontram diferenças sutis, mas importantes entre eles. O modelo escolhido (Figura 2.4) apresenta características melhores em relação ao modelo brasileiro (Figura 2.3), como por exemplo, o modelo escolhido é provido de duas ventosas com capacidade de carga total de 200 quilogramas e bateria de cinco mil miliamperes, já a versão brasileira tem apenas uma ventosa com capacidade de carga total de 25 quilogramas e bateria de dois mil e quinhentos miliamperes.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Foi realizado neste trabalho uma pesquisa experimental buscando atingir os objetivos supracitados. Como guia para as atividades e serem desenvolvidas teve como base normativa a NBR 13753:1996.

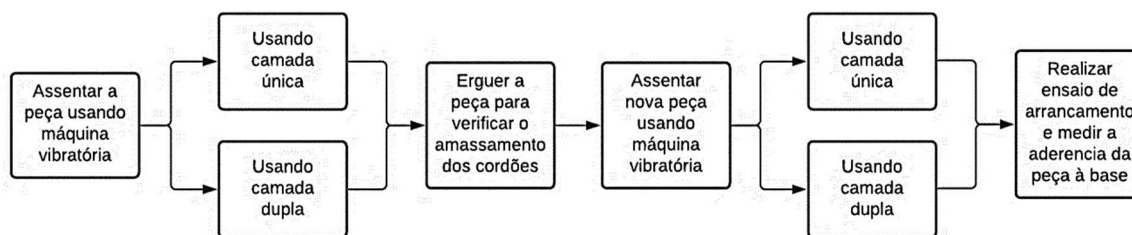
O delineamento dessa pesquisa pode ser melhor visualizado nos fluxogramas da Figura 3.1 e Figura 3.2 respectivamente.

Figura 3.1 – Fluxograma do processo executivo utilizando método de adensamento por percussão com martelo de borracha



Fonte: Autoria Própria (2021)

Figura 3.2 – Fluxograma do processo executivo utilizando método de adensamento por vibração com máquina para assentamento de revestimentos cerâmicos



Fonte: Autoria Própria (2021)

A delimitação dessa pesquisa se reserva ao intervalo definido pelo momento de aplicação da argamassa na peça, até o momento pós cura da argamassa, no qual o revestimento está liberado para trânsito, ou neste caso, liberado para realização do ensaio de arrancamento, e sob ressalva, tratando-se de peças com dimensões superiores a 900 cm² de área superficial e excluindo o procedimento de rejuntamento. O que precede o início do serviço, como período

de cura do contrapiso, limpeza do local, preparação da argamassa e semelhantes não fizeram parte do escopo desta pesquisa. O foco foi inteiramente no assentamento da peça, pois é a isso que o equipamento descrito no trabalho se propõe a fazer.

Os materiais utilizados foram:

- Desempenadeira de aço dentada 10 mm x 10 mm x 10 mm;
- Colher de pedreiro;
- Martelo de borracha;
- Máquina para assentamento de revestimento (modelo da marca YS-H, importado pelo site de vendas Banggood – adquirido pelo autor deste trabalho);
- Recipiente para argamassa;
- Misturador mecânico de argamassa;
- Equipamento de tração;
- Pastilha
- Dispositivo de corte de revestimento;
- Espátula;
- Porcelanato Polido 120 cm x 60cm.

Os parâmetros de execução seguirão um fluxo executivo base, fundamentado na NBR 13753 (ABNT,1996), que compreende a seguinte sequência:

- a) assentamento da peça cerâmica ao substrato;
- b) verificação do estado de adensamento da argamassa;
- c) assentamento de novas peças para mensuração da aderência;
- d) realização do ensaio de determinação de resistência de aderência.

Foram definidas oito amostras para o ensaio, quatro amostras para visualização do amassamento dos cordões de argamassa ainda no estado fresco e quatro para o ensaio de resistência de aderência. Referente ao procedimento executivo do assentamento das peças, seguiu-se a seguinte ordem em ambas as duas verificações realizadas:

- a) assentamento da peça utilizando camada única de argamassa e adensamento por percussão de martelo de borracha;
- b) assentamento da peça utilizando camada dupla de argamassa e adensamento por percussão de martelo de borracha;
- c) assentamento da peça utilizando camada única de argamassa e adensamento por vibração mecânica com uso do equipamento;
- d) assentamento da peça utilizando camada dupla de argamassa e adensamento por vibração mecânica com uso do equipamento

Ressalta-se que os itens a e c destoam da norma, uma vez que foram executadas com camada única de argamassa em peças de grandes formatos¹.

Após o assentamento das quatro primeiras peças, utilizando-se do martelo de borracha e também a máquina vibratória, foi realizada a verificação visual do estado de adensamento da argamassa e feito o registro fotográfico de cada amostra.

Findada a verificação do adensamento da argamassa, foram assentadas as outras quatro peças, estas destinadas a serem ensaiadas para determinação da resistência de aderência. Após 46 dias corridos da data de assentamento, foi realizado o ensaio de arrancamento por um profissional habilitado, operante em um laboratório especializado.

Concluída a fase experimental, foram coletados dados de outros 82 ensaios de resistência de aderência em revestimentos de piso, assentados em diversas obras utilizando-se do método tradicional com martelo de borracha, afim de promover uma análise comparativa com os resultados obtidos pelo autor.

Findada toda coleta de dados, tanto aqueles obtidos diretamente via ensaios próprios, quanto os dados obtidos por ensaios de terceiros, foi feita a análise de resultados afim de determinar a viabilidade do uso da máquina para assentamento de revestimentos cerâmicos.

¹ Peças com área superficial superior a 900cm².

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa foram obtidos através dos processos metodológicos estipulados e estão apresentados a seguir.

4.1 AMASSAMENTO DOS CORDÕES DE ARGAMASSA

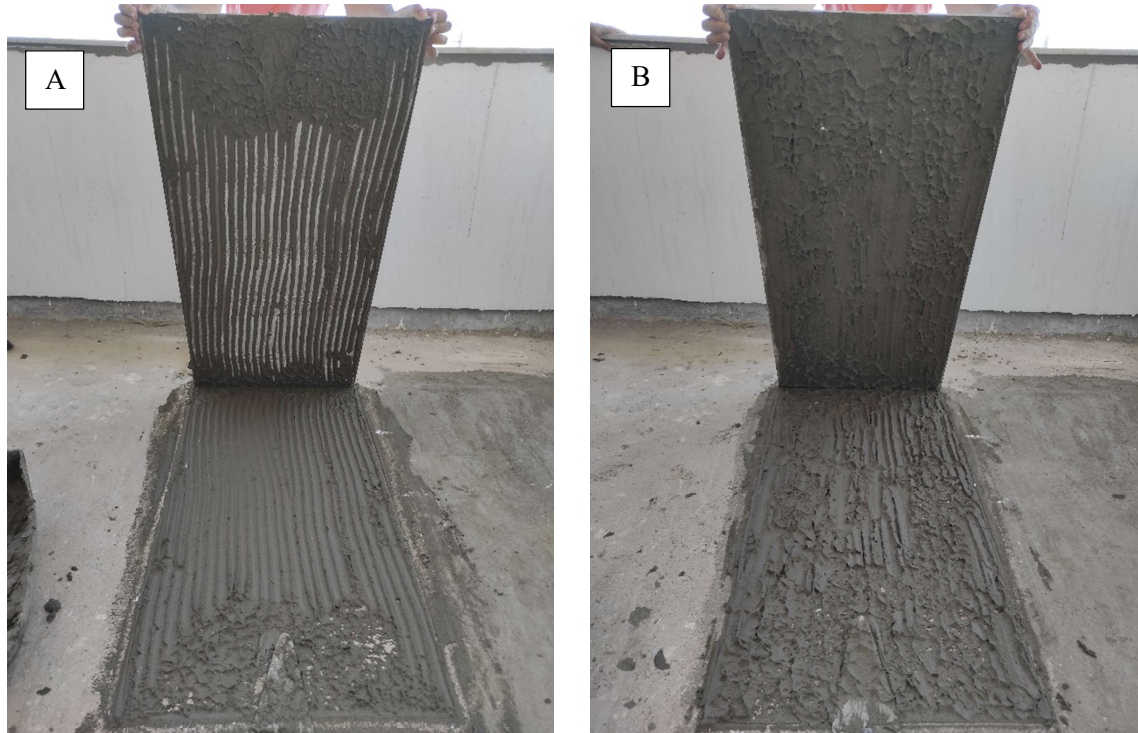
Após assentadas, as quatro peças de porcelanato polido de dimensões 60x120 cm foram erguidas para verificação visual do amassamento dos cordões de argamassa. Foram usadas duas peças assentadas com uso da máquina vibratória, uma com camada única (Figura 4.1-A) e outra com camada dupla (Figura 4.1-B) e duas outras peças assentadas com uso do martelo de borracha, também com uma peça usando camada única de argamassa (Figura 4.2-A) e outra com camada dupla (Figura 4.2-B).

Figura 4.1 – Vista do amassamento dos cordões de argamassa das peças de porcelanato 60x120 cm assentadas utilizando a máquina vibratória com camada única de argamassa (A) e camada dupla (B).



Fonte: Autoria Própria (2021)

Figura 4.2 – Vista do amassamento dos cordões de argamassa das peças de porcelanato 60x120 cm assentadas utilizando o martelo de borracha com camada única de argamassa (A) e camada dupla (B).



Fonte: Autoria Própria (2021)

Analisando visualmente as amostras, notou-se um maior nível de impregnação de argamassa nas peças aplicadas com uso da máquina vibratória, sendo que nas peças assentadas com apenas uma camada de argamassa, ficou mais evidente o maior nível de amassamento dos cordões. A diferença do adensamento nas peças assentadas com dupla camada foi mais sutil, mas ainda assim foi possível visualizar maior impregnação na peça da figura 4.1-B.

4.2 ENSAIO DE RESISTENCIA DE ADERÊNCIA

Sequencialmente à verificação da qualidade do assentamento pela visualização do amassamento dos cordões de argamassa, foram assentadas outras quatro novas peças, seguindo o processo metodológico estabelecido.

4.2.1 Preparação das peças e realização do ensaio

Após 46 dias da data de assentamento foi realizado o ensaio de resistência de aderência determinado pela NBR 13.753 – Anexo A (ABNT, 1996). O ensaio foi administrado por um laboratório especializado. Os valores obtidos bem como a forma de rompimento estão registrados nas Tabelas 4.1 e 4.2, com médias respectivas de 0,63 Mpa e 0,56 Mpa nas peças

assentadas com a máquina vibratória e 0,45 Mpa e 0,38 Mpa nas peças assentadas com martelo de borracha. A forma de rompimento de cada corpo de prova foi registrada fotograficamente e visualizam-se nas Figuras 4.3 e 4.4.

Tabela 4.1 – Resultados das tensões de ruptura dos corpos de prova assentados com uso da máquina vibratória.

Camada única - Máquina			Camada Dupla - Máquina		
CP	Tensão (Mpa)	Ruptura	CP	Tensão (Mpa)	Ruptura
1	0,79	D	1	0,59	C
2	0,74	D	2	0,62	D
3	0,63	H	3	0,61	D
4	0,56	D	4	0,59	D
5	0,50	D	5	0,32	D
6	0,60	D	6	0,65	D

Fonte: Autoria Própria (2021)

Tabela 4.2 – Resultados das tensões de ruptura dos corpos de prova assentados com uso do martelo de borracha.

Camada única - Martelo			Camada Dupla - Martelo		
CP	Tensão (Mpa)	Ruptura	CP	Tensão (Mpa)	Ruptura
1	0,43	C	1	0,30	A
2	0,49	C	2	0,48	D
3	0,55	C	3	0,28	A
4	0,22	C	4	0,36	A
5	0,60	C	5	0,38	A
6	0,41	C	6	0,49	D

Fonte: Autoria Própria (2021)

As formas de ruptura estão descritas de acordo com a seguinte nomenclatura:

A – Ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colante;

B - Ruptura no interior da argamassa colante;

C – Ruptura na interface argamassa colante/substrato;

D – Ruptura no interior da argamassa do substrato;

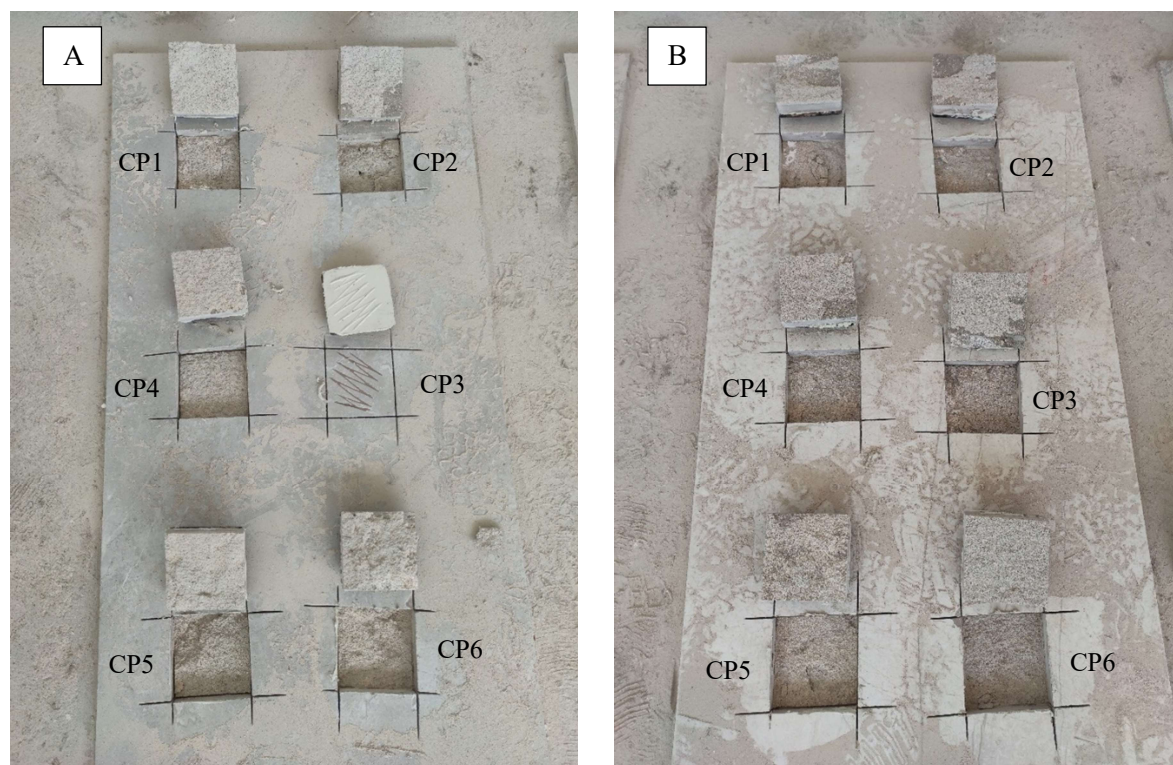
E – Ruptura na interface substrato/base;

F – Ruptura no interior da base;

G – Ruptura na interface pastilha/cola;

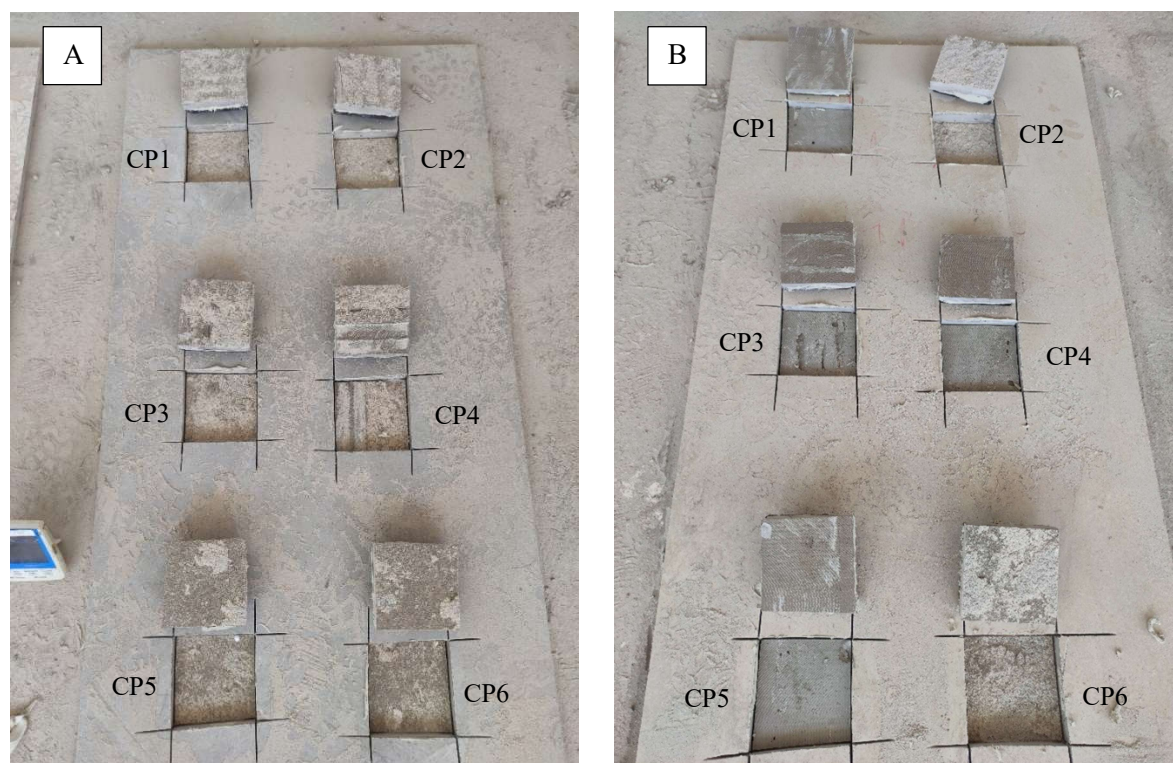
H – Ruptura na interface cola/placa cerâmica

Figura 4.3 – Corpos de prova arrancados das peças de porcelanato assentada utilizando a máquina vibratória com camada única de argamassa (A) e camada dupla (B).



Fonte: Autoria Própria (2021)

Figura 4.4 – Corpos de prova arrancados das peças de porcelanato assentada utilizando o martelo de borracha com camada única de argamassa (A) e camada dupla (B).



Fonte: Autoria Própria (2021)

4.2.2 Análise de resultado dos ensaios

Houveram diferentes formas de rompimento dos corpos de prova, indicando qual foi o ponto de menor resistência, por exemplo, se o rompimento ocorreu no interior do substrato, foi este o ponto de menor resistência do sistema. Entende-se que neste caso, tanto a cola da pastilha, a interface peça cerâmica/argamassa e a interface argamassa/substrato resistiram a força e quem não resistiu foi a argamassa do contrapiso, rompendo-se.

Este caso em específico, de rompimento no interior do substrato, deixa em aberto o real valor da resistência de aderência, pois a força suportada pela interface peça cerâmica/argamassa não foi mensurada em sua totalidade, afinal ela resistiu a força aplicada, e quem rompeu-se foi o substrato, sendo ele o fator limitante. Logo, neste caso, pode-se admitir que a força da resistência de aderência do porcelanato com o substrato seria na verdade ainda maior que o valor registrado. Observou-se que os resultados de tensão resistente das peças assentadas com uso da máquina vibratória foram em sua maioria o dobro valor mínimo especificado por norma de 0,30 MPa, além disso os revestimentos assentados com camada única obtiveram valor superior aos 0,30 MPa mínimos, mesmo sendo essa uma prática considerada incorreta pela normativa vigente.

Ainda sobre os resultados referentes as peças assentadas com uso da máquina vibratória, ao fazer a análise das formas de ruptura, percebe-se que em 9 dos 12 corpos de prova, o rompimento se deu na argamassa do substrato, ou seja, o valor máximo de resistência de aderência não foi efetivamente mensurado, pois o contrapiso foi o fator limitante, uma vez que foi ele o ponto menos resistente do sistema. Este fato deixa evidente que os resultados de resistência reais da aderência das peças com o substrato, seriam ainda maiores que os medidos caso a resistência do substrato não tivesse limitado o ensaio.

Por sua vez os resultados de tensão resistente das peças assentadas com uso do martelo de borracha tiveram em ambos os modelos, camada única e dupla, um dos corpos de prova com valores em desacordo com o mínimo estipulado por norma, os CPs 4 (camada única) e 3 (camada dupla), evidenciando as falhas do método, afinal não houve uma total e eficiente colagem da peça cerâmica. Entretanto os valores médios de resistência das peças assentadas com camada única e dupla, de respectivamente 0,45 Mpa e 0,38 Mpa, atendem o estipulado por norma de 0,30 Mpa.

Fazendo a análise das formas de ruptura das peças assentadas com martelo de borracha, verifica-se que o rompimento no sistema de camada única, aconteceu em sua maioria na interface argamassa/substrato. Tais rompimentos não tiveram fator limitante, ou seja, o valor medido foi efetivamente a resistência de aderência das peças. No sistema de camada dupla a maior parte dos rompimentos foi na interface placa cerâmica/argamassa, onde neste tipo de rompimento o valor encontrado também não é limitado, representando o valor máximo da aderência obtida. Sobretudo houveram dois corpos de prova com rompimento no interior do substrato, logo neste caso, os valores reais foram limitados pelo tipo de rompimento, tornando passível o fato de que a real média das tensões resistentes neste sistema fosse maior que a mensurada.

4.3 COLETA DE DADOS DE OUTROS ENSAIOS

4.3.1 Apresentação dos dados obtidos

Foi feita uma coleta, juntamente a um laboratório especializado, dos dados de 82 corpos de prova de ensaios de resistência de aderência, realizados por terceiros em diversas obras com peças cerâmicas assentadas pelo método tradicional utilizando martelo de borracha. A apresentação destes dados se dá na tabela 4.3 e 4.4, onde apresenta-se os resultados de resistência e ruptura encontrados em todos os ensaios, bem como a porcentagem de cada tipo de ruptura ocorrido. Em nenhum dos ensaios houve a especificação se foram usadas camada única ou dupla de argamassa, entretanto, todas as peças ensaiadas, eram de dimensões com área superficial maior que 900 cm². Todos os ensaios foram realizados em peças de porcelanato.

Tabela 4.3 – Resultados das tensões de ruptura e forma de ruptura dos corpos de prova das peças cerâmicas ensaiadas por terceiros.

0,38	C	0,47	H	0,80	C	0,42	C	0,52	A	0,02	A	0,23	A
0,52	C	0,51	B	0,38	A	0,32	A	0,58	H	0,71	A	0,43	B
0,34	D	0,47	A	0,50	A	0,57	A	0,72	H	0,41	A	0,46	D
0,24	C	0,47	H	0,51	A	0,45	C	0,67	H	0,75	A	0,45	C
0,19	C	0,40	C	0,50	A	0,46	C	0,76	H	0,70	A	0,05	A
0,41	C	0,36	H	0,45	A	0,30	C	0,85	H	0,72	A	0,33	A
0,37	B	0,39	B	0,56	B	0,40	C	0,37	B	0,37	H	0,53	A
0,36	A	0,41	C	0,63	H	0,48	C	0,40	H	0,42	H	0,63	A
0,51	H	0,40	D	0,50	H	0,37	C	0,34	B	0,32	B	0,68	H
0,29	A	0,48	B	0,48	H	0,29	C	0,38	H	0,23	C	0,52	A
0,33	A	0,37	B	0,44	H	0,27	C	0,40	H	0,36	A		
0,51	B	0,29	B	0,53	B	0,31	C	0,42	H	0,09	A		

Fonte: Autoria Própria (2021)

Tabela 4.4 – Percentual de cada tipo de ruptura ocorrido.

Percentual dos tipos de ruptura	
Tipo de Ruptura	% de ocorrência
A	31,71%
B	15,85%
C	24,39%
D	3,66%
E	0,00%
F	0,00%
G	0,00%
H	24,39%

Fonte: Autoria Própria (2021)

4.3.2 Análise dos dados e comparação com resultados autorais

Verificando os percentuais dos tipos de ruptura, tem-se que 24,39% romperam na interface cola/placa cerâmica. Este tipo de ruptura não permite a mensuração do real valor de aderência entre a placa cerâmica e o substrato, pois a cola foi o fator limitante, sendo ela o ponto menos resistente.

Partindo para os demais valores, tem-se que a média das tensões resistentes foi de 0,44 MPa, logo de modo geral a média dos resultados está dentro do mínimo estabelecido pela normativa, de 0,30 MPa. Porém observa-se que 11 dos 82 resultados ficaram abaixo do requerido por norma, como por exemplo os valores extremamente baixos de 0,02 MPa e 0,09 MPa que apresentaram rompimento entre peça cerâmica/argamassa, que evidenciam as falhas presentes no método tradicional de assentamento com martelo de borracha.

Ainda referente a análise restrita dos dados coletados, observou-se que 56,10% das rupturas ocorreram nas interfaces da argamassa, rupturas cujos valores refletem o cenário no qual as zonas de menor resistência foram entre a peça cerâmica/argamassa e a argamassa/substrato, ou seja, as zonas de colagem do sistema.

De modo geral tais dados confirmam a integridade dos ensaios realizados pelo autor, não havendo discrepâncias negativas entre os resultados dos ensaios próprios e de terceiros, uma vez que os ensaios autorais transpareceram por via de seus resultados um assentamento correto das peças com uso do martelo de borracha, tanto aplicadas com camada única, que obteve uma média de tensões da ordem de 0,45 MPa, como com camada dupla, que teve como média 0,38 MPa.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

Este estudo apontou que a utilização da máquina vibratória para assentamento de revestimento cerâmico melhora a qualidade do serviço, bem como torna viável sua aplicação na execução do assentamento de revestimentos. Tal fato ficou nítido após fazer a comparação entre as peças de porcelanato assentadas com uso da máquina vibratória e aquelas assentadas pelo método tradicional com martelo de borracha.

O adensamento da argamassa, verificado através do amassamento dos cordões, foi melhor nas peças assentadas com uso da máquina vibratória, tanto utilizando camada única ou dupla de argamassa.

A aderência nas peças assentadas pelo método tradicional com martelo de borracha foi boa, obtendo resultados médios que satisfazem a normativa regulatória, usando uma ou duas camadas de argamassa. Entretanto alguns valores individuais dos ensaios realizados foram reprovados, mostrando que mesmo seguindo-se das instruções normativas, o processo é passível de falhas.

A aderência nas peças assentadas com uso da máquina vibratória, foi em média o dobro do estipulado pela norma regulatória, tanto usando uma ou duas camadas de argamassa. Não houveram casos de valores reprovados.

Os dados coletados dos ensaios de arrancamento realizados por terceiros em obras diversas atestaram a integridade dos valores obtidos nos ensaios autorais bem como reforçaram os termos propostos na justificativa da pesquisa, onde citou-se que o método tradicional de assentamento apresenta falhas numerosas.

A eficiência do uso da máquina vibratória no processo de assentamento foi tamanha, que se torna legítima a possibilidade do assentamento de peças com dimensões de área superficial, superiores a 900 cm², utilizando apenas camada única de argamassa, promovendo assim uma economia de 50% nos custos do material, atestando a veracidade das hipóteses estabelecidas para a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. **Placas de porcelanato de grandes dimensões no revestimento de pisos: Técnicas de assentamento**. Trabalho de Conclusão de Curso defendido no Curso de Engenharia Civil da Universidade de Engenharia do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre, RS, 2010.
- ARAÚJO, A. **Análise comparativa da utilização do contrapiso autonivelante em relação ao sistema tradicional** – estudo de caso em uma obra vertical na cidade de Maceió – AL. Trabalho de Conclusão de Curso defendido no Curso de Engenharia Civil ao Centro Universitário CESMAC, em Maceió, AL, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13753: Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1996.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTOS, LOUÇAS SANITÁRIAS E CONGÊNERES. **Números do setor cerâmico**. Disponível em: anfacer.org.br/numeros-do-setor/. Acesso em: 27 set. 2020.
- BANGGOOD. **Banggood**: good life doesn't cost a fortune, 2021. Outras ferramentas elétricas. Disponível em: https://br.banggood.com/60-120mmTiling-Tiles-Machine-Tiles-Vibrator-Suction-Cup-Adjustable-p-1670891.html?rmmds=detail-bottom-also_bought__6&cur_warehouse=CN. Acesso em: 05 de jan. de 2021.
- CARASEK, H. **Aderência de Argamassas à Base de Cimento Portland a Substratos Porosos**: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- CARASEK, H. Argamassas. In: ISAILA, G. C. (Org.). **Materiais de Construção Civil**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2007. v. 1.
- CERQUEIRA, J, MORAIS, D., OLIVEIRA, A., COSTA, R., SANTOS, J. **Vibrador mecânico para assentamento cerâmico**. BR 10 2012 021140 8 A2, jun.17/2014.
- FOX LUX. **FoxLux**, 2021. Contrapiso: como estimar a quantidade de material e ferramentas. Disponível em: <https://www.foxlux.com.br/blog/dicas/contrapiso-como-estimar-quantidade-de-material-e-ferramentas/>. Acesso em: 07 de jan. de 2021.
- HOFFMAN, G., & LONGO, L. **Análise do Processo de Execução de Piso com Revestimento**. Trabalho de Conclusão de Curso defendido no Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL, em Palhoça, SC, novembro de 2019.
- KHAATA FERRAMENTAS. **Khaata Ferramentas**, 2021. Máquina para assentar piso cerâmico porcelana ferramenta sucção elétrica auto rendimento 120x120. Disponível em: <https://www.khaataferramentas.com.br/maquina-de-assentar-piso-ceramico-porcelana-ferramenta-succao-eletrica-auto-rendimento-120x120-grande>. Acesso em: 15 de jan. de 2021.

MORENA CONSTRUTORA. **Morena Construtora**, 2021. Morena inova em suas obras com máquina protetora de reboco. Disponível em: <https://morenaimoveis.com.br/materia/48-morena-inova-em-suas-obras-com-maquina-projetora-de-reboco>. Acesso em: 10 de jan. de 2021.

PEDREIRÃO. **Pedreirão Macetes de Construção**, 2021. Reboco de parede, passo a passo. Disponível em: <https://pedreirao.com.br/reboco-de-parede-passo-a-passo/>. Acesso em: 07 de jan. de 2021.

PEREIRA, E., SILVA, I., & MELLO, M. **Avaliação dos mecanismos de aderência entre argamassa colante e substrato não poroso**. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 2, 2013.

piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

PORTAL CONSTRUÇÃO. **Portal Construção**, 2021. Como é feito contrapiso. Disponível em: <https://portalconstrucao.com.br/contrapiso/>. Acesso em: 07 de jan. de 2021.

QUARTZOLIT. **Quartzolit**: Saint-Gobain, 2021. Etapas do assentamento de revestimento. Disponível em: <https://www.quartzolit.weber/ajuda-e-dicas-para-construir/etapas-do-assentamento-de-revestimento#>. Acesso em: 07 de jan. de 2021.

SOUZA, L., & PIGOZZO, T. **Estudo comparativo de produtividade e economia entre o serviço de revestimentos de parede executados em argamassa industrializada projetada e argamassa convencional**. Trabalho de Conclusão de Curso defendido no Curso de Engenharia Civil da Universidade Paranaense – UNIPAR, em Toledo, PR, 2018.

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO DISTRITO FEDERAL E DOS TERRITÓRIOS. **Construtora é condenada a ressarcir por defeitos em prédio novo**. Disponível em: <https://www.tjdft.jus.br/institucional/imprensa/noticias/2012/julho/construtora-e-condenada-a-ressarcir-proprietario-por-gastos-com-defeitos-em-predio-novo/>. Acesso em: 27 set. 2020.