

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

TACIANE ROBERTA FRANCESCATTO

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DE PLACAS  
CERÂMICAS EM CHAPAS DE GESSO ACARTONADO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

TACIANE ROBERTA FRANCESCATTO

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DE PLACAS  
CERÂMICAS EM CHAPAS DE GESSO ACARTONADO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel Engenheira Civil.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes

CAMPO MOURÃO

2016



Ministério da Educação Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Coordenação de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**Análise da resistência de aderência de placas cerâmicas em  
chapas de gesso acartonado**

Por

**Taciane Roberta Francescato**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 09h00min do dia 15 de junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Paula Cristina de Souza**  
(UTFPR)

**Prof. Me. Ewerton Clayton  
Alves da Fonseca**  
(UTFPR)

**Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Goes**  
(UTFPR)  
***Orientador***

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

**Prof. Dr. Marcelo Guelbert**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso*

*A Deus, pela criação,  
Aos meus pais e irmãos, pela educação.  
E ao meu marido e filha, pelo incentivo.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a Deus, pela sabedoria de ter me encaminhado a esta instituição e pela graça de ter conquistado mais essa etapa.

Agradeço aos meus pais Roberto e Cristina por terem sido os grandes responsáveis pela construção de meu caráter, minhas irmãs Jenifer e Ketleen pelo apoio incondicional em todos os momentos, e principalmente a minha mãe pela compreensão de que a minha ausência era necessária e que apesar disto manteve-se sempre presente.

Ao Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes, proativo e presente em todos os momentos da graduação, pelos anos de tutoria no grupo PET e pelo apoio e orientação do trabalho, junto à comunidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pela disponibilidade e valiosa contribuição para a elaboração dos trabalhos laboratoriais.

Aos técnicos de laboratório Maiko Sedoski e Fabio Krüger, pelo auxílio crucial na concepção, fabricação e montagem dos dispositivos para execução dos ensaios experimentais.

Ao Departamento Acadêmico de Construção Civil da UTFPR e todo o seu corpo docente que por ele passou, por haver proporcionado as condições necessárias para o desenvolvimento profissional e intelectual durante o período de graduação.

Aos amigos Deborah, Daniel, Ana Paula, Ana Raíza, Bruna Aires, Bruna Maia, Sheila, Haddan, Rafael, Renan e Gabriel, que me ajudaram didaticamente em todos os momentos para a conclusão do curso e que sempre me incentivaram e souberam dar o apoio necessário.

Ao meu marido Tiago por todo o carinho, amor e compreensão em todas as fases necessárias para finalização deste trabalho.

E por fim, a minha filha Diandra, o meu maior orgulho, por ter nascido durante a graduação e me mostrado mais uma vez que dificuldades vem e vão, e o que distingue você de vencedor e não um perdedor são as escolhas corajosas e persistentes. Força, fé e foco sempre...

## RESUMO

FRANCESCATTO, Taciane R. **Análise da resistência de aderência de placas cerâmicas em chapas de gesso acartonado**. 2016. 82f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

Neste trabalho é apresentado um levantamento das possíveis técnicas construtivas para aplicação de revestimento cerâmico em paredes dos sistemas de construção seca, que são empregadas em países desenvolvidos e apresentam uma gama de benefícios voltados a sustentabilidade e minimização da geração de resíduos, com a finalidade de amenizar problemas como déficit habitacional e poluição ambiental. Tem o intuito de estudar essa tecnologia, a fim de diminuir o receio da utilização desta técnica no cenário nacional e contribuir para a disseminação e o aperfeiçoamento do sistema construtivo voltado a construção civil brasileira, comparando com as exigências mínimas de resistência especificada pela norma brasileira, pois a norma abrange apenas ensaios realizados no substrato padrão, em placas de concreto. A análise foi realizada de acordo com os resultados obtidos por meio do ensaio de resistência de aderência à tração, proposto pela NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012) e realizado em um protótipo de parede que foi construído com ossatura de madeira pinus, coberto por 2 chapas de gesso acartonado, sendo de um lado a chapa comum do tipo *standard* e do outro uma chapa com propriedades resistentes à umidade, nas quais foram assentadas placas cerâmica com a aplicação de diferentes argamassas colantes (AC I, AC II e AC III). Dentre as constatações, destacou-se que o uso das diferentes argamassas colantes em uma mesma chapa apresentaram valores de resistência de aderência equivalentes, não diferenciando entre as argamassas. Foi possível também constatar que todas as argamassas colantes ensaiadas na chapa RU obtiveram maior resistência que as ensaiadas na chapa ST, sendo o melhor resultado com o uso da argamassa AC II assentada na chapa RU.

**Palavras-chave:** Gesso acartonado. Placa cerâmica. Argamassa Colante. Resistência de aderência.

## ABSTRACT

FRANCESCATTO, Taciane R. **Analysis of the ceramic plates bond strength in plasterboard sheets**. 2016. 82f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico e Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

This paper presents a survey of the possible construction techniques for the application of ceramic tiles on walls of dry construction systems, which are used in developed countries and have a great range of benefits aimed at sustainability and minimization of waste generation, in order to ease problems such as housing shortage and environmental pollution. Aims to study this technology in order to reduce the fear of using this technique on the national scene and contribute to the dissemination and improvement of the constructive system facing the Brazilian civil construction, compared to the minimum requirements of resistance specified by the Brazilian standard because the standard only covers tests performed on standard substrate in concrete slabs. The analysis was performed according to the results obtained by tensile bond strength test, proposed by NBR 14081-4 (ASSOCIATION..., 2012) and realized on a prototype wall that was built with pine wood bone, covered with two sheets of plasterboard, one being the common plate within the standards and the other a sheet with moisture resistant properties, where ceramic tiles were placed with the application of different adhesive mortars (AC I, AC II and AC III). Among the findings, it was highlighted that the use of different adhesive mortars on the same sheet showed similar resistance values, not differentiating between mortars. It was also possible to see that all mortars tested adhesive plate in the UK had higher resistance to the tested in the flame ST, the best result with the use of mortar seated AC II in the UK plate..

**Keywords:** Plasterboard. Ceramic plate. Gluing mortar. Adhesion strength.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Construção em <i>wood frame</i> .....  | 19 |
| Figura 2 – Matéria-prima gesso acartonado.....  | 20 |
| Figura 3 – Sistema <i>drywall</i> .....   | 21 |
| Figura 4 – Sistema <i>wood frame</i> com chapa de gesso acartonado.....                 | 22 |
| Figura 5 – Esquema de aplicação de placa cerâmica sobre chapa de gesso acartonado ..... | 23 |
| Figura 6 – Sistema <i>wood frame</i> com placa cimentícia .....                         | 26 |
| Figura 7 – Esquema de aplicação de placa cerâmica sobre placa cimentícia .....          | 27 |
| Figura 8 – Esquema de aplicação de placa cerâmica sobre chapa de OSB.....               | 29 |
| Figura 9 – Fases do processo produtivo de placas cerâmicas.....                         | 32 |
| Figura 10 – Fatores que influenciam na aderência de argamassa.....                      | 44 |
| Figura 11 – Ilustração do protótipo.....  | 48 |
| Figura 12 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração.....       | 63 |



## LISTA DE FOTOGRAFIAS

|   |    |
|---|----|
| Fotografia 1 – Argamassas colantes utilizadas nos experimentos .....    | 46 |
| Fotografia 2 – Painel estruturado .....                                 | 49 |
| Fotografia 3 – Placa cerâmica.....                                      | 52 |
| Fotografia 4 – Face com chapa de gesso acartonado RU .....              | 53 |
| Fotografia 5 – Pesagem da argamassa colante .....                       | 54 |
| Fotografia 6 – Pesagem da água .....                                    | 55 |
| Fotografia 7 – Mistura da argamassa colante .....                       | 56 |
| Fotografia 8 – Paginação das placas cerâmicas .....                     | 57 |
| Fotografia 9 – Formação dos cordões.....                                | 58 |
| Fotografia 10 – Assentamento das placas cerâmicas .....                 | 59 |
| Fotografia 11 – Face final da chapa de gesso acartonado RU.....         | 59 |
| Fotografia 12 – Cola epóxi utilizada nos ensaios .....                  | 60 |
| Fotografia 13 – Pastilhas de aço coladas nas placas cerâmicas .....     | 61 |
| Fotografia 14 – Ensaio de aderência à tração.....                       | 62 |
| Fotografia 15 – Ruptura S/A na AC I com chapa ST .....                  | 68 |
| Fotografia 16 – Ruptura S na AC II com chapa ST .....                   | 68 |
| Fotografia 17 – Preenchimento tradicional e preenchimento no CP 7 ..... | 69 |
| Fotografia 18 – Rupturas com o uso da AC I na chapa RU .....            | 74 |
| Fotografia 19 – Rupturas com o uso da AC II na chapa RU .....           | 74 |
| Fotografia 20 – Rupturas com o uso da AC III na chapa RU .....          | 75 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1 – Resultados das placas ensaiadas..... | 77 |
| Gráfico 2 – Tensão de ruptura média.....         | 77 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 – Relação entre espessura da placa cimentícia com a funcionalidade .....  | 25 |
| Quadro 2 – Classificação cerâmica quanto ao seu grau de absorção de água .....     | 34 |
| Quadro 3 – Classificação cerâmica quanto a resistência à abrasão superficial ..... | 35 |
| Quadro 4 – Classificação cerâmica quanto a resistência ao manchamento .....        | 36 |
| Quadro 5 – Classificação cerâmica quanto a resistência ao ataque químico .....     | 37 |
| Quadro 6 – Requisitos básicos para argamassa colante .....                         | 39 |
| Quadro 7 – Classificação da placa cerâmica .....                                   | 47 |
| Quadro 8 – Velocidade do misturador .....  | 51 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Quantidade de água na mistura com argamassa colante .....      | 55 |
| Tabela 2 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado ST com AC I.....   | 65 |
| Tabela 3 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado ST com AC II.....  | 66 |
| Tabela 4 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado ST com AC III..... | 67 |
| Tabela 5 – Resumo das médias chapa de gesso acartonado ST .....           | 70 |
| Tabela 6 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado RU com AC I.....   | 71 |
| Tabela 7 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado RU com AC II.....  | 72 |
| Tabela 8 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado RU com AC III..... | 72 |
| Tabela 9 – Resumo das médias chapa de gesso acartonado RU.....            | 76 |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....   | 14 |
| 2 OBJETIVOS .....  | 16 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....   | 16 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....  | 16 |
| 3 JUSTIFICATIVA .....  | 17 |
| 4 REFERENCIAL TEÓRICO .....  | 19 |
| 4.1 TÉCNICAS PARA APLICAÇÃO DE CERÂMICAS SOBRE PAREDES DOS SISTEMAS DE CONSTRUÇÃO SECA ..... | 19 |
| 4.1.1 Gesso acartonado .....   | 20 |
| 4.1.2 Placa cimentícia .....   | 24 |
| 4.1.3 Chapa de OSB .....   | 27 |
| 4.2 PLACAS CERÂMICAS .....   | 29 |
| 4.2.1 Esmaltada e não esmaltada .....  | 31 |
| 4.2.2 Métodos de fabricação .....  | 31 |
| 4.2.3 Grupos de absorção de água .....   | 33 |
| 4.2.4 Classes de resistência à abrasão superficial .....                                     | 34 |
| 4.2.5 Classes de resistência ao manchamento .....  | 35 |
| 4.2.6 Classes de resistência ao ataque de agentes químicos .....                             | 36 |
| 4.2.7 Aspecto superficial ou análise visual .....  | 37 |
| 4.3 ARGAMASSA COLANTE .....  | 37 |
| 4.3.1 Tempo em aberto .....  | 39 |
| 4.3.2 Adesão inicial .....   | 40 |
| 4.3.3 Retenção de água .....   | 41 |
| 4.3.4 Superfície do substrato .....  | 41 |
| 4.3.5 Resistência à aderência .....  | 42 |
| 4.3.5.1 Sistema de aderência mecânico .....  | 43 |
| 4.3.5.2 Sistema de aderência química .....   | 44 |
| 5 MATERIAIS E MÉTODOS .....  | 45 |
| 5.1 MATERIAIS .....  | 45 |
| 5.1.1 Argamassa colante .....  | 45 |
| 5.1.2 Placas cerâmicas .....   | 46 |
| 5.1.3 Protótipo .....  | 47 |
| 5.1.3.1 Painel estruturado .....   | 48 |
| 5.1.3.2 Chapas de gesso acartonado .....   | 49 |

|  |    |
|--|----|
| 5.2 EQUIPAMENTOS .....   | 50 |
| 5.3 MÉTODOS .....  | 51 |
| 5.3.1 Obtenção e corte da placa cerâmica .....                                       | 52 |
| 5.3.2 Montagem do protótipo.....   | 53 |
| 5.3.3 Preparo argamassa colante .....  | 54 |
| 5.4 ENSAIO DE ARRANCAMENTO - DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO ..... | 56 |
| 5.4.1 Aplicação da argamassa colante.....  | 57 |
| 5.4.2 Assentamento das placas cerâmicas .....  | 58 |
| 5.4.3 Fixação das pastilhas metálicas para o ensaio de arrancamento .....            | 60 |
| 5.4.4 Ensaio de arrancamento de placas cerâmicas.....                                | 61 |
| 5.4.5 Cálculo da resistência de aderência à tração .....                             | 64 |
| 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....  | 65 |
| 7 CONCLUSÕES .....   | 78 |
| REFERÊNCIAS.....   | 79 |

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil no Brasil apresentou mudanças pouco significativas no decorrer dos anos e uma lenta evolução tecnológica comparada a de países desenvolvidos. Em tempos atuais, com grande repercussão das questões ambientais, em que se destacam a poluição atmosférica e hídrica, utilizar o sistema construtivo artesanal como a alvenaria convencional, que é conhecida pelo expressivo desperdício de materiais e amplo uso de recursos naturais torna-se preocupante. Para isso é preciso aposentar o preconceito intrínseco na sociedade brasileira com relação ao uso de novos sistemas e dar espaço ao conhecimento e estudo de outras tecnologias inovadoras e menos poluentes.

Os métodos construtivos *wood frame* e *drywall* são uma alternativa de construção seca e limpa, minimizando o desperdício excessivo de materiais e contribuindo para a sustentabilidade. Além disso, a matéria-prima dessas tecnologias pode ser derivada de florestas plantadas, uma técnica ecologicamente correta. Um fator importante a favor da ampla inserção desses sistemas no país é que além de um vasto território brasileiro existente para o plantio de madeira, essas técnicas são conhecidas por possibilitar uma construção mais rápida comparado método tradicional, o que pode vir a ser trunfo para construções de interesse social, afim de atingir a parcela da população que necessita de moradias em um menor tempo, diminuindo assim a agravante situação de déficit habitacional no país.

Segundo Dias (2000, p.7) há no Brasil uma carência tecnológica nas edificações em madeira, o que influencia no comportamento e escolha dos cidadãos no quesito moradia, gerando um receio com relação ao uso dessas tecnologias. Com tudo, vale salientar que existe pouco estudo alusivo as aplicações dos dois métodos no país. Dessa forma o trabalho tem como objetivo estudar um dos receios no que se refere a construção desses sistemas, que trata-se da aderência de argamassa colante revestidas com placas cerâmicas em paredes de *wood frame* e *drywall*.

Maranhão et al. (2003, p. 521) destacam que vários são os parâmetros que podem influenciar na aderência de revestimentos argamassados. Os fatores que diferenciam a adesão entre os componentes variam desde as propriedades do material adesivo; tipo de argamassa colante; particularidades do substrato, como

rugosidade e porosidade; características da placa cerâmica; técnica de aplicação da pasta na superfície e por fim fatores externos, como tempo, vento e umidade do ar.

Este trabalho aborda soluções técnicas construtivas para o revestimento de paredes aplicadas às áreas úmidas de edificações, conhecidas como construção seca. Os sistemas de construção seca apresentam uma alternativa por meio de processos que visem maior grau de industrialização da construção civil, através da montagem de painéis-parede, podendo-se aplicar diretamente a argamassa colante sobre as superfícies preparadas para o assentamento das placas.

Visto isso, surge a necessidade de averiguar se os sistemas atendem as exigências normativas brasileiras. Para isso é necessária a realização de testes padronizados pelas normas brasileiras que verifiquem a resistência de aderência. As variáveis de estudo foram três diferentes argamassas colantes (AC I, AC II e AC III) aplicadas em superfícies utilizadas no fechamento de paredes de sistemas de construção seca, com chapa de gesso acartonado *standard* (ST) e chapa de gesso acartonado resistente à umidade (RU). A utilização de 2 chapas de gesso acartonado se deve a divergência de opiniões quanto a eficiência da chapa RU perante a ST, pois a primeira apresenta em sua composição silicone, o que pode vir a ser um empecilho para a obtenção de uma boa resistência devido à superfície mais lisa e impermeável.

A NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012) apresenta uma metodologia para determinação da resistência de aderência, medida através do ensaio de arrancamento por tração simples de placas cerâmicas assentadas com argamassa colante. Os testes com diferentes tipos de argamassas colantes possibilitaram a comparação dos resultados e a verificação de quais materiais atenderam aos requisitos mínimos indicados por norma.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar a resistência de aderência à tração simples de revestimento cerâmico aplicado em paredes do sistema de construção seca com diferentes tipos de argamassas colantes.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar dados bibliográficos referentes as diferentes tecnologias de aplicação de placas cerâmicas em parede com ossatura de madeira, e apresentar suas características e técnicas executivas;
- Determinar a resistência de aderência à tração simples de revestimentos cerâmicos sobre dois substratos (chapa de gesso acartonado *standard* e chapa de gesso acartonado resistente à umidade) com tipos de argamassas colantes (AC I, AC II e AC III), mediante ao ensaio de arrancamento proposto pela NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012);
- Analisar os resultados obtidos e verificar se os mesmos atendem às recomendações mínimas de resistência de aderência indicadas pela NBR 14081-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2012);
- Avaliar qual conjunto substrato / argamassa colante proporcionou melhores resultados de aderência, com base nos resultados de força de ruptura e modo de ruptura característico.

### 3 JUSTIFICATIVA

Ao longo dos anos, a sociedade brasileira demonstrou grandes transformações demográficas e sociais. Alguns dos fatores que sucedem essas mudanças estão relacionadas ao envelhecimento populacional, alteração no arranjo familiar e a emigração da área rural para urbana. O envelhecimento da população em geral deve-se aos avanços medicinais e melhoria da infraestrutura básica das cidades, que proporcionou o aumento da expectativa de vida. Já a urbanização intensificou o volume de famílias aglomeradas ao redor dos grandes centros urbanos, e contribuiu para o processo de favelização e crescimento da quantidade de residências em situações precárias. Esses fatores aliados com diversificação dos arranjos familiares fizeram com que as pessoas passassem a ocupar mais moradias, e contribuiu para o aumento do déficit habitacional brasileiro (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2011, p. 13-17).

Atualmente o Brasil apresenta elevada demanda residencial e de acordo com Elias (2014), até 2024 o déficit de moradias brasileiras será de 20 milhões. Visto isso, o governo vem atuando de forma a remediar a situação, como é o caso dos programas de habitações populares. Grande parte dessas moradias construídas utilizam o processo construtivo em alvenaria convencional, reconhecidamente artesanal e com grande desperdício de materiais. Entretanto, algumas construtoras investem em novas tecnologias que apresentam rapidez no processo construtivo, através do uso de métodos de montagem em *wood frame*, *steel frame* e *drywall*, conhecidas por possibilitar uma construção seca e rápida. Sistemas de construção seca comparado aos tradicionais em bloco cerâmico, estão associados a uma menor duração da execução de obras. Esse fator deve-se a suas características técnicas e executivas, que permitem a agilidade na elevação da edificação.

Outro fator importante a ser considerado é com relação aos problemas ambientais que o sistema tradicional ocasiona. Peres (2012) ressalta que a construção civil consome entre 40% a 75% de todos recursos naturais que são extraídos da terra. Um fator agravante é a colocação do cimento no ranking dos materiais mais utilizados no mundo, ficando em segundo lugar apenas atrás da água.

Esse material é fundamental para o método construtivo adotado pelos brasileiros, o concreto armado *in loco* com vedação em alvenaria. Segundo Castro e Freitas (2006, p. 10) este sistema é predominantemente artesanal, caracterizado pela baixa produtividade e grande desperdício. Apesar de uma fração das construções adotar técnicas de racionalização ou industrialização da estrutura, grande parte das edificações são construídas por profissionais sem qualificações e muitas delas sem parâmetros técnicos, o que contribui para o não remanejamento adequado dos resíduos da construção civil, o que contribui para a poluição hídrica e atmosférica.

Neste contexto, em busca de novas tecnologias menos nocivas ao meio ambiente, Dias (2000, p. 5) menciona que uma alternativa é a utilização de sistemas de madeira como matéria-prima, desde que essas sejam proveniente de florestas manejadas racionalmente, pois trata-se de um material naturalmente renovável, diferentemente dos outros materiais atualmente empregados.

Por ser uma tecnologia recente e inovadora no Brasil, há poucos estudos sobre a aplicação e adaptação do processo construtivo em *wood frame* ou *steel frame*. Com isso, pela falta de conhecimento surge um certo preconceito da sociedade para com o uso desses sistemas de origem estrangeira. Dias (2000, p. 6) ainda afirma que estas tecnologias são uma realidade que está presente na prática construtiva de diversos países desenvolvidos do hemisfério norte, que possuem público consumidor mais exigente quanto a qualidade e técnicas empregadas. Uma maneira de aumentar a aceitação do mercado nacional é promover estudos que comprovem a eficiência dos métodos construtivos conhecidos como construções secas.

Um dos receios na utilização dessas tecnologias refere-se à interação do sistema de revestimento cerâmico com os materiais utilizados no fechamento. Surgem dúvidas com relação a aderência de argamassas colantes no assentamento de placas cerâmicas, pois essas paredes são montadas geralmente com chapa de gesso acartonado, chapa cimentícia e ou chapa de OSB, que apresentam superfícies com baixa rugosidade. É nesse âmbito que o trabalho irá focar, na análise da resistência de aderência da argamassa colante em chapas de gesso acartonado, comumente utilizados nos sistemas construtivos a seco.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 TÉCNICAS PARA APLICAÇÃO DE CERÂMICAS SOBRE PAREDES DOS SISTEMAS DE CONSTRUÇÃO SECA

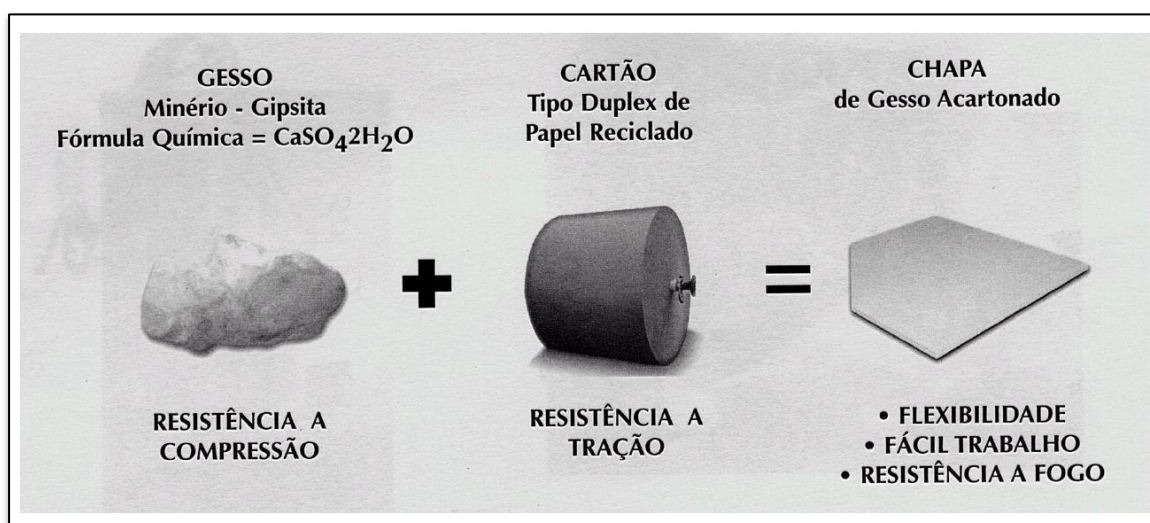
As técnicas atuais de assentamento de placas cerâmicas em sistemas de construção seca são empregadas há um tempo considerável em diversos países industrializados, e atendem às necessidades e expressam confiabilidade a um público consumidor bastante exigente. Os sistemas construtivos conhecidos como construções secas possuem características como grande quantidade de componentes pré-fabricados, modulação e uso de materiais sustentáveis, como por exemplo a madeira, ilustrado na Figura 1. As paredes do sistema *wood frame* são constituídas por várias camadas, o painel estruturado, chapa de OSB, membrana hidrófuga, e por fim placa, placa cimentícia e/ou chapa de gesso acartonado. Nesta técnica, a cerâmica pode ser aplicada diretamente sobre a placa cimentícia ou chapa de gesso acartonado.



**Figura 1 – Construção em *wood frame***  
**Fonte: Bonde (2011).**

#### 4.1.1 Gesso acartonado

O gesso acartonado é um material produzido a partir da matéria-prima gipsita e de lâminas de papel cartão, conferindo a chapa resistência à tração e a flexão, como é mostrado na Figura 2. São normalmente comercializadas com dimensões de 1200 mm de largura e comprimento variável entre 1800 mm a 3600 mm. Esse material apresenta características importantes para uma construção civil, devido a facilidade e versatilidade na etapa de montagem, resistência ao fogo e por se tratar de um material industrializado, proporciona a geração de poucos resíduos sólidos ao final da instalação.



**Figura 2 – Matéria-prima gesso acartonado**

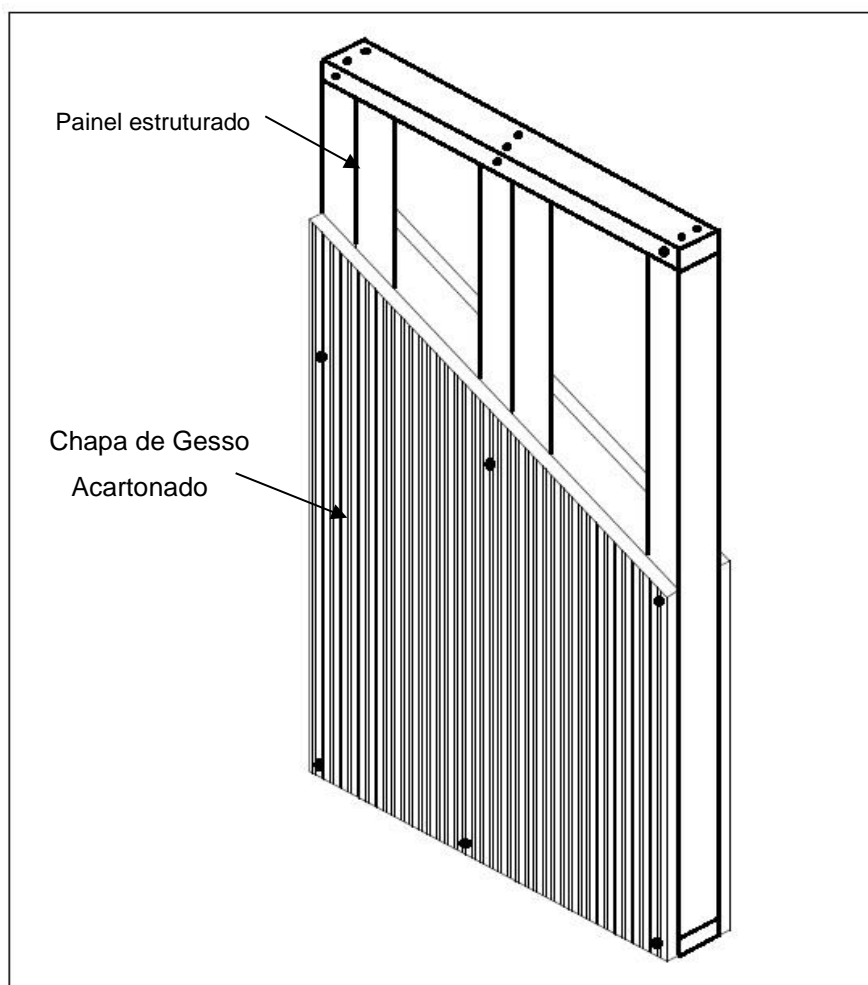
**Fonte: Lessa (2005, p. 9).**

Ferguson (1997 apud DIAS, 2000, p. 17) salienta que foi na década de 40 que o gesso acartonado passou a ganhar importância no cenário da construção civil norte-americana. As chapas pré-fabricadas surgiram com o intuito de substituir a técnica até então utilizada, o estuque, que demandava de amplos intervalos de cura da argamassa de emboço, lentidão na execução de serviços, além de resultar na geração de resíduos em grande escala. Já no Brasil, seu uso nas construções vem crescendo

gradativamente nos últimos anos, sendo aplicado principalmente para revestimento de paredes internas de edifícios comerciais e residenciais.

Conforme a NBR 15758-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2009, p. 2), as chapas de gesso acartonado podem ser classificadas de acordo com suas necessidades de uso. Chapas do tipo *standard*, também abreviadamente denominada de ST, possuem uma coloração superficial cinza e são empregadas em áreas secas da edificação, como salas e quartos. Já a chapa de gesso acartonado resistente à umidade, conhecidas por RU ou chapa verde devido a sua coloração, dispõem de compostos químicos em seu processo de fabricação conferindo a parede uma proteção impermeabilizante contra a umidade, presente em áreas molhadas como banheiro, lavanderias e cozinhas. Por fim, existe uma chapa específica para atender ambientes propícios a incidência da ação do fogo. Essas chapas resistentes ao fogo, chamadas de RF, possuem características especiais para suportar o incêndio e são diferenciadas por uma coloração rosa. Todas as chapas devem ser empregadas em ambientes internos.

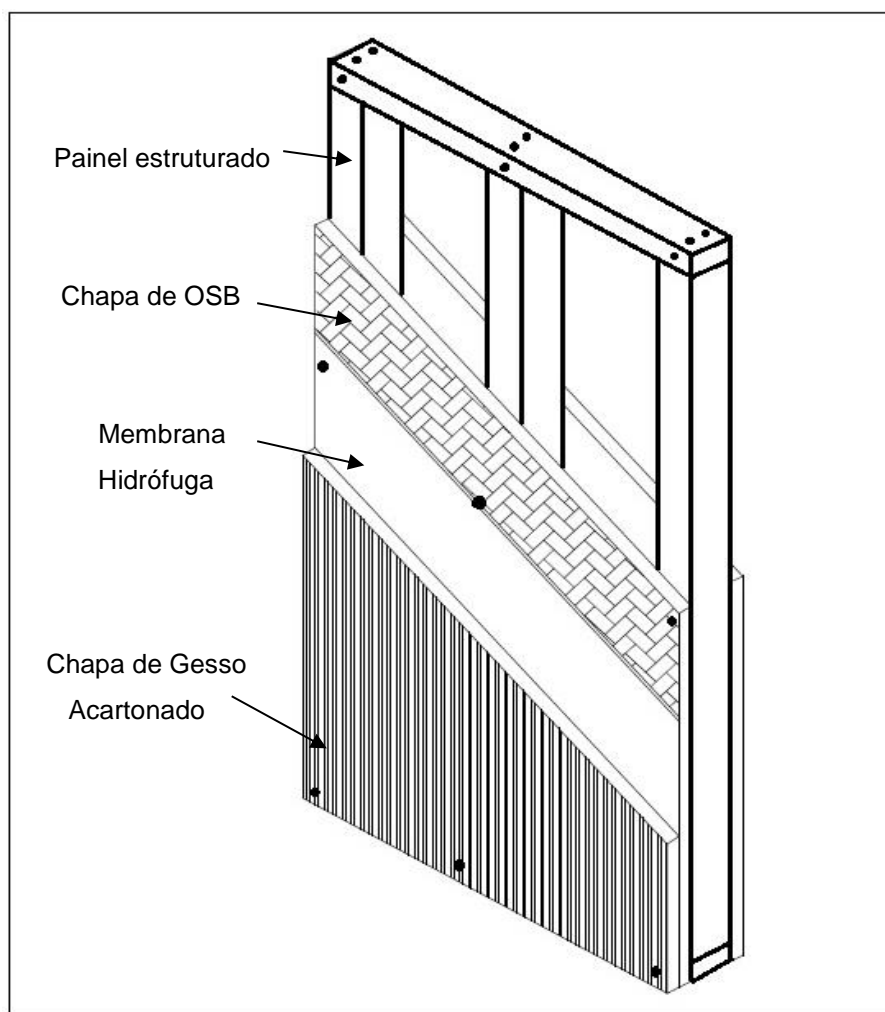
As chapas de gesso são amplamente utilizadas no sistema de fechamento conhecido como *drywall*. A NBR 15758-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2009) estabelece os procedimentos executivos para a montagem de paredes desse sistema, definindo-o como conjunto de componentes formado por chapas de gesso acartonado e estrutura de perfis de aço e elementos de fixação, que tem por objetivo atender as funções de vedação e compartimentação de ambientes internos das edificações. Entretanto, outros materiais podem ser utilizados para compor sua estrutura e um deles é o uso da madeira. Na Figura 3 é apresentado a colocação da chapa de gesso acartonado sobre o painel estruturado, geralmente fixado por parafusos.



**Figura 3 – Sistema *drywall***

**Fonte: Autoria própria.**

Além de ser utilizado no sistema *drywall*, o gesso acartonado pode ser empregado também em outros sistemas, como *wood frame* e o *steel frame*. Por ser basicamente apenas o material utilizado na ossatura da parede o que diferencia os dois processos construtivos, perfis em madeira tratada para o *wood frame* e perfis de aço galvanizado para o *steel frame*, o trabalho irá focar no sistema *wood frame*, por ser produto de origem natural e que pode ser proveniente de florestas plantadas. Neste método construtivo as paredes são formadas por um perfil estrutural oco em madeira, vedado em ambos os lados por chapas de OSB, que recebem uma camada impermeabilizante (manta hidrófuga), e seguido da fixação da placa cimentícia ou gesso acartonado, afim de se alcançar um melhor acabamento das superfícies. A Figura 4 ilustra as camadas dessa técnica construtiva.



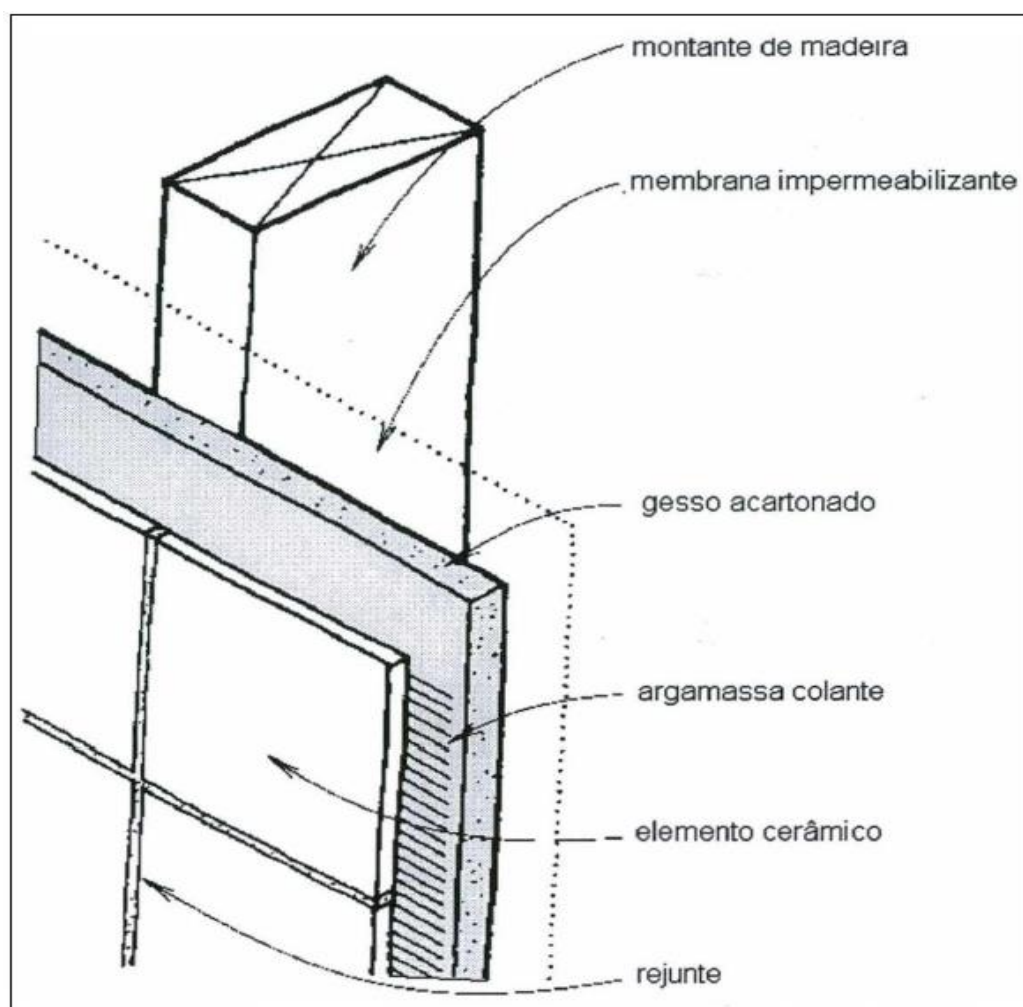
**Figura 4 – Sistema *wood frame* com chapa de gesso acartonado**

**Fonte: Autoria própria.**

As chapas de gesso acartonado devem ser utilizadas apenas em áreas internas, protegidas das intempéries. Santiago (2008, p. 121) acentua que a chapa pode receber os mais variados tipos de acabamentos, sejam pinturas, revestimentos cerâmicos, texturas, papéis de paredes, entre outros. Para a aplicação do revestimento cerâmico, no caso de áreas internas suscetíveis à umidade, são utilizadas chapas do tipo RU. Apesar dos fabricantes orientarem aos usuários que as chapas RU devem ser utilizadas em ambientes como cozinhas, lavanderias e banheiros, existe receio do meio técnico quanto a sua aplicação. A superfície mais lisa e impermeabilizante, à base de silicone das chapas RU, passam a impressão de serem prejudiciais à adesão da argamassa colante.



Para ambas as chapas de gesso (ST e RU), a técnica de aplicação da pasta é a mesma, pelo método tradicional, no qual faz-se o uso de argamassa colante que é aplicada por desempenadeira dentada. Na Figura 5 é demonstrado o método de aplicação da argamassa colante na chapa de gesso acartonado, no sistema de construção seca.



**Figura 5 – Esquema de aplicação de placa cerâmica sobre chapa de gesso acartonado**  
Fonte: Thallon (1997) apud Dias (2000, p. 18).

#### 4.1.2 Placa cimentícia

De acordo com a NBR 15498 (ASSOCIAÇÃO..., 2014, p. 1) a placa de fibrocimento, conhecida por placa cimentícia, é produto industrializado derivado da

mistura de cimento Portland, aditivos com reforços de fibras, fios, filamentos ou telas, com exceção das fibras de amianto. As placas contempladas por esta norma são classificadas em classe A ou classe B. As de classe A são indicadas para ambientes externos, sujeitas à ação direta de chuvas, sol e ventos e subdivididas em quatro categorias, de acordo com sua resistência à flexão. Já, as de classe B, são indicadas para ambientes internos, menos resistentes a fenômenos naturais e subdivididas em cinco categorias, também conforme sua resistência à flexão.

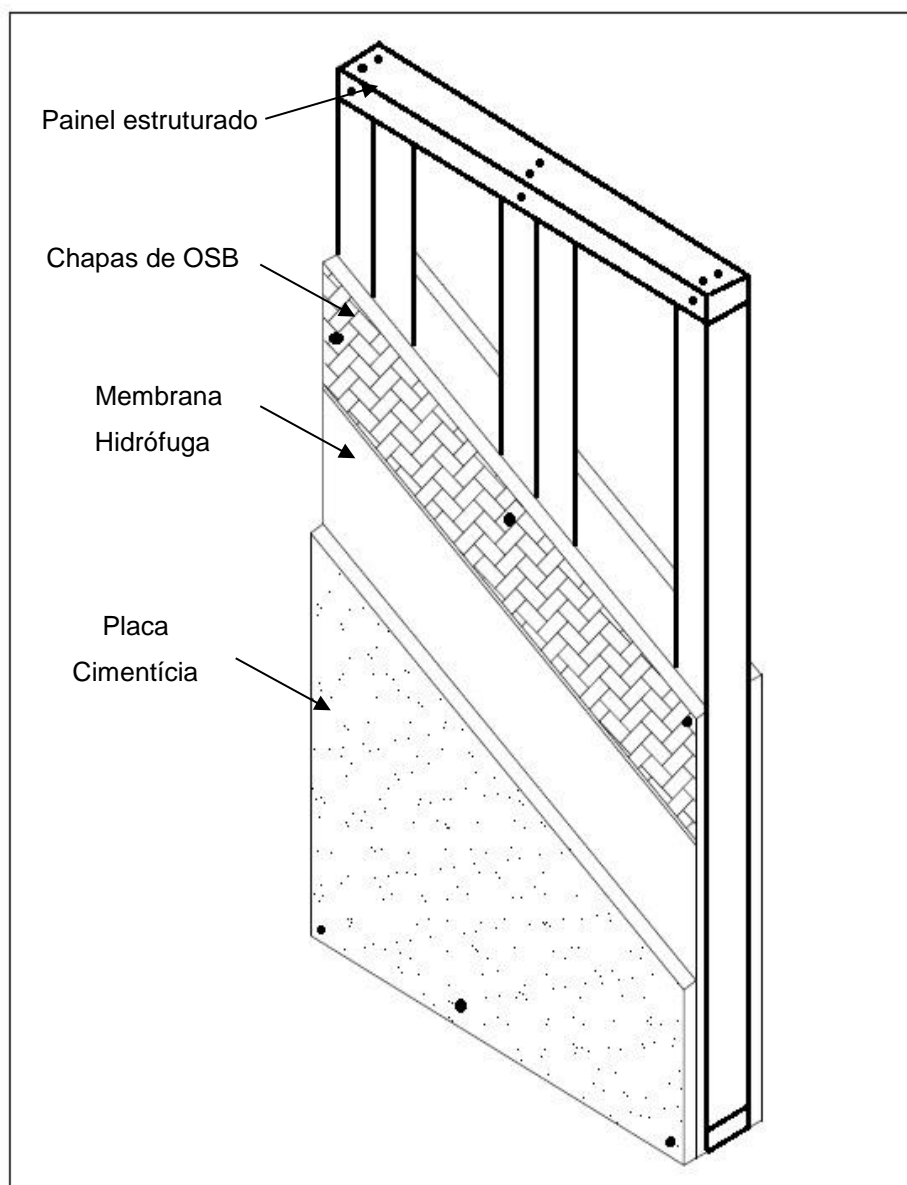
Suas dimensões variam de acordo o fabricante, porém as placas mais usuais comercializadas para o sistema *wood frame* possuem largura de 1200 mm e comprimento variável entre 2400 a 3000 mm, com espessura de 6 a 10 mm. De acordo com Castro e Freitas (2006, p. 85), as espessuras das placas estão relacionadas com sua funcionalidade, expressas no Quadro 1.

| Espessura | Aplicação Usual   |
|-----------|---|
| 6 mm      | Para ambientes internos em áreas secas, sem aplicação de cargas suportadas diretamente pela placa.                |
| 8 mm      | Para ambientes internos e externos em áreas secas e úmidas, com ou sem aplicação de cargas suportadas pela placa. |
| 10 mm     | Para ambientes internos e externos em áreas secas e molhadas, ideal para paredes estruturais.                     |

**Quadro 1 – Relação entre espessura da placa cimentícia com a funcionalidade**

**Fonte: Castro e Freitas (2006, p. 85).**

A placa cimentícia é empregada nos sistemas *wood frame* e *steel frame*, com ampla aplicação em paredes estruturais. Esses sistemas são constituídos por: painéis estruturados com formato retangular vazado, fabricados em aço ou madeira, que dão sustentação a parede; as chapas de OSB; a membrana impermeabilizante e as placas cimentícias, são parafusadas em ambas as faces do painel. Na Figura 6 é demonstrado o sistema *wood frame* com a colocação da placa de fibrocimento.



**Figura 6 – Sistema *wood frame* com placa cimentícia**

**Fonte: Autoria própria.**

Bridge (1992 apud DIAS, 2000, p. 15) ressalta que essas superfícies servem como base para diversos tipos de acabamentos e revestimentos, como laminado, placas cerâmicas, pintura, massa texturizada, entre outros, sendo especialmente apropriado para aplicação de revestimento cerâmico. O assentamento resume-se na prática tradicional da aplicação da argamassa colante. A Figura 7 ilustra o assentamento de placas cerâmicas sobre a placa cimentícia.

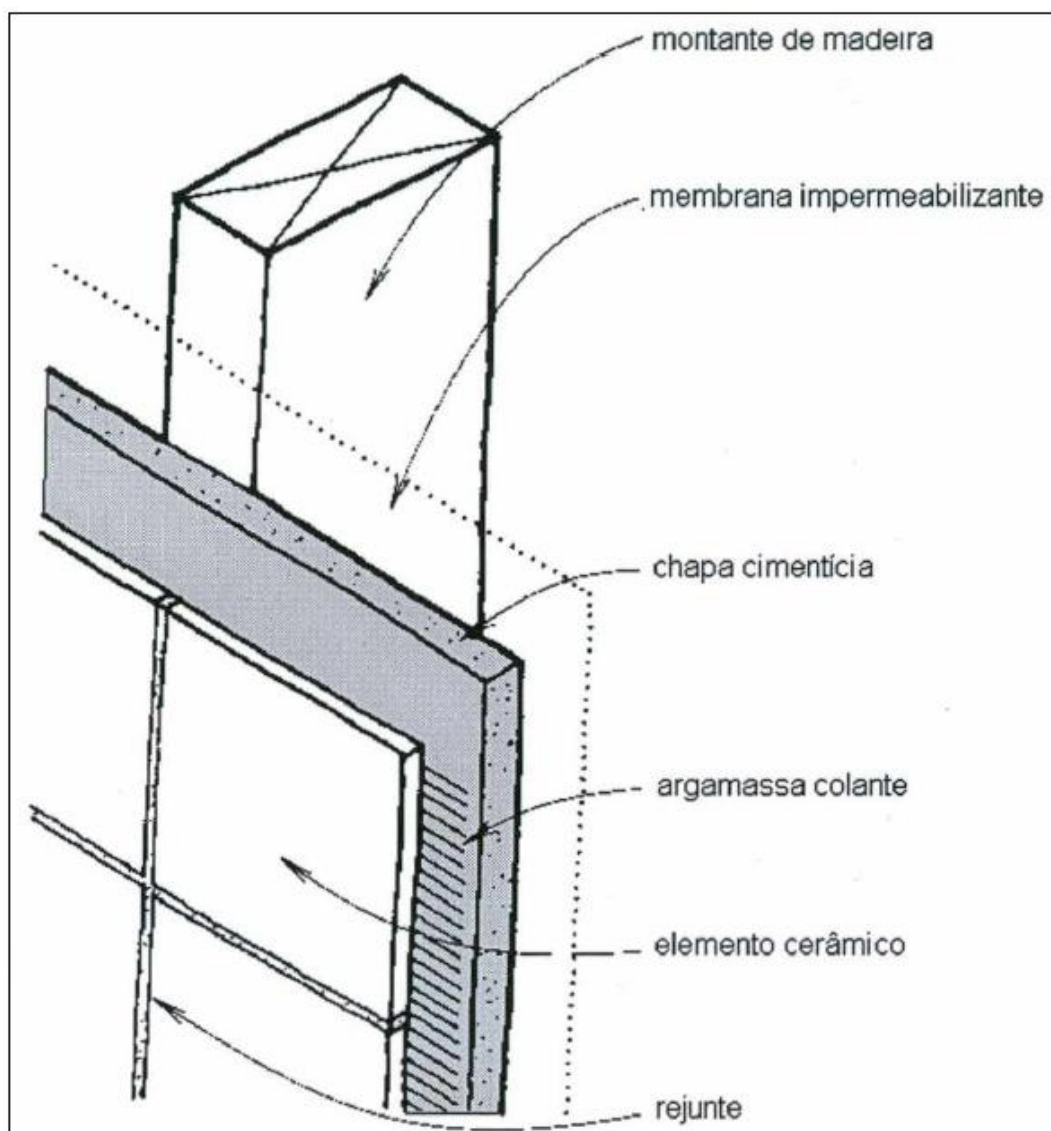


Figura 7 – Esquema de aplicação de placa cerâmica sobre placa cimentícia  
Fonte: Thallon (1997) apud Dias (2000, p. 16).

#### 4.1.3 Chapa de OSB

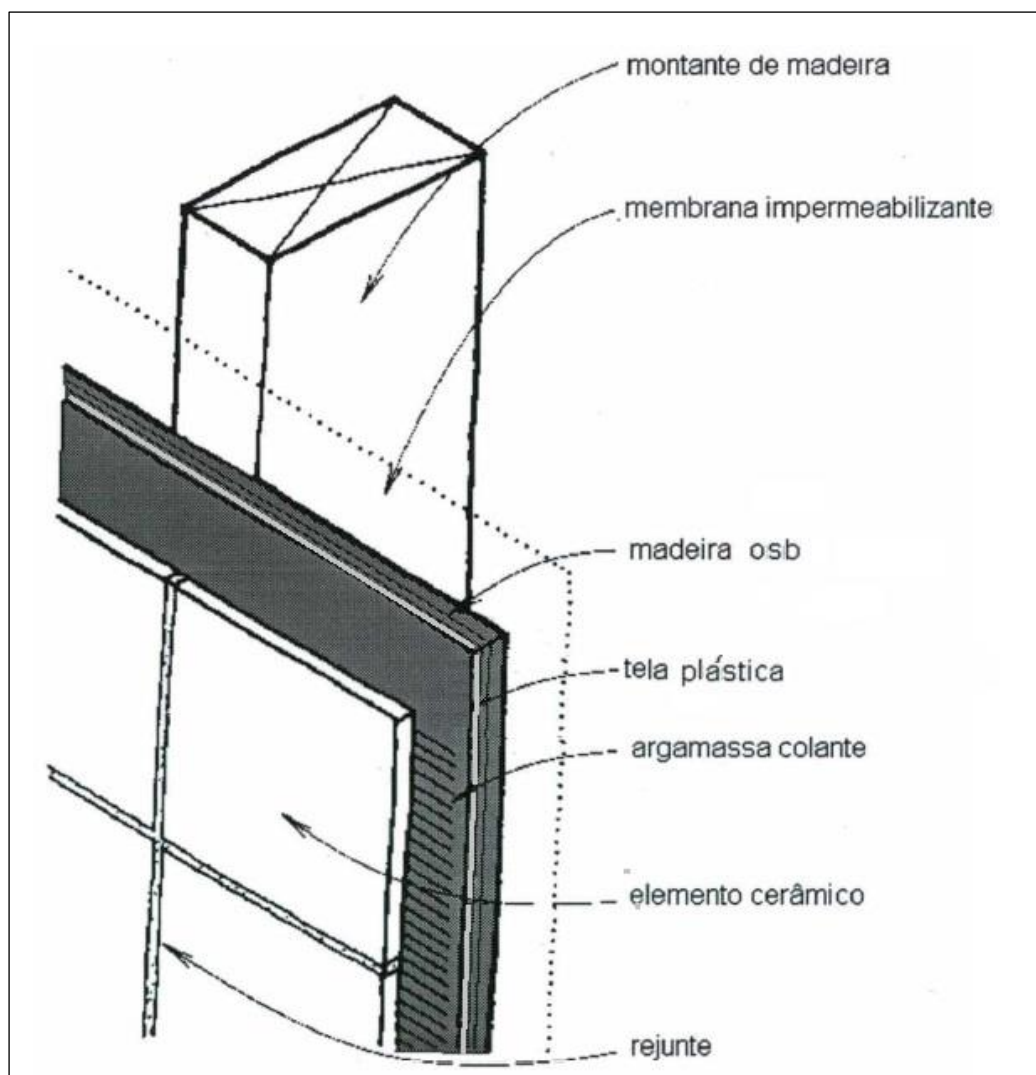
As chapas OSB (*Oriented Strand Board*) produzidas industrialmente são constituídas por diversas camadas de tiras de madeira orientadas perpendicularmente e unidas com resinas através da prensagem em altas temperaturas. Comercializada nas dimensões de 1220x2400 mm e espessuras que variam entre 9, 12, 15 e 18 mm, as chapas podem ser consideradas como ecologicamente corretas, quando oriundas

de reflorestamento. Além de aspectos ambientais favoráveis, esse material apresenta resistência mecânica e rigidez, sendo empregado como elementos estruturais em sistemas de construções secas. Em geral, o OSB é mais utilizado em fechamento de áreas externas, pois internamente o gesso acartonado apresenta um melhor desempenho estético, desde que estes não possuam função estrutural.

O OSB pode ser empregado em várias etapas da construção, desde o fechamento de paredes externas e internas, para montagem de forros e pisos, tapumes, estrutura de móveis, decoração e design, como substrato para cobertura do telhado, entre outros. Para maximizar sua utilização, no processo de fabricação recebem um tratamento contra insetos e apesar de possuírem resistência a umidade, independentemente do acabamento final não devem ser expostas diretamente a intempéries, para isso devem receber uma membrana impermeabilizante, a camada hidrófuga, grampeada em sua superfície (CASTRO E FRETAS, 2006, p. 80).

O OSB é um material versátil, que permite a aplicação de inúmeros tipos de acabamentos e revestimento em sua face, como pinturas, placas cerâmicas, texturas, *siding* no caso de faces externas, entre outros. Contudo, como nos demais sistemas de construção seca, demanda de mão de obra qualificada para a montagem, sendo imprescindível seguir as recomendações de aplicação sugerida pelo fabricante.

O método de aplicação do revestimento cerâmico diretamente sobre o OSB é pouco utilizado e decorre do assentamento da massa sobre a chapa de OSB. De acordo com Castro e Freitas (2006, p. 83) a técnica mais indicada para revestir o OSB com argamassa colante implica na aplicação da pasta sobre uma tela plástica resistente à alcalinidade, conhecida também por "*deployée*". O procedimento se baseia em grampear duas camadas desta tela sobre a membrana hidrófuga, que por sua vez estará fixada na superfície do OSB. A aplicabilidade da massa é padrão, e deve oferecer um bom recobrimento para não deixar a tela exposta. A Figura 8 ilustra o esquema da técnica de aplicação da argamassa colante sobre o OSB.



**Figura 8 – Esquema de aplicação de placa cerâmica sobre chapa de OSB**

Fonte: Adaptado de Thallon (1997) apud Dias (2000, p. 19).

## 4.2 PLACAS CERÂMICAS

Segundo Enrique et al. (1996, p. 39) ainda na década de 90 a funcionalidade das placas cerâmicas restringiam-se apenas para revestir paredes e pisos de cozinhas e banheiros. Atualmente, com o desenvolvimento tecnológico fabril, há uma vasta gama de produtos que são oferecidos em lojas de materiais de construção, que não diferenciam apenas pelas dimensões e estética, mas também por suas propriedades físico-químicas. Além da variada opção de escolha, o campo de

aplicação tornou-se bastante amplo, estendendo-se ao exterior de casas, pisos em geral, fachadas de residências, locais públicos e industriais, entre outros.

O setor industrial de cerâmicas possui significativa importância na economia brasileira. Em 2013 existiam 93 fabricas de cerâmicas em território nacional, e em 2012 alcançaram uma produção de 866 milhões de m<sup>2</sup>, dos quais 829 milhões de m<sup>2</sup> foram utilizados para atender a demanda do comércio interno e 37 milhões de m<sup>2</sup> para exportação. É nesse cenário que desde 2007 o Brasil é vice-líder mundial da produção de produtos cerâmicos, ficando atrás apenas da China com 5.200 milhões de m<sup>2</sup> fabricados (VASCONCELOS, 2013, p. 69).

Para se obter um bom desempenho de pisos e azulejos é preciso ter conhecimento de suas propriedades físicas, químicas e mecânicas no momento de escolher a cerâmica mais adequada para determinado ambiente. Apesar de tal importância, muitos profissionais e compradores ignoram os critérios técnicos das especificações corretas para o uso, recaindo normalmente na escolha baseada em aspectos estéticos e não funcional, como cor e textura. Visto isso, é fundamental um estudo sobre as classificações de placas cerâmicas para maximizar a relação de custo benefício que essas apresentam.

A placa cerâmica para revestimento, segundo a NBR 13816 (ASSOCIAÇÃO..., 1997, p. 2), é um material composto de argila e outras matérias-primas inorgânicas, geralmente utilizadas para revestir pisos e paredes, incombustíveis e que não são afetadas pela luz, cujo o processo de fabricação pode ser por extrusão (classificada pela letra A), prensagem (classificada pela letra B) ou outros processos (classificada pela letra C). Além disto, na etapa de fabricação as placas são secadas e queimadas, podendo ser esmaltadas (GL) ou não esmaltadas (UGL). De acordo com a NBR 13817 (ASSOCIAÇÃO..., 1997, p. 1) as placas cerâmicas para revestimentos podem ser classificadas segundo os seguintes critérios que serão abordados mais adiante:

- Esmaltadas e não esmaltadas;
- Métodos de fabricação;
- Grupos de absorção de água;
- Classes de resistência à abrasão superficial;
- Classes de resistência ao manchamento;
- Classes de resistência ao ataque de agentes químicos;

- Aspecto superficial ou análise visual

#### 4.2.1 Esmaltada e não esmaltada

As cerâmicas podem ser classificadas como esmaltadas (*Glazed* ou GL) ou não esmaltadas (*Unglazed* ou UGL), sendo que o que difere entre elas é que na esmaltada há uma camada vitrificada impermeável em sua superfície, composta por elementos fundentes, refratários e elementos vítreos. Para Gorini e Correa (1999, p. 210) a cerâmica esmaltada constitui um crescente segmento da indústria, devido suas características estéticas e funcionais, além de particularidades como fácil limpeza; maior resistência à ação de agentes químicos e à umidade; alta resistência à abrasão e maior utilização em lugares de grande movimento, como aeroportos, hotéis, escolas, hospitais, entre outros.

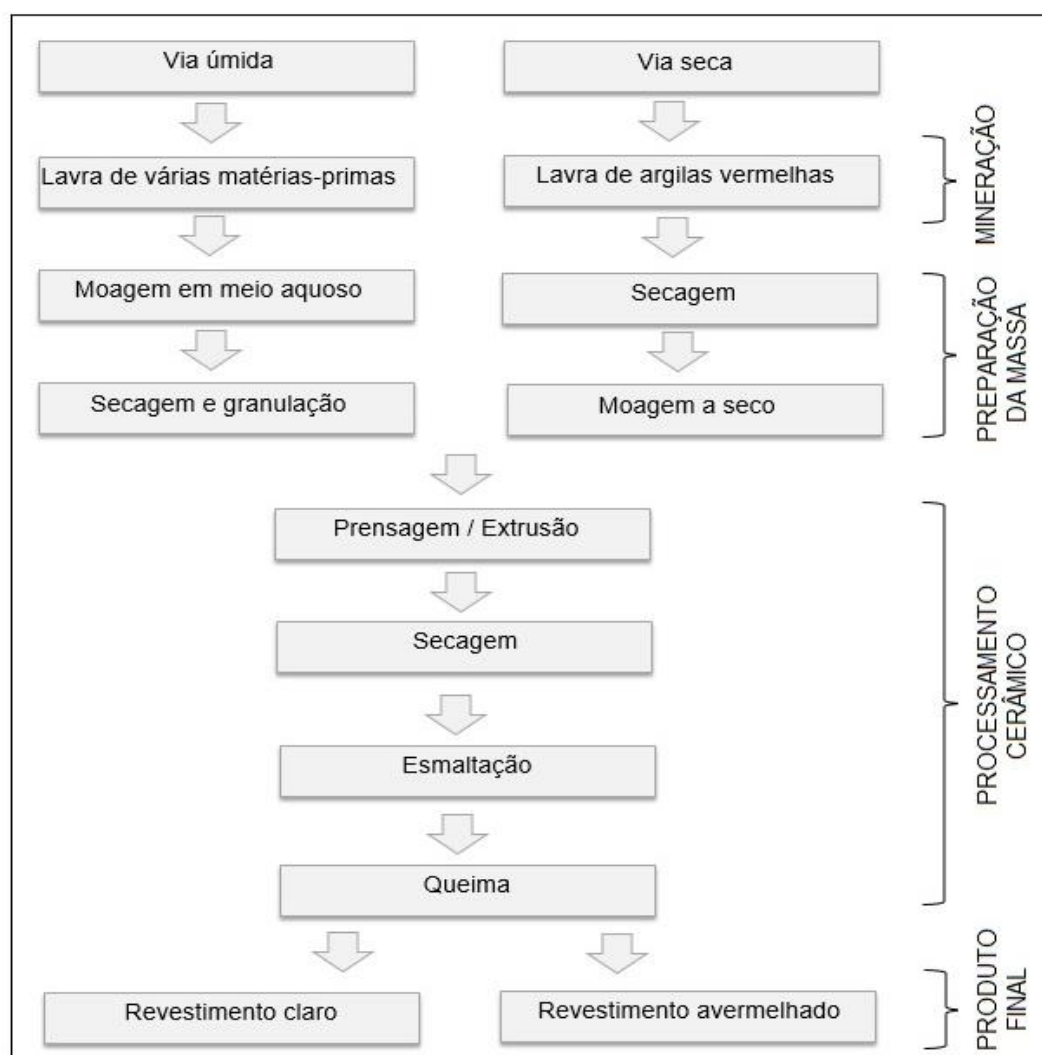
Com isto, as cerâmicas esmaltadas ganharam destaque na escolha do consumidor, estando aptas a enfrentar a concorrência de diversos outros produtos, como a madeira, carpete, tecidos, rocha (ardósia, mármore, granito e outras), vinil, plástico e papel. Em contrapartida, existem cerâmicas não esmaltadas com propriedades equivalentes, como é o caso de porcelanatos técnicos que são mais resistentes e possuem baixa absorção de água mesmo sem a presença do esmalte.

#### 4.2.2 Métodos de fabricação

De acordo com BNDES (2013, p. 1) o processo produtivo básico do setor pode ser dividido em três grandes etapas: mineração de matérias-primas que podem ocorrer em dois métodos, a via úmida, e a via seca; preparação da massa que compõe a base das placas e processamento cerâmico. Na mineração, o que difere um método de outro são os materiais utilizados. Para via seca em geral é empregado um ou dois materiais argilosos vermelhos, enquanto na via úmida utiliza-se um número maior de matérias-primas de origem mineral, como argilas, caulim, filito, rochas feldspáticas, talco e quartzo, produzindo uma massa de cor clara.



Ainda, Gorini e Correa (1999, p. 207) explicam que no método de via seca as argilas passam por um processo natural de secagem, que são posteriormente trituradas em moinhos pendulares ou de martelo, para, em seguida, percorrerem o processo cerâmico. Já na produção pela via úmida, todos os materiais minerais passam por moinhos de bola, nos quais são misturadas, trituradas e homogeneizadas em meio aquoso, com secagem e granulação em *spray dryer*, para enfim irem para processamento cerâmico. Em comparação aos métodos, o de via úmida possui qualidade superior, menores consumo de energia, materiais e equipamentos, além de serem menos vulneráveis a patologias. Todas as fases do processo produtivo da cerâmica são mostradas na Figura 9.



**Figura 9 – Fases do processo produtivo de placas cerâmicas**

Fonte: Adaptado de Gorini e Correa (1999).

Por fim, o processamento cerâmico é o mesmo para os dois métodos, passando por uma prensagem ou extrusão, secagem, esmaltação (optativa) e a queima. Conforme a NBR 13816 (ASSOCIAÇÃO..., 1997, p. 2) o que distingue a prensagem da extrusão é que na prensagem o corpo é conformado em prensas, já na extrusão, o corpo é conformado no estado plástico em uma extrusora para em seguida ser cortado. Caso a placa seja oriunda de processo por extrusão, esta deve receber a letra A, na etapa de normatização e identificação. Já os que são de origem prensados, a letra B e ainda os que são originados de outros processos, receber a letra C.

#### 4.2.3 Grupos de absorção de água

A capacidade de absorção de água de uma peça cerâmica está relacionada com a porosidade do material, que por sua vez está intimamente ligado ao grau de queima e compactação interna do produto queimado. Segundo BNDES (2013, p. 2), esta característica exerce grande influência nas demais propriedades da placa, sendo considerada uma das mais importantes. Produtos de maior qualidade, como é o caso dos materiais confeccionados com argila branca, possuem maior resistência a ação da umidade. Já a argila vermelha, por se tratar de um material mais poroso, é mais suscetível a patologias relacionada a absorção de água. O porcelanato é parâmetro neste quesito, por ser conhecido por apresentar absorção inferior a 0,6%, uma das menores do mercado.

Conforme a NBR 13817 (ASSOCIAÇÃO..., 1997, p. 2), na especificação do material os grupos de absorção de água devem apresentar na frente das letras A, B ou C, que se referem ao método de fabricação, seguido dos ícones Ia, Ib, IIa, IIb ou III, que especifica o grupo de taxa de absorção em que a cerâmica se enquadra. Além disto, de acordo com a taxa de absorção de água pode-se classificar as cerâmicas conforme sua resistência mecânica e denominá-las como porcelanato, grês, semi-grês ou poroso. No Quadro 2 é apresentado a classificação da placa cerâmica quanto ao seu grau de absorção de água.

| Grupos | Absorção de água (%) | Res. mecânica | Denominação           |
|--------|----------------------|---------------|-----------------------|
| Ia     | 0 a 0,1              | Altíssima     | Porcelanato técnico   |
| Ia     | 0,1 a 0,5            | Altíssima     | Porcelanato esmaltado |
| Ib     | 0,5 a 3,0            | Muito Alta    | Grês                  |
| IIa    | 3,0 a 6,0            | Alta          | Semi grês             |
| IIb    | 6,0 a 10,0           | Média         | Semi grês             |
| III    | Acima de 10,0        | Baixa         | Poroso                |

**Quadro 2 – Classificação cerâmica quanto ao seu grau de absorção de água**

Fonte: Adaptado de NBR 13817 (ASSOCIAÇÃO..., 1997, p. 2).

#### 4.2.4 Classes de resistência à abrasão superficial

A resistência à abrasão é uma característica importante na especificação de pisos cerâmicos, diagnosticada apenas nas placas esmaltadas. A diferença fundamental entre as esmaltadas e não esmaltadas é que as esmaltadas possuem essa camada extra de esmalte, o que permite propriedades físicas e químicas diferenciadas, enquanto os revestimentos não esmaltados se constituem de um corpo único. É pensando no intenso fluxo de pessoas ou no tráfego de materiais e equipamentos em uma industrial, por exemplo, que alguns pisos são fabricados com propriedades abrasivas elevadas. Essa característica está relacionada com o quanto um material suporta ao desgaste superficial ou risco gerado pela ação de outro material ou fluido, que caso não esteja apropriado para receber a ação, poderá ocasionar futuras patologias.

Para Montedo e Oliveira (2007, p. 14), uma alternativa para se obter placas cerâmicas com elevados índices de brilho e alta resistência ao manchamento, é a aplicação de uma camada vítrea sobre a superfície das placas, para reduzir a porosidade superficial. Porém, a camada esmaltada apresenta baixa resistência ao risco, o que se torna um desafio ao fabricante que deve atender aos requisitos estéticos, mecânicos e a um custo compatível. É nesse parâmetro de busca de

sistemas vitrocerâmicos eficientes que surgiu a necessidade de classificar os estágios abrasivos das cerâmicas. Segundo NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO..., 1997), foi adotada a escala PEI (*Porcelain Enamel Institute*) que varia de 0 a 5 para classificar a cerâmica devido a sua resistência à abrasão, como é mostrado no Quadro 3.

| PEI     | Res. à abrasão | Uso para ambientes                                  |
|---------|----------------|---|
| PEI – 0 | Baixíssima     | Paredes   |
| PEI – 1 | Baixa          | Onde se caminha com pés descalços ou chinelos       |
| PEI – 2 | Média          | Residenciais sem portas para ambientes externos     |
| PEI – 3 | Média alta     | Residenciais com portas para ambientes externos     |
| PEI – 4 | Alta           | Residenciais com tráfego intenso                    |
| PEI – 5 | Altíssima      | Comerciais, públicos e industriais com alto tráfego |

**Quadro 3 – Classificação cerâmica quanto a resistência à abrasão superficial**

Fonte: Adaptado Caccia (2012, p. 31).

#### 4.2.5 Classes de resistência ao manchamento

Outro método de classificação trata-se da facilidade que uma placa apresenta em relação a absorção e fixação de manchas em sua superfície. “A resistência ao manchamento de revestimentos cerâmicos é um dos requisitos mais difíceis de ser alcançado devido à complexidade das interações químicas e físicas que ocorrem entre os agentes manchantes e a superfície do revestimento” (Dondi et al, 2008, p.39). Para ele os aspectos físicos estão relacionados a presença que irregularidade na estrutura da superfície da placa cerâmica. Essas imperfeições quando não derivadas do uso contínuo do material, são originadas das etapas de fabricação, como a prensagem e polimento que causam arranhões e trincas, o que permitem a aderência de impurezas.

Quanto mais rugosa for a superfície de uma placa, maior a facilidade que terá de absorver impurezas, e conseqüentemente mais difícil de limpar, sendo que os valores de rugosidade variam de 0,1  $\mu\text{m}$  em superfícies lisas até mais que 2,0 mm em

superfícies texturizadas. Algumas dessas impurezas externas aderem tão bem a face que para sua remoção é necessário a utilização de produtos ácidos. A norma que qualifica as cerâmicas quanto ao seu nível de manchamento é a NBR 13817 (ASSOCIAÇÃO..., 1997, p. 2) e esta classificação indica a facilidade de remoção das manchas, conforme apresentadas no Quadro 4.

| Classe de limpeza | Remoção de manchas  |
|-------------------|---|
| Classe 5          | Máxima facilidade de remoção de mancha                        |
| Classe 4          | Mancha removível com produto de limpeza fraco                 |
| Classe 3          | Mancha removível com produto de limpeza forte                 |
| Classe 2          | Com ácido clorídrico, hidróxido de potássio e tricloroetileno |
| Classe 1          | Impossibilidade de remoção da mancha                          |

**Quadro 4 – Classificação cerâmica quanto a resistência ao manchamento**

**Fonte: Adaptado de NBR 13817 (ASSOCIAÇÃO..., 1997, p. 2).**

#### 4.2.6 Classes de resistência ao ataque de agentes químicos

A resistência ao ataque químico é uma característica importante para determinadas cerâmicas que são atingidas por produtos químicos e refere-se à capacidade da superfície da placa em se manter intacta mesmo quando estas entram em contato com determinadas substâncias e produtos. O ataque químico em questão pode ocorrer devido a diversos fatores, como por exemplo produtos de limpeza de uso doméstico, cloro em piscina e até mesmo produtos mais fortes utilizados na lavagem de frigoríficos.

A NBR 13817 (ASSOCIAÇÃO..., 1997, p. 2) explica que para classificar a cerâmica conforme sua classe de resistência ao ataque químico, a letra inicial faz referência ao tipo de revestimento, se é esmaltado (G) ou não esmaltado (U). Na sequência, à concentração dos agentes químicos (alta = H ou baixa = L) e pôr fim ao

nível de resistência química (A, B ou C respectivamente alta, média e baixa). Como exemplo a ser associado, a sigla GLA significa G de esmaltado, L de baixa concentração e A de alto nível de resistência química. O Quadro 5 especifica a codificação dos níveis das resistências químicas.

| Agentes químicos                  |                        | Níveis de resistência química |           |           |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|
|                                   |                        | Alta (A)                      | Média (B) | Baixa (C) |
| Ácidos                            | Alta concentração (H)  | HA                            | HB        | HC        |
| Álcalis                           | Baixa concentração (L) | LA                            | LB        | LC        |
| Produtos domésticos e de piscinas |                        | A                             | B         | C         |

**Quadro 5 – Classificação cerâmica quanto a resistência ao ataque químico**

**Fonte: NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO..., 1997, p. 3).**

#### 4.2.7 Aspecto superficial ou análise visual

O aspecto superficial ou análise visual está relacionado a identificação de defeitos aparentes presentes nas placas cerâmicas. A NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO..., 1997, p. 9) classifica os revestimentos cerâmicos como sendo um produto de primeira qualidade quando esses alcançarem 95% das peças examinada isentos de imperfeições, com uma pessoa visualizando a distância padrão de observação (1,00m +/-0,05).

#### 4.3 ARGAMASSA COLANTE

No vasto mercado da construção civil há uma gama de produtos disponíveis denominados como argamassa para o uso na elevação de uma edificação, indicadas

para as mais variáveis aplicações. Basicamente, argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos através da mistura homogênea de aglomerantes (cimento), agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ou não aditivos ou, são fabricadas industrialmente. Pereira (2012, p. 24) acentua que simplificadaamente existem três tipos de argamassas: argamassas de assentamento, utilizada na elevação de paredes e muros; argamassas colantes, que são empregadas no assentamento de revestimentos cerâmicos de pisos ou paredes; e argamassas de rejuntamento, conhecida como rejunte.

Focando nas argamassas de revestimento cerâmico, a NBR 14081-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2012, p. 1) define argamassa colante industrializada sendo “produto industrial, no estado seco, composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que, quando misturados com água, forma uma massa viscosa, plástica e aderente”. Ainda, a norma classifica a argamassa em três grupos: argamassa colante industrializada do tipo I (AC I), típicas para revestimentos internos; argamassa colante industrializada do tipo II (AC II), indicadas para revestimentos de pisos e paredes internos e externos; argamassa colante industrializada do tipo III (AC III), que apresenta resistência de aderência superior às citadas anteriormente. Existe ainda uma subcategoria entre as argamassas colantes já citadas, com o intuito de melhorar propriedades da massa, como a obtenção do tempo em aberto estendido (E) ou deslizamento reduzido (D).

Para Pereira (2012) os fatores relativos a argamassa que interferem no resultado da aderência estão relacionados as propriedades intrínsecas do material, como a composição ou as propriedades que sofrem variação decorrente a execução: proporção no preparo, trabalhabilidade, tempo em aberto, adesão inicial, retenção de água, superfície do substrato e resistência de aderência.

No caso das argamassas colantes, o material é derivado de um processo rígido e controlado industrialmente. Sendo assim, a composição química ou proporção desses produtos é padronizada, ocorrendo variância apenas de uma marca para outra. Portanto a influência devido a composição não será analisada no presente trabalho, devido a inúmeras marcas disponíveis no mercado. Já com relação a trabalhabilidade, esta característica está correlacionada com a quantidade de água inserida na pasta. Novamente, essa informação é definida pelo fabricante, logo

também não será estudada. Por fim, serão analisadas abaixo as demais propriedades já citadas que causam influência na resistência aderência das argamassas colantes.

#### 4.3.1 Tempo em aberto

O tempo em aberto é uma das propriedades principais da argamassa colante, e definido conforme Póvas e John (1999) como “o período de tempo após o espalhamento da argamassa sobre o substrato, em que é possível o assentamento da cerâmica obtendo-se a resistência de aderência adequada”. A norma atual que define os procedimentos necessários para o cálculo do tempo aberto é a NBR 14081-3 (ASSOCIAÇÃO..., 2012). Contudo, os fabricantes das argamassas colantes devem especificar nas embalagens o tempo máximo para a aplicabilidade da pasta e caso não haja essa especificação, a norma indica adotar 15 min para AC I e 20 min para AC II e AC III.

A resistência de aderência de argamassas colantes diminui com o decorrer do tempo entre o espalhamento desta na superfície e o assentamento da cerâmica. Após a execução e tempo de cura necessário transcorrido, a NBR 14081-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2012, p. 3) menciona que a resistência de arrancamento obtida deverá ser maior ou igual a 0,5 MPa para AC I e AC II e 1,0 MPa para AC III, conforme exibido no Quadro 6 extraído norma, que apresenta os requisitos mínimos de desempenho que as argamassas colantes devem atender.

| Requisito   |                | Método de Ensaio | Critério |       |        |
|---|----------------|------------------|----------|-------|--------|
|   |                |                  | AC I     | AC II | AC III |
| Tempo em aberto   |                | NBR 14081-3      | ≥15      | ≥20   | ≥20    |
| Resistência de aderência à tração em função do tipo de cura | Cura normal    | NBR 14081-4      | ≥0,5     | ≥0,5  | ≥1,0   |
|   | Cura submersa  |                  | ≥0,5     | ≥0,5  | ≥1,0   |
|   | Cura em estufa |                  |          | ≥0,5  | ≥1,0   |

**Quadro 6 – Requisitos básicos para argamassa colante**

Fonte: NBR 14081-1(ASSOCIAÇÃO..., 2012, p. 3).



Pereira (2012, p. 34) salienta que a perda de resistência de aderência das placas assentadas depois que foi excedido o tempo em aberto é decorrente a formação de uma película superficial causada pela evaporação e sucção de água da argamassa. Essa película interfere na adesão inicial da argamassa colante e sua velocidade é decorrente a diversos fatores físicos e ambientais, como a incidência de luminosidade solar e o vento presente.

#### 4.3.2 Adesão inicial

SANTOS (2008, p. 17) conceitua adesão inicial como “a capacidade que a argamassa apresenta para ancorar na superfície da base através da penetração da pasta nos poros, reentrâncias e saliências seguidos do endurecimento gradativo da pasta.” A aderência sucede devido a interação intermolecular que ocorrem na superfície de contato com a pasta aglomerante, relacionando-o com o comportamento das tensões superficiais e das cargas elétricas.

Segundo Pretto (2007, p. 25) um dos fatores determinantes para efetuar a adesão está relacionado ao ângulo de contato da argamassa com a superfície. Para se alcançar desempenho satisfatório, a argamassa colante deve apresentar trabalhabilidade e plasticidade adequadas, afim se se obter um ângulo zero e contato perfeito entre o substrato e a pasta, além do cobrimento completo da massa sobre a superfície sólida, sem deixar vazios na interface.

Valores altos de tensão superficial e viscosidade da pasta aglomerante proporcionam um melhor preenchimento dos vãos presentes no substrato e conseqüentemente o aumento do contato físico, que melhora a adesão e extensão de aderência entre a argamassa e a base. A resistência à aderência está intimamente relacionada a adesão inicial, pois é no estado fresco da argamassa que se inicia o processo de ligação entre os componentes.

### 4.3.3 Retenção de água

A retenção de água está relacionada a capacidade que a argamassa tem de manter sua consistência, mesmo em situações propícias à perda de água. A propriedade deve-se a composição do produto que possui a presença de aditivos, pois segundo Póvas e John (1999) não é possível produzir argamassas colantes sem aditivos, uma vez que esta perderia rapidamente água para o meio, o que ocasionaria em uma aderência nula. Por isso, é de extrema importância a presença de aditivos retentores de água e aditivos para o aumento da resistência de aderência na composição química do material.

Assim sendo, a água tem grande importância no resultado final da resistência de aderência, já que influencia diretamente na trabalhabilidade e viscosidade da pasta, além de combinar quimicamente com os aglomerantes e ser responsável pela hidratação do cimento que preencherá os poros e cavidades do substrato, auxiliando a ancoragem mecânica dos constituintes e conseqüentemente acarretando uma melhor aderência (ARAÚJO, 1995, p. 32).

Silva (2004, p. 27) ressalta que a redução da perda de água devido a presença de aditivos no aglomerante diminui os efeitos de retração da pasta, o que reduz o aparecimento de fissuras e defeitos, afetando positivamente a durabilidade do acabamento. A retenção de água em argamassas convencionais pode ser avaliada pelo método proposto pela NBR 13277 (ASSOCIAÇÃO..., 2005), o mesmo pode vir a ser usado para avaliar as argamassas colantes industrializadas.

### 4.3.4 Superfície do substrato

Além de fatores de aplicabilidade da massa, outro preceito importante tratando-se de aderência é com relação a superfície que receberá a argamassa. O substrato pode conter propriedades únicas que variam de acordo com os elementos que o compõem e método de fabricação, conferindo por exemplo diferentes rugosidades e porosidades. Construções em alvenaria de blocos cerâmicos,

possibilitam uma superfície com maior rugosidade, visto que a argamassa colante é aplicada sobre uma camada de argamassa inorgânica, que quando produzida em obra pode possibilitar as mais variadas características devido ao método de aplicação por parte do profissional e o traço utilizado. Por outro lado, superfícies industrializadas como é o caso dos sistemas de construção seca, possuem um parâmetro de qualidade padronizado, apresentando superfícies lisas e menos porosas.

Silva (2004, p. 23) faz referência a vários autores que estudaram a interferência da rugosidade do substrato no resultado da aderência. Sucintamente, materiais mais rugosos tendem a apresentar maior resistência a adesão do que superfícies lisas. Porém, as lisas por sua vez possibilitam um maior contato adesivo entre os componentes, proporcionando uma boa extensão de aderência. Por fim a autora conclui que a rugosidade isoladamente não deve ser tratada como parâmetro avaliativo, e que se deve considerar as características reológicas da argamassa colante, a técnica de execução, além de propriedade como trabalhabilidade e retenção de água.

#### 4.3.5 Resistência à aderência

A NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO..., 2010, p. 1) define aderência como a propriedade do revestimento de resistir às tensões de tração e cisalhante atuantes na interface com o substrato. A norma menciona que a resistência não é uma propriedade exclusiva da argamassa, mas sim da interação entre os componentes constituintes do sistema de revestimento, sendo necessário a especificação do substrato em que a argamassa será assentada.

De acordo com Adleson (1992 apud PAES, 2004, p. 10) os princípios que proporcionam a adesão são os mesmos para quaisquer que sejam os materiais empregados. Em todos os casos a pasta aglomerante, ainda no estado plástico, é aplicada sobre um substrato sólido. Após um determinado tempo, no caso das argamassas inicia-se o processo de endurecimento da massa, ocorrendo transformações em seu estado físico e químico.

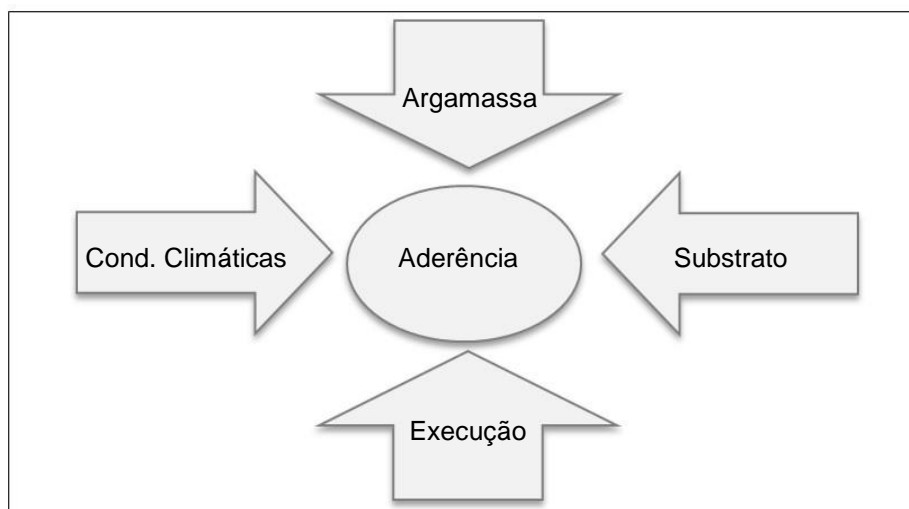
A autora ainda ressalta que a adesão decorre através de interações entre as interfaces dos materiais aderidos, tanto superficialmente quanto em pequenas profundidades dos poros presente nas camadas. O contato íntimo facial gera forças na interface dos materiais que devem ser resistentes e estáveis o suficiente para garantir que o elo gerado entre os componentes não se rompa e promova a segurança necessária durante no período mínimo de vida útil.

Thurler (1995 apud PEREIRA, 2012, p. 36) afirma que esta ligação com outros materiais pode ser realizada de forma mecânica, obtida através do engaste entre o substrato e material adesivo, ou por meio químico, devido as forças eletrostáticas de *London e Van Der Walls* entre as camadas constituintes, sendo a que a primeira apresenta impacto mais relevante no quesito resistência à adesão.

#### 4.3.5.1 Sistema de aderência mecânico

A aderência mecânica é responsável praticamente por quase toda a resistência existente e refere-se à penetração da argamassa nos poros ou entre a rugosidade do substrato, caracterizada pelo engaste entre as partículas dos materiais constituintes do sistema de revestimento. O substrato ao entrar em contato com a argamassa no estado plástico, recebe por penetração em seus poros e cavidades parte da água presente na pasta, que contém os componentes do aglomerante. Em um estudo com análise microscópica verificou-se que a aderência no interior dos poros do substrato decorre principalmente do intertravamento da etringita, que se trata de um dos produtos de hidratação do cimento (SANTOS, 2008, p. 34).

Santos (2008, p. 34) ainda conclui que os fatores que interferem diretamente na resistência estão associados a um conjunto de ações, que fazem parte da execução do revestimento, como energia de impacto, limpeza e preparo da base; propriedade da argamassa colante, reologia, adesão inicial e retenção de água; características do substrato, rugosidade e porosidade; e interferências climáticas, como luminosidade, vento e temperatura. Na Figura 10 demonstra-se os fatores que influenciam na aderência.



**Figura 10 – Fatores que influenciam na aderência de argamassa**

**Fonte: Adaptado de Santos (2008, p. 34).**

#### 4.3.5.2 Sistema de aderência química

Silva (2004) explica que apesar da predominância do efeito de travamento ser mecânico, existe uma parcela de aderência química, possivelmente inferior a 10%, que é resultante da introdução de aditivos adesivos que possuem a capacidade de melhorar a aderência entre a argamassa e o substrato. Essas substâncias são a motivação de vários trabalhos e pesquisadas com interesse econômico, porém, em geral são produzidos à base de polímeros, resinas ou PVA para então serem aplicados em superfícies que demandam de uma melhor aderência com a argamassa, como é o caso de paredes muito lisas, com baixa porosidade e rugosidade, como por exemplo, placas de gesso, concreto pré-moldado ou estruturas metálicas.

Contudo, Silva (2004) ainda ressalta que não há a presença de produtos formados na interface originados de reações química entre o substrato e a pasta aglomerante. Assim, a fração de forças de atração química não é significativa perante a ligação mecânica, podendo ser desprezada. Portanto a aderência é efetivada devido as características do substrato e da argamassa e não das reações e interações químicas que ocorrem entre eles.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

A análise experimental foi conduzida de forma a verificar a resistência de aderência de revestimentos cerâmicos sobre dois substratos distintos: chapa de gesso acartonado *standard* (ST) e chapa de gesso acartonado resistente à umidade (RU). Também foram investigadas quais argamassas colantes possuíam melhor aderência, sendo avaliados os tipos AC I, AC II e AC III. Todos os ensaios foram conduzidos em atendimento as normas brasileiras NBR 14081-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2012), NBR 14081-2 (ASSOCIAÇÃO..., 2012), NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012), NBR 13817 (ASSOCIAÇÃO..., 1997) e NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO..., 1997).

### 5.1 MATERIAIS

Os materiais que foram utilizados para a montagem do protótipo são: argamassas colantes de três diferentes tipos (AC I, AC II e AC III), placas cerâmicas, painel estruturado para suporte dos substratos e as placas de gesso acartonado ST e RU. Além dos citados acima, foram utilizados adesivo epóxi de alta resistência e secagem rápida na etapa de fixação das pastilhas para o ensaio de arrancamento e fita crepe com espessura de 4,8 mm.

#### 5.1.1 Argamassa colante

Conforme a NBR 14081-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2012) os tipos de argamassas industrializadas colantes empregadas no assentamento de placas cerâmicas para revestimento, apresentadas na Fotografia 1, e avaliados no presente trabalho são:

- Argamassa colante industrializada classe I (AC I)
- Argamassa colante industrializada classe II (AC II)
- Argamassa colante industrializada classe III (AC III)



**Fotografia 1 – Argamassas colantes utilizadas nos experimentos**

**Fonte: Autoria própria.**

### 5.1.2 Placas cerâmicas

Atualmente a indústria de cerâmicas sofreu grande expansão em comparação com os anos anteriores, chegando a ser 18 vezes a mais a produção na década atual com relação à anterior. Com o setor em desenvolvimento, possibilita ao usuário a escolha de produtos em vasto mercado disponível. Para obter o desempenho desejado é preciso especificar e selecionar a cerâmica que mais se adequa as necessidades impostas.

A análise experimental foi direcionada a placas cerâmicas com a função de revestimento de paredes, os azulejos, visto que os pisos são assentados na horizontal, não ocorrendo o caso de deslizamento da argamassa colante ou possível queda de placas. A cerâmica foi escolhida de acordo com a descrição técnica apresentada no Quadro 7, em conformidade com as necessidades do trabalho e as exigências impostas pela NBR 13817 (ASSOCIAÇÃO..., 1997). A dimensão das placas selecionadas para o ensaio foi 31x51 cm e 10 mm de espessura, sendo utilizado 4 placas, das quais 2 para reserva, que foram cortadas em uma marmoraria em seção menor de 5x5 cm, totalizando 72 placas empregadas no experimento.

| <b>Especificação</b>           | <b>Grupo / Classe</b>     |
|--------------------------------|---------------------------|
| Esmalte                        | Esmaltada                 |
| Método de Fabricação           | Prensado / Retificado     |
| Absorção de água               | BIII                      |
| Resistência à abrasão          | PEI 0                     |
| Resistência a agentes químicos | GB                        |
| Coefficiente de atrito         | < 0,40                    |
| Resistência ao manchamento     | 3                         |
| Análise Visual                 | Placas em perfeito estado |

**Quadro 7 – Classificação da placa cerâmica**

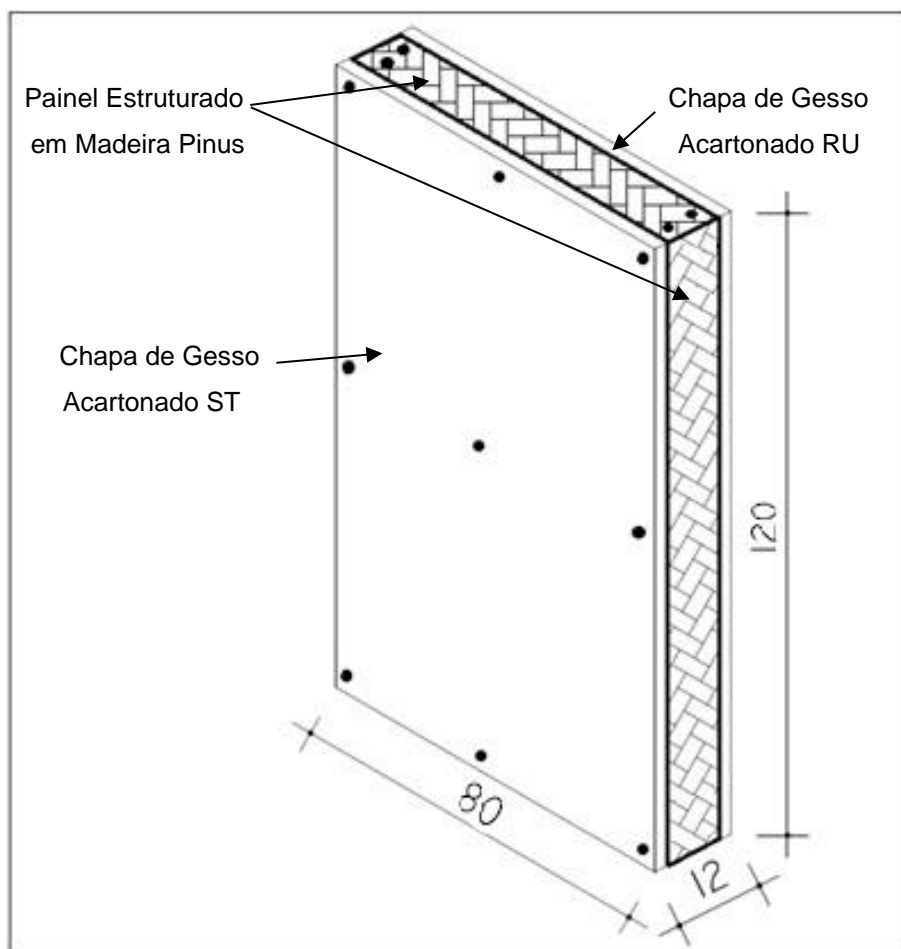
**Fonte: Autoria própria.**

### 5.1.3 Protótipo

Foi confeccionado o protótipo de uma parede com dupla face para a realização do ensaio de arrancamento. O estudo constituiu-se de uma análise restringida entre a aderência da argamassa colante, o substrato e a placa cerâmica. Visto isto, para o experimento foi dispensável a fixação de camadas excedentes, como a chapa de OSB e a membrana hidrófuga, pois essas não exercerão influência na resistência de aderência entre os componentes.

Assim sendo, o modelo de parede escolhido tem largura, comprimento e espessura, respectivamente de 80x120x12 cm e é constituído por um painel estruturado, para dar suporte ao modelo, e dois distintos materiais que serviram de base para a aplicação das placas cerâmicas, que são eles: uma chapa de gesso acartonado ST, usada para a vedação da superfície frontal e um chapa de gesso acartonado RU, utilizada na superfície oposta do protótipo, representado na Figura 11.





**Figura 11 – Ilustração do protótipo**

**Fonte: Autoria própria.**

### 5.1.3.1 Painel estruturado

Adotando as soluções contemporâneas de se construir em madeira, optou-se por submeter à avaliação de resistência à aderência a estruturas promissoras que apresentam uma alternativa para os problemas de alto consumo de materiais e excessivo desperdício de insumos, devido à possibilidade de sua matéria-prima ser proveniente de florestas manejadas racionalmente.

Para a montagem do protótipo foi necessário a confecção de um painel estruturado. Este por sua vez, é composto por cinco partes retangulares, das quais são 2 paredes (peças laterais) e 3 guias do painel (peça superior, inferior e central). A forma da ossatura do protótipo é a de um retângulo vazado com dimensão de

80x120x10 cm, como mostra na Fotografia 2. O painel estruturado é feito de madeira pinus com seção retangular de 5x10 cm e as partes que o compõem foram cortadas e trabalhadas em 2 paredes no comprimento 120 cm e 3 guias dos do painel no comprimento de 80 cm para a superior e inferior e 70 cm para a central, confeccionadas no Laboratório de Sistemas Estruturais da UTFPR – Câmpus Campo Mourão.



**Fotografia 2 – Painel estruturado**

**Fonte: Autoria própria.**

#### 5.1.3.2 Chapas de gesso acartonado

O gesso acartonado é amplamente empregado em construções de sistemas secos ou para revestimento de paredes internas de edifícios comerciais e residenciais. É encontrado no mercado nos tipos ST, RU e RF. Apesar da RU ser designada para

áreas molhadas, ainda assim é comum a utilização da chapa ST nessas situações também, por possuir uma superfície menos lisa que a chapa RU, que contém em sua composição silicone para auxiliar na vedação da umidade. A composição da chapa RU pode prejudicar a adesão entre a argamassa colante e a chapa.

Visto essa discordância entre a utilização das chapas e falta de estudos nesse âmbito, decidiu-se analisar a resistência de aderência desses dois substratos. Nos ensaios foram empregadas a chapa verde RU em uma das faces, específicas para locais com presença de umidade, e na outra face a chapa cinza ST, usual nos demais cômodos internos da edificação. As chapas analisadas são comumente encontradas no mercado da construção com seção de 120x180 cm e espessura de 10 mm. Para o experimento foram necessárias 1 chapa RU e 1 ST, que foram cortadas em seções menores de 80x120 cm e posteriormente fixadas no painel estruturado, uma em cada lado.

## 5.2 EQUIPAMENTOS

Todos os equipamentos essenciais para a elaboração e realização do ensaio foram fornecidos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Campo Mourão e conforme com as normas NBR 14081-2 (ASSOCIAÇÃO..., 2012) e NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012).

Inicialmente, para montar o painel estruturado e fixar as chapas ao painel, foi utilizado uma parafusadeira e maquinário do Laboratório de Sistemas Estruturais da UTFPR – Câmpus Campo Mourão. Para o corte do revestimento cerâmico, foram encaminhadas as placas à uma marmoraria que se encarregou de cortá-las nas dimensões especificadas. Na etapa de preparação e aplicação da argamassa colante, foram utilizados os seguintes equipamentos: misturador mecânico para realizar a homogeneidade da argamassa colante com a água, com rotações descritas no Quadro 8 e contendo uma cuba e pá, ambas de aço inoxidável; balança com resolução de 0,1 g; paquímetro com resolução de 0,01 mm; espátula para aplicação da argamassa no substrato e desempenadeira metálica dentada com reentrância de (6,0 ± 0,1) mm.

| Velocidade | Rotação em torno do eixo | Movimento planetário |
|------------|--------------------------|----------------------|
| Lenta      | 140 ± 5                  | 62 ± 5               |

**Quadro 8 – Velocidade do misturador**

Fonte: Adaptado de NBR 14081-2 (ASSOCIAÇÃO..., 2012).

Por fim, para o ensaio de resistência à aderência foi utilizado o equipamento para o arrancamento por tração que permita uma velocidade de carregamento uniforme de  $(250 \pm 50)$  N/s; e pastilhas metálicas não deformáveis com seção circular de 50 mm e espessura de 20 mm que possuem um dispositivo central para acoplamento da máquina.

### 5.3 MÉTODOS

O ensaio proposto pela norma brasileira sugere metodologia para determinação da resistência de aderência, medida através de arrancamento por tração de placas cerâmicas assentadas com argamassa colante sobre substratos padronizados, conforme a NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012). O substrato padrão mencionado pela norma refere-se a uma placa de concreto. Em relação a este conjunto há varias diretrizes de estudo e pesquisas desenvolvidas. Porém há poucos estudos referentes a aplicação da argamassa colante em outras superfícies e que foram revestidas com placas cerâmica, como é o caso do gesso acartonado, proposta a ser analisada neste trabalho.

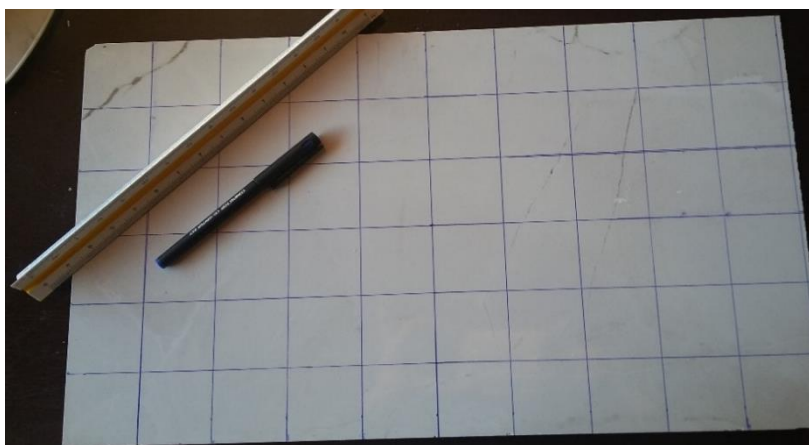
A metodologia do presente trabalho foi partilhada conforme as etapas de execução e de acordo com os preceitos estabelecidos nas normas brasileiras NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012), NBR 14081-2 (ASSOCIAÇÃO..., 2012) e NBR 14081-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2012). Os procedimentos práticos deram início a partir da compra e verificação das cerâmicas que foram cortadas posteriormente. Após, o protótipo foi montado e a argamassa colante foi preparada. Por fim, deu-se início aos procedimentos para a realização do ensaio da resistência a tração: aplicação da

argamassa colante, assentamento das placas cerâmicas, colagem das pastilhas e ensaio de arrancamento. O desenvolvimento de cada etapa será melhor explicado a seguir.

### 5.3.1 Obtenção e corte da placa cerâmica

De acordo com a classificação da cerâmica, já exposta anteriormente no Quadro 7, no momento da escolha dos azulejos foi verificado se o fabricante atendia aos requisitos de condições gerais presente na NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO..., 1997) e se este se enquadra nas exigências solicitadas. A cerâmica utilizada, mostrada na Fotografia 3, foi encaminhada a uma marmoraria para a realização dos cortes em seções menores, com o intuito de garantir melhor acabamento e medidas padronizadas em atendimento a norma brasileira.

Em cada uma das faces do protótipo foram assentadas cerâmicas com três diferentes tipos de argamassa colante (AC I, AC II e AC III). A NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012) indicada que para cada argamassa considerada deverão ser ensaiadas 10 placas cerâmicas. Porém, foram assentadas 12 cerâmicas para cada tipo de argamassa colante, afim de se obter melhores resultados. Ao todo foram utilizadas 72 placas com seção de 5x5 cm, que foram retiradas de 2 placas de seção 31x51 cm.



**Fotografia 3 – Placa cerâmica**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 5.3.2 Montagem do protótipo

Para a montagem do protótipo, fixação do painel estruturado com as faces que serviram de substratos, foram utilizados parafusos e parafusadeira. Em uma das faces foi fixado uma chapa de gesso acartonado RU, e na outra uma chapa de gesso acartonado ST. Ambas foram parafusadas no painel estruturado. Na Fotografia 4 é apresentado uma das faces do protótipo antes da aplicação das argamassas colantes e placas cerâmicas, a chapa de gesso acartonado RU.

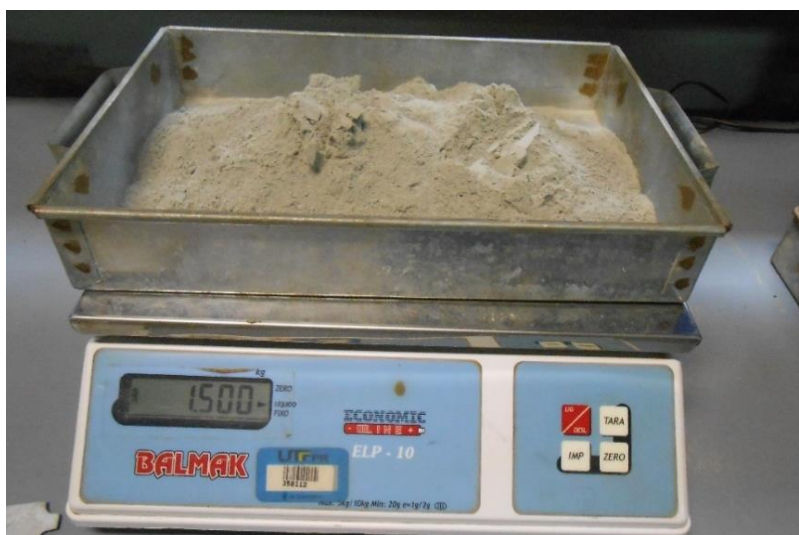


**Fotografia 4 – Face com chapa de gesso acartonado RU**

**Fonte: Autoria própria.**

### 5.3.3 Preparo argamassa colante

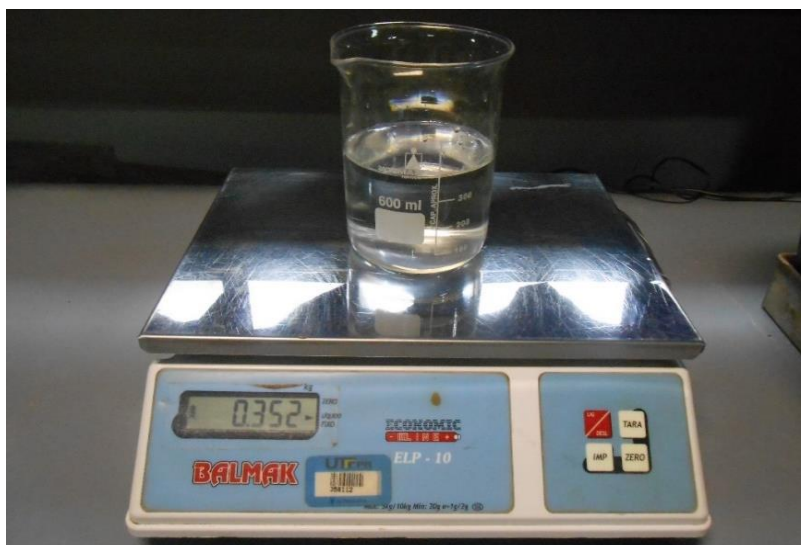
As argamassas colantes foram preparadas em conformidade com a NBR 14081-2 (ASSOCIAÇÃO..., 2012). Primeiramente pesou-se a forma vazia na balança e acionou-se o comando tara para zerar a massa do objeto. Após, colocou-se a quantidade de argamassa colante estipulada, que foi de 1,5 kg, como é mostrado na Fotografia 5. Esse procedimento foi realizado 6 vezes, para os 3 tipos de argamassas colantes nas 2 faces do protótipo.



**Fotografia 5 – Pesagem da argamassa colante**

**Fonte: Autoria própria.**

Posteriormente, foi pesado a água em um cope de Becker, conforme apresentado na Fotografia 6. Foi utilizado o mesmo processo de pesagem da argamassa colante, porém com medidas volumétricas de água diferente, que foram especificadas pelo fabricante e proporcionalmente à quantidade de massa utilizada, apresentado na Tabela 1.



Fotografia 6 – Pesagem da água

Fonte: Autoria própria.

Tabela 1 – Quantidade de água na mistura com argamassa colante

| Argamassa | Massa (kg) | Água (ml) |
|-----------|------------|-----------|
| AC I      | 1,50       | 390       |
| AC II     | 1,50       | 352       |
| AC III    | 1,50       | 315       |

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, adicionou-se a água junto a argamassa colante no misturador mecânico, ligou-se a máquina na velocidade desejável e aguardou-se 3 minutos para a realização da homogeneização da pasta, como é mostrado na Fotografia 7. Após a homogeneização, cobriu-se a massa com um pano úmido até o início do assentamento, que ocorreu em um tempo limite de 15 minutos para a AC I, e 20 minutos para a AC II e AC III, tempo em aberto estipulado pelo fabricante, com intuito de conservar e garantir as propriedades adesivas da mistura.





**Fotografia 7 – Mistura da argamassa colante**

**Fonte: Autoria própria.**

#### 5.4 ENSAIO DE ARRANCAMENTO - DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

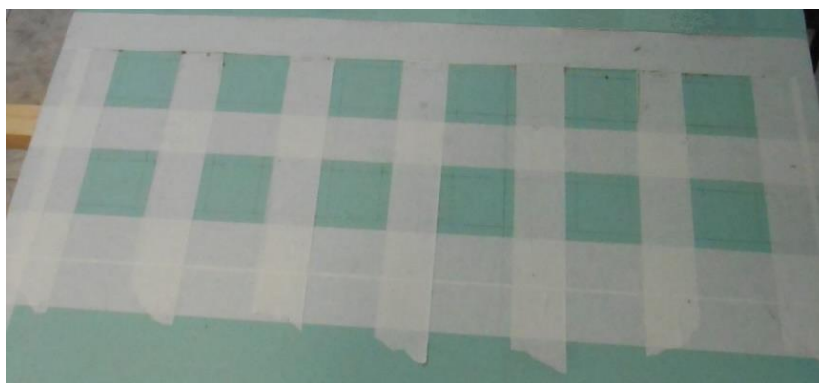
Este ensaio visa determinar a condição de aderência entre a argamassa colante, a placa cerâmica e o substrato que neste caso em estudo compreende a chapa de gesso acartonado ST e RU. De modo geral, somente com uma boa aderência entre os elementos constituintes poderá assegurar uma condição de bom desempenho do conjunto, sendo que a aderência será maior ou menor em função das características próprias dos materiais empregados e do método de execução do assentamento.

A NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012) define os procedimentos necessários para a determinação da resistência de aderência, medida através de arrancamento por tração simples de argamassa colante industrializada destinada ao

assentamento de placas cerâmicas assentadas em placas de concreto. Nas duas faces do protótipo foi realizado o ensaio descrito abaixo.

#### 5.4.1 Aplicação da argamassa colante

Primeiramente, antes da aplicação da argamassa colante, foi preciso marcar a chapa de gesso acartonado com um lápis e passar a fita crepe nesta. Esse procedimento foi realizado com o intuito de atender a descrição de ensaio proposta pela NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012), que indica que deverão ser deixados aproximadamente 1 cm de cordão ao redor da placa cerâmica. A fita crepe auxiliou na demarcação desses 1 cm no momento de retirada do excesso de argamassa colante. O espaçamento entre duas placas foi de 6,8 cm, contabilizando 2 cm para os cordões e 4,8 cm da largura da fita. Na Fotografia 8 é apresentada a disposição das placas cerâmicas com o uso da fita adesiva.



**Fotografia 8 – Paginação das placas cerâmicas**

**Fonte: Autoria própria.**

Conforme a NBR 14081-2 (ASSOCIAÇÃO..., 2012), após o preparo da argamassa foi preciso colocá-la sobre o lado liso da desempenadeira e estendê-la no substrato, num movimento de vaivém. O excesso foi retirado e descartado. Foi necessário repetir o procedimento até que a camada tivesse espessura suficiente para

a conformação dos cordões. Em seguida, em um único movimento com o lado dentado da desempenadeira formou-se os cordões com altura de  $(5 \pm 0,5)$  mm no sentido longitudinal do substrato, que foram verificados com um paquímetro em três pontos da seção. Na Fotografia 9 é demonstrado o processo de passagem da desempenadeira na face ST.



**Fotografia 9 – Formação dos cordões**

**Fonte: Autoria própria.**

#### 5.4.2 Assentamento das placas cerâmicas

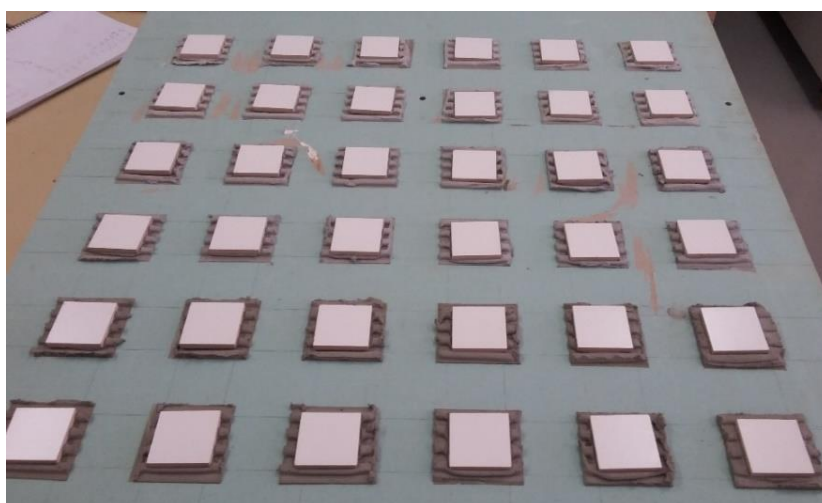
Finalizado a formação dos cordões, foi posicionada cada placa cerâmica no quadrado marcado a lápis e aplicado uma força constante na seção do revestimento. Com uma espátula retirou-se o excesso de argamassa colante, que foi descartada posteriormente, como é mostrado na Fotografia 10, sendo as duas primeiras colunas assentadas com a AC III, a terceira e a quarta com AC II e as duas últimas com AC I.



**Fotografia 10 – Assentamento das placas cerâmicas**

**Fonte: Autoria própria.**

Por fim, foi retirada a fita crepe e finalizada a etapa de assentamento das placas cerâmicas. A Fotografia 11 ilustra as 36 placas cerâmicas assentadas com três diferentes tipos de argamassas colantes na superfície de gesso acartonado RU. O protótipo permaneceu no Laboratório de Materiais de Construção da UTFPR – Câmpus Campo Mourão por um período de 28 dias para efetivação da cura normal da argamassa colante.



**Fotografia 11 – Face final da chapa de gesso acartonado RU**

**Fonte: Autoria própria.**

#### 5.4.3 Fixação das pastilhas metálicas para o ensaio de arrancamento

Inicialmente, foi realizado a limpeza do revestimento cerâmico com o auxílio de um pano úmido, para a retirada de partículas soltas na superfície da cerâmica, e a remoção com o auxílio de lixa de resíduos de cola ou argamassa colante das pastilhas metálicas, proveniente de ensaios anteriores.

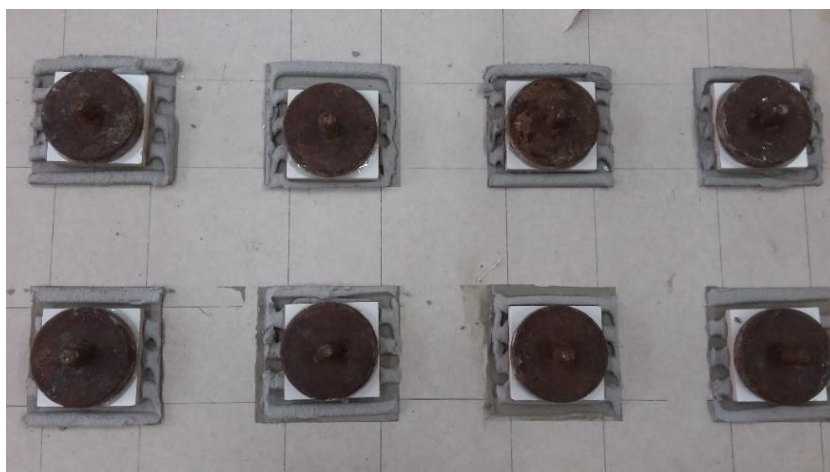
Decorridos no mínimo os 28 dias de espera para o tempo da cura normal da argamassa colante, foi aplicada sobre a face das placas cerâmicas e das pastilhas metálicas adesivo epóxi de alta resistência e secagem rápida, mostrado na Fotografia 12.



Fotografia 12 – Cola epóxi utilizada nos ensaios

Fonte: Autoria própria.

Após a aplicação da cola na pastilha e na cerâmica, foram unidas, para que a máquina de arrancamento pudesse ser acoplada à pastilha e realizar o ensaio de tração nas placas cerâmicas, conforme exibido na Fotografia 13. Devido à pouca quantidade de pastilhas disponíveis para o ensaio, foram coladas 10 pastilhas por vez, e o tempo de espera após a colagem para se realizar o ensaio de arrancamento foi de 72 horas, estipulado pela NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012).



**Fotografia 13 – Pastilhas de aço coladas nas placas cerâmicas**

**Fonte: Autoria própria.**

#### 5.4.4 Ensaio de arrancamento de placas cerâmicas

O ensaio de arrancamento das placas cerâmicas resume-se na aplicação de força com velocidade de incremento constante, até que haja ruptura de adesão entre a placa cerâmica e o substrato. Baixas aderências ocasionam prejuízos financeiros com manutenção, devido ao desprendimento de placas e possíveis patologias, com a infiltração de umidade no substrato.

Primeiramente acoplou-se a máquina na pastilha e inseriu sob a base do equipamento duas ripas de madeira, para que durante a aplicação de tensão os pés não perfurassem a superfície da chapa de gesso acartonado, como é apresentado na Fotografia 14. Após, zerou-se a força registrada no equipamento e iniciou-se a aplicação de carga de tração através da rotação da manivela do equipamento, a uma velocidade uniforme de  $(250 \pm 50)$  N/s que foi exercida até a ruptura.

Foi verificado o nivelamento do equipamento em relação a superfície, além do dispositivo tipo rótula que permite o giro, proporcionando uniformização da tensão de arrancamento na superfície da placa cerâmica.



**Fotografia 14 – Ensaio de aderência à tração**

**Fonte: Autoria própria.**

Em seguida, foi registrada a força máxima aplicada (T) e anotado o tipo de ruptura que ocorreu ao final de cada ensaio. As possíveis formas de rompimento descritas pela NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012) são apresentadas na Figura 12 e descritas abaixo.

- Ruptura do substrato (S);
- Ruptura na interface argamassa e substrato (S/A);
- Ruptura da camada de argamassa colante (A);
- Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica (A/P);
- Ruptura da placa cerâmica (P);
- Falha na colagem da peça metálica (F).

Rupturas do substrato ocorrem devido a ineficiência da resistência da chapa de gesso acartonado. Rupturas na interface entre a argamassa colante e substrato ocorrem devido ao desprendimento da argamassa colante da chapa de gesso acartonado, o que torna o contato entre os materiais o ponto frágil da adesão. Já rupturas da argamassa colante é devido ao rompimento do material adesivo. Ainda, rupturas na interface da argamassa colante e placa cerâmica ocorrem devido à má adesão entre os dois componentes. Por fim, rupturas na placa cerâmica ou falha na colagem demonstram a fragilidade do material cerâmico ou colagem inadequada da pastilha, sendo ambos erros de execução ou má qualidade do material, portanto desconsiderados nos resultados.

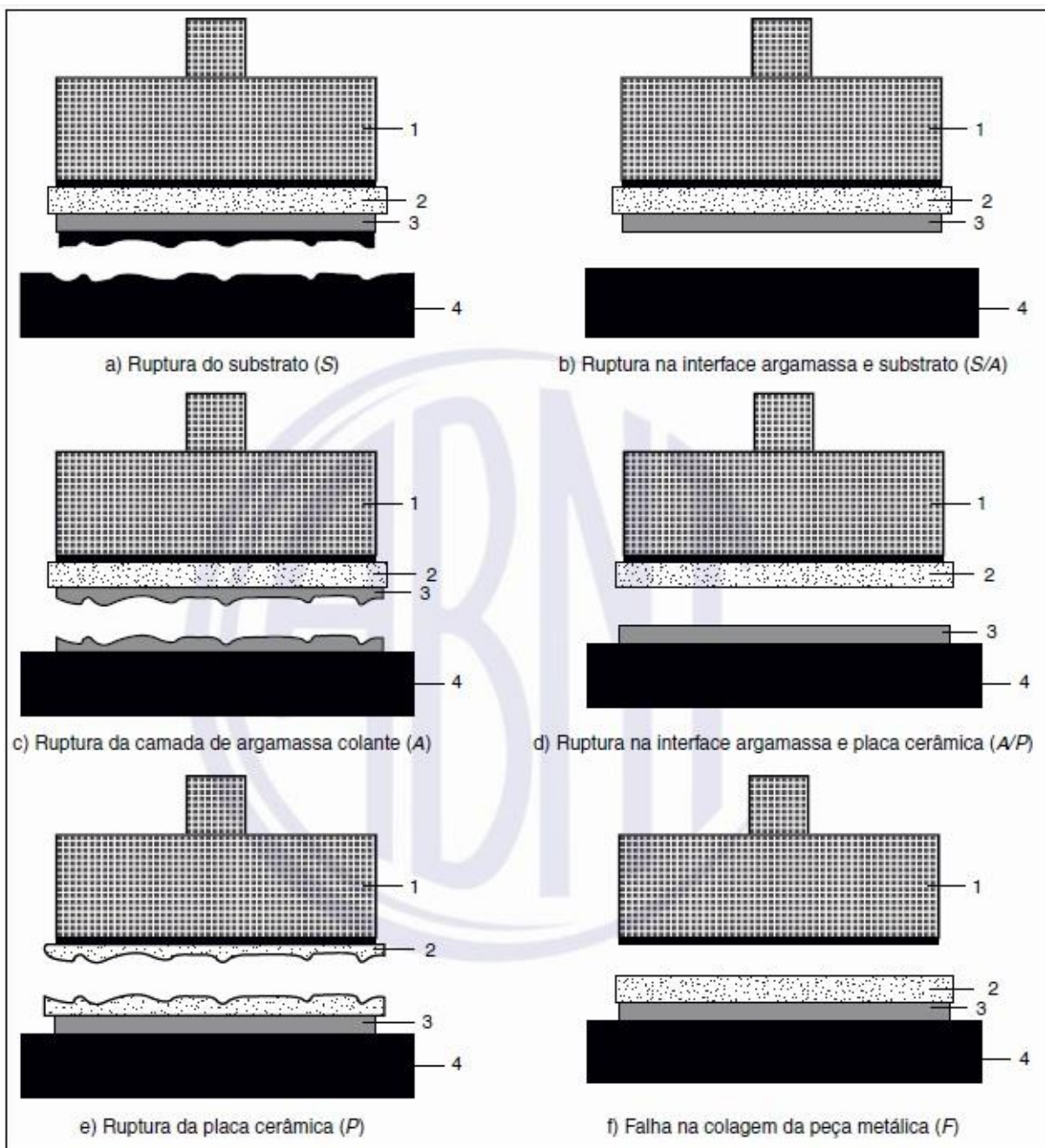


Figura 12 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração

Fonte: NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012, p. 5).

#### Legenda

- 1 - Pastilha metálica
- 2 - Placa cerâmica
- 3 - Argamassa colante
- 4 - Substrato-Padrão (gesso cartonado)



#### 5.4.5 Cálculo da resistência de aderência à tração

Para finalizar esta etapa, calculou-se a tensão de ruptura de cada placa cerâmica, mediante a Equação 1:

$$f_t = \frac{T}{A} \quad (1)$$

Onde:

- $f_t$  é a tensão de ruptura, arredondada à segunda decimal e expressa em megapascals (MPa);
- $T$  é a força de ruptura, expressa em newtons (N);
- $A$  é a área da placa cerâmica, expressa em milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>).

Conforme indicação da norma NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012, p. 6) as placas cerâmicas foram cortadas em seção quadrada com 50 mm de aresta, para garantir uma área constante de 2500 mm<sup>2</sup> para todas as placas.

Após a obtenção dos resultados, foi preciso calcular a tensão média de ruptura por tração das placas correspondentes a cada série assentada, desconsiderando-se os resultados obtidos com rupturas dos tipos P e F

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização dos ensaios experimentais em laboratório são apresentados os resultados obtidos, bem como os tipos de rupturas registradas e suas respectivas porcentagens, de modo a se obter um panorama geral das condições de aderência e resistência à tração do revestimento e possibilitar a comparação entre os valores alcançados e aqueles estipulados pela NBR 14081-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2012).

Na sequência são apresentadas as Tabelas 2, 3 e 4, que contêm os resultados do ensaio de tração das 12 placas cerâmicas, referente aos três tipos de argamassas colantes, uma por cada tabela, e que foram assentadas na chapa gesso acartonado ST. Ainda, é exposto a descrição e porcentagem do tipo de ruptura que ocorreu, já descrito na Figura 12 e de acordo com a legenda abaixo:

- S/A – Ruptura na interface Argamassa colante e Substrato
- A – Ruptura da camada de Argamassa colante
- S – Ruptura do Substrato
- A/P – Ruptura na interface Argamassa e Placa cerâmica

**Tabela 2 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado ST com AC I (continua)**

| PRIMEIRO ENSAIO – CHAPA ST – ARGAMASSA COLANTE CLASSE I |                         |           |              |                 |
|---|-------------------------|-----------|--------------|-----------------|
| CP  | Área (mm <sup>2</sup> ) | Força (N) | Tensão (MPa) | Tipo de Ruptura |
| 1   | 2500                    | 559       | 0,22         | 100% S/A        |
| 2   | 2500                    | 628       | 0,25         | 100% S/A        |
| 3   | 2500                    | 706       | 0,28         | 100% S/A        |
| 4   | 2500                    | 569       | 0,23         | 100% S/A        |
| 5   | 2500                    | 804       | 0,32         | 100% S/A        |
| 6   | 2500                    | 510       | 0,20         | 100% S/A        |
| 7   | 2500                    | 500       | 0,20         | 100% S/A        |
| 8   | 2500                    | 549       | 0,22         | 100% S/A        |

**Tabela 2 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado ST com AC I (conclusão)**

| CP                     | Área (mm <sup>2</sup> ) | Força (N) | Tensão (MPa) | Tipo de Ruptura |
|------------------------|-------------------------|-----------|--------------|-----------------|
| 9                      | 2500                    | 637       | 0,25         | 100% S/A        |
| 10                     | 2500                    | 647       | 0,26         | 100% S/A        |
| 11                     | 2500                    | 706       | 0,28         | 100% S/A        |
| 12                     | 2500                    | 471       | 0,19         | 100% S/A        |
| <b>Valor médio =</b>   |                         |           | <b>0,24</b>  |                 |
| <b>Desvio padrão =</b> |                         |           | <b>4,0%</b>  |                 |

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 3 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado ST com AC II**

| <b>PRIMEIRO ENSAIO – CHAPA ST – ARGAMASSA COLANTE CLASSE II</b> |                         |           |              |                 |
|---|-------------------------|-----------|--------------|-----------------|
| CP  | Área (mm <sup>2</sup> ) | Força (N) | Tensão (MPa) | Tipo de Ruptura |
| 1   | 2500                    | 637       | 0,25         | 100% S          |
| 2   | 2500                    | 490       | 0,20         | 100% S          |
| 3   | 2500                    | 490       | 0,20         | 100% S          |
| 4   | 2500                    | 647       | 0,26         | 100% S          |
| 5   | 2500                    | 647       | 0,26         | 100% S          |
| 6   | 2500                    | 539       | 0,22         | 100% S          |
| 7   | 2500                    | 530       | 0,21         | 100% S          |
| 8   | 2500                    | 657       | 0,26         | 100% S          |
| 9   | 2500                    | 608       | 0,24         | 100% S          |
| 10  | 2500                    | 637       | 0,25         | 100% S          |
| 11  | 2500                    | 539       | 0,22         | 100% S          |
| 12  | 2500                    | 608       | 0,24         | 100% S          |
| <b>Valor médio =</b>  |                         |           | <b>0,23</b>  |                 |
| <b>Desvio padrão =</b>  |                         |           | <b>2,0%</b>  |                 |

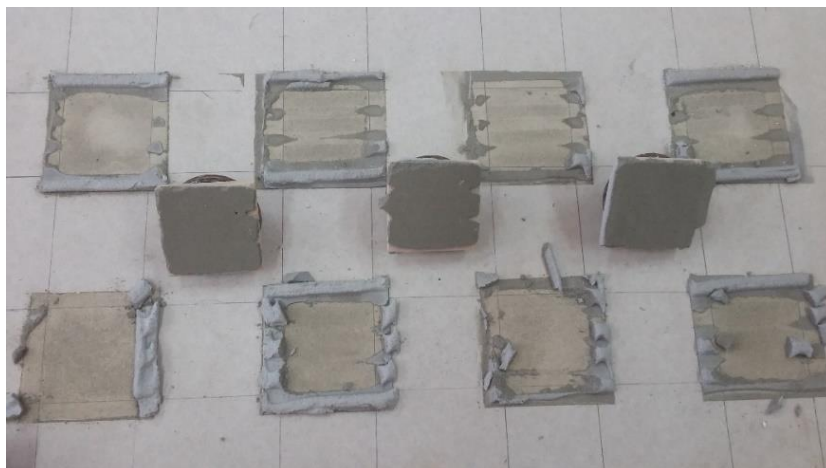
Fonte: Autoria própria.

Tabela 4 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado ST com AC III

| PRIMEIRO ENSAIO – CHAPA ST – ARGAMASSA COLANTE CLASSE III |                         |           |              |                 |
|---|-------------------------|-----------|--------------|-----------------|
| CP  | Área (mm <sup>2</sup> ) | Força (N) | Tensão (MPa) | Tipo de Ruptura |
| 1   | 2500                    | 579       | 0,23         | 100% S          |
| 2   | 2500                    | 677       | 0,27         | 100% S/A        |
| 3   | 2500                    | 755       | 0,30         | 100% S          |
| 4   | 2500                    | 696       | 0,28         | 100% S/A        |
| 5   | 2500                    | 637       | 0,25         | 100% S          |
| 6   | 2500                    | 490       | 0,20         | 100% S/A        |
| 7   | 2500                    | 118       | 0,05         | 100% A/P        |
| 8   | 2500                    | 588       | 0,24         | 70% A/P + 30% A |
| 9   | 2500                    | 451       | 0,18         | 100% S          |
| 10  | 2500                    | 549       | 0,22         | 100% S/A        |
| 11  | 2500                    | 530       | 0,21         | 90% A/P + 10% A |
| 12  | 2500                    | 490       | 0,20         | 80% A/P + 20% A |
| Valor médio =   |                         |           | <b>0,23</b>  |                 |
| Desvio padrão =   |                         |           | <b>4,0%</b>  |                 |

Fonte: Autoria própria.

Deve-se destacar que em todos os ensaios não houve ocorrência de rupturas da placa cerâmica e falha na colagem da peça metálica. Assim, pode-se afirmar que não ocorreu ineficiência do adesivo epóxi ou má qualidade do revestimento cerâmico. Nota-se que as rupturas sucederam de acordo com o tipo de argamassa colante. No caso da AC I a média da tensão de arrancamento foi de 0,24 MPa, e todas as placas sofreram rupturas na interface da argamassa colante e do substrato. Com isso pode-se deduzir que a resistência da chapa de gesso acartonado ST foi superior que a adesão do gesso com esse tipo de argamassa colante. Na Fotografia 15 é apresentado a ruptura S/A, que ocorreu integralmente com a AC I na chapa ST.



**Fotografia 15 – Ruptura S/A na AC I com chapa ST**

**Fonte: Autoria própria.**

Já com a AC II na chapa ST, todas as placas sofreram rupturas do substrato, não havendo desprendimento entre a argamassa colante e a chapa de gesso acartonado. Esse tipo de ruptura fica evidenciado que a resistência entre a adesão da argamassa colante e da chapa de gesso foi superior a resistência do próprio substrato. Porém, a média da tensão de arrancamento foi 0,23 MPa, equivalente à média de tensão da AC I na chapa ST, que sofreu ruptura do tipo S/A. Na Fotografia 16 é apresentado a ruptura S, que ocorreu integralmente com a AC II.



**Fotografia 16 – Ruptura S na AC II com chapa ST**

**Fonte: Autoria própria.**

Por fim, a AC III não apresentou uma linearidade nos resultados como as demais argamassas colantes, não havendo uma forma de ruptura predominante, visto que ocorreram rupturas do tipo A, S/A, A/P e S e obteve tensão média de ruptura de 0,23 MPa, equivalente as demais. Apenas com corpo de prova 7 ocorreu uma falha considerável da aderência, por ter obtido tensão de 0,05 MPa. Analisando a Fotografia 17, que apresenta do lado esquerdo uma placa cerâmica com ruptura do tipo S/A e do lado direito a ruptura que ocorreu no corpo de prova 7, é possível verificar que não ocorreu o preenchimento completo da seção da placa cerâmica com a argamassa colante, o que possivelmente ocasionou esse resultado inferior, devido a falha de aplicação de força sobre a cerâmica no momento do assentamento. Portanto o resultado do CP 7 não foi considerado para compor o valor médio, nem o desvio padrão.



**Fotografia 17 – Preenchimento tradicional e preenchimento no CP 7**

**Fonte: A autoria própria.**

Os resultados das tensões de aderência indicam valores equivalentes para os três tipos de argamassas colantes estudadas. Já observando a forma de ruptura, pode-se afirmar que as argamassas AC II e AC III possuem maior aderência que a AC I, pois com o uso da AC II e AC III ocorreram rupturas do substrato, diferentemente da AC I em que ocorreram rupturas na interface da argamassa colante e chapa de gesso acartonado.

Os resultados das três tabelas anteriores estão agrupados de forma resumida abaixo na Tabela 5, para melhor visualização, contendo apenas a média, desvio-padrão e coeficiente de variação de cada argamassa colante ensaiada na chapa de gesso acartonado ST.

**Tabela 5 – Resumo das médias chapa de gesso acartonado ST**

| <b>RESUMO DO PRIMEIRO ENSAIO DE ARRANCAMENTO</b> |             |              |               |
|--|-------------|--------------|---------------|
|  | <b>AC I</b> | <b>AC II</b> | <b>AC III</b> |
| Média (MPa)                                      | 0,24        | 0,23         | 0,23          |
| D. Padrão (%)                                    | 4,0%        | 2,0%         | 4,0%          |
| CV (%)   | 15,62       | 10,41        | 15,68         |

**Fonte: Autoria própria.**

Para servir de parâmetro comparativo com as normas brasileiras, conforme já exibido no Quadro 6, as recomendações de resistência de aderência expostas pela NBR 14081-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2012, p. 3) com o processo de cura normal, após 28 dias, é que as AC I e AC II deverão obter resistência mínima de 0,5 MPa, e a AC III alcançar resistência mínima de 1,0 MPa nos ensaios de arrancamento das placas cerâmicas.

Contudo, observando-se a Tabela 5 com os resumos das médias e os resultados das três tabelas anteriores pode-se verificar que nenhum corpo de prova ou média dos ensaios realizados na chapa de gesso ST obteve aderência e resistência mínimas apontada pela norma. A diferença foi principalmente com o uso da AC III, que atingiu 22% da resistência mínima indicada. Já argamassa colante que obteve melhor aderência foi a AC I, ainda assim com uma tensão de 48% do solicitado em norma. Por fim, a AC II obteve aderência de 46% da resistência mínima apontada pela norma brasileira.

Porém, vale ressaltar que a norma brasileira especifica que o substrato padrão é a placa de concreto, não havendo uma norma própria para a verificação da resistência à aderência quando aplicada argamassa colante em outros substratos além dos mencionados em norma.

Após a execução do ensaio na primeira face do protótipo, realizou-se a segunda etapa, na chapa de gesso acartonado RU. Foram realizados os mesmos procedimentos e os resultados e descrições de rupturas referentes as três argamassas colantes seguem abaixo nas Tabelas 6, 7 e 8.

**Tabela 6 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado RU com AC I**

| <b>SEGUNDO ENSAIO – CHAPA RU – ARGAMASSA COLANTE CLASSE I</b> |                              |                  |                     |                        |
|---|------------------------------|------------------|---------------------|------------------------|
| <b>CP</b>   | <b>Área (mm<sup>2</sup>)</b> | <b>Força (N)</b> | <b>Tensão (MPa)</b> | <b>Tipo de Ruptura</b> |
| 1   | 2500                         | 608              | 0,24                | 50% A + 50% S/A        |
| 2   | 2500                         | 559              | 0,22                | 40% A + 60% S/A        |
| 3   | 2500                         | 794              | 0,32                | 15% A + 85% S/A        |
| 4   | 2500                         | 588              | 0,24                | 100% S/A               |
| 5   | 2500                         | 677              | 0,27                | 100% S/A               |
| 6   | 2500                         | 765              | 0,31                | 100% S/A               |
| 7   | 2500                         | 716              | 0,29                | 25% A + 75% S/A        |
| 8   | 2500                         | 608              | 0,24                | 50% A + 50% S/A        |
| 9   | 2500                         | 765              | 0,31                | 80% A + 20% S/A        |
| 10  | 2500                         | 579              | 0,23                | 100% S/A               |
| 11  | 2500                         | 735              | 0,29                | 75% A + 25% S/A        |
| 12  | 2500                         | 559              | 0,22                | 50% A + 50% S/A        |
| <b>Valor médio =</b>  |                              |                  | <b>0,27</b>         |                        |
| <b>Desvio padrão =</b>  |                              |                  | <b>3,0%</b>         |                        |

**Fonte: Aatoria própria.**



Tabela 7 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado RU com AC II

| SEGUNDO ENSAIO – CHAPA RU – ARGAMASSA COLANTE CLASSE II |                         |           |              |                   |
|---|-------------------------|-----------|--------------|-------------------|
| CP  | Área (mm <sup>2</sup> ) | Força (N) | Tensão (MPa) | Tipo de Ruptura   |
| 1   | 2500                    | 716       | 0,29         | 100% S            |
| 2   | 2500                    | 726       | 0,29         | 50% S/A + 50% A/P |
| 3   | 2500                    | 500       | 0,20         | 100% S            |
| 4   | 2500                    | 716       | 0,29         | 100% S            |
| 5   | 2500                    | 677       | 0,27         | 100% S            |
| 6   | 2500                    | 745       | 0,30         | 100% S            |
| 7   | 2500                    | 677       | 0,27         | 100% S            |
| 8   | 2500                    | 843       | 0,34         | 100% S            |
| 9   | 2500                    | 539       | 0,22         | 100% S            |
| 10  | 2500                    | 706       | 0,28         | 100% S            |
| 11  | 2500                    | 784       | 0,31         | 100% S            |
| 12  | 2500                    | 804       | 0,32         | 100% S            |
| Valor médio =   |                         |           | <b>0,28</b>  |                   |
| Desvio padrão =   |                         |           | <b>4,0%</b>  |                   |

Fonte: Autoria própria.

Tabela 8 – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado RU com AC III (continua)

| SEGUNDO ENSAIO – CHAPA RU – ARGAMASSA COLANTE CLASSE III |                         |           |              |                 |
|--|-------------------------|-----------|--------------|-----------------|
| CP   | Área (mm <sup>2</sup> ) | Força (N) | Tensão (MPa) | Tipo de Ruptura |
| 1  | 2500                    | 628       | 0,25         | 100% S          |
| 2  | 2500                    | 775       | 0,31         | 100% S          |
| 3  | 2500                    | 843       | 0,34         | 100% S          |
| 4  | 2500                    | 706       | 0,28         | 20% S/A + 80% A |
| 5  | 2500                    | 637       | 0,25         | 30% S/A + 70% A |
| 6  | 2500                    | 794       | 0,32         | 20% S/A + 80% A |

**Tabela – Resultados ensaio chapa de gesso acartonado RU com AC III (conclusão)**

| CP                     | Área (mm <sup>2</sup> ) | Força (N) | Tensão (MPa) | Tipo de Ruptura |
|------------------------|-------------------------|-----------|--------------|-----------------|
| 7                      | 2500                    | 804       | 0,32         | 100% S          |
| 8                      | 2500                    | 745       | 0,30         | 100% S          |
| 9                      | 2500                    | 775       | 0,31         | 100% S          |
| 10                     | 2500                    | 784       | 0,31         | 100% S          |
| 11                     | 2500                    | 686       | 0,27         | 100% A          |
| 12                     | 2500                    | 735       | 0,29         | 15% S/A + 85% A |
| <b>Valor médio =</b>   |                         |           | <b>0,30</b>  |                 |
| <b>Desvio padrão =</b> |                         |           | <b>3,0%</b>  |                 |

**Fonte: Aatoria própria.**

Novamente foi realizado os ensaios de arrancamento com as três argamassas colantes, porém na chapa de gesso acartonado RU. Neste ensaio, a argamassa colante de classe I apresentou uma tensão média de ruptura de 0,27 MPa, e forma de arrancamento variável. As rupturas se sucederam nas seguintes maneiras: S/A e A, diferentemente da mesma argamassa colante quando assentada na chapa ST, que apresentou ruptura integralmente S/A. Além disto, o segundo ensaio demonstrou maiores valores de resistência do que os do primeiro ensaio. Porém, pode-se considerar insignificante a diferença entre os resultados obtidos com aplicação da AC I na chapa ST e RU, com acréscimo do segundo ensaio em apenas 0,03 MPa. Na Fotografia 18 é apresentado as rupturas que ocorreram com o uso da AC I na chapa RU, na qual é possível verificar o não desprendimento total da argamassa colante da chapa de gesso acartonado RU.



**Fotografia 18 – Rupturas com o uso da AC I na chapa RU**

**Fonte: Autoria própria.**

Já o ensaio com a AC II na chapa RU apresentou uma tensão média de ruptura de 0,28 MPa. De todas as placas ensaiadas, apenas em uma não ocorreu arrancamento do substrato (S), e as demais se assemelharam ao mesmo tipo de ruptura que ocorreu no primeiro ensaio com o uso da AC II na chapa ST. Porém, ainda que desprezível, o segundo ensaio na chapa RU apresentou uma média de tensão de arrancamento superior à tensão média na chapa ST, com uma diferença de apenas 0,05 MPa. Na Fotografia é apresentado as rupturas que ocorreram na chapa RU com o uso da AC II.



**Fotografia 19 – Rupturas com o uso da AC II na chapa RU**

**Fonte: Autoria própria.**

Enfim, o assentamento da AC III na chapa RU resultou na maior tensão média de ruptura obtida, 0,30 MPa. O valor superou a mesma argamassa colante quando aplicada na chapa ST em 0,07 MPa. Ainda, os tipos de rupturas que sucederam foram S, S/A e A, não apresentando uma predominância. Na Fotografia 20 é exibido as rupturas que ocorreram na chapa RU com o uso da AC III.



**Fotografia 20 – Rupturas com o uso da AC III na chapa RU**

**Fonte: Autoria própria.**

Basicamente, todas as argamassas colantes ensaiadas na chapa de gesso acartonado RU obtiveram resistência à aderência superior as mesmas argamassas colantes quando assentadas na chapa de gesso acartonado ST, mesmo sendo um pequeno acréscimo. Analisando os resultados finais obtidos, pode-se verificar que a água presente na argamassa colante, que infiltrou na chapa de gesso acartonado no momento da aplicação, ocasionou menores danos ao substrato com o uso da chapa RU, devido a suas propriedades contra a umidade e película de silicone protetora contra a ação da água. Com isso, foi possível obter melhores resultados de resistência com a chapa RU do que com a ST.

Os resultados das três argamassas colantes ensaiadas na chapa RU e apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8 estão agrupados de forma resumida abaixo na Tabela 9, para melhor visualização, contendo apenas a média, desvio-padrão e coeficiente de variação.

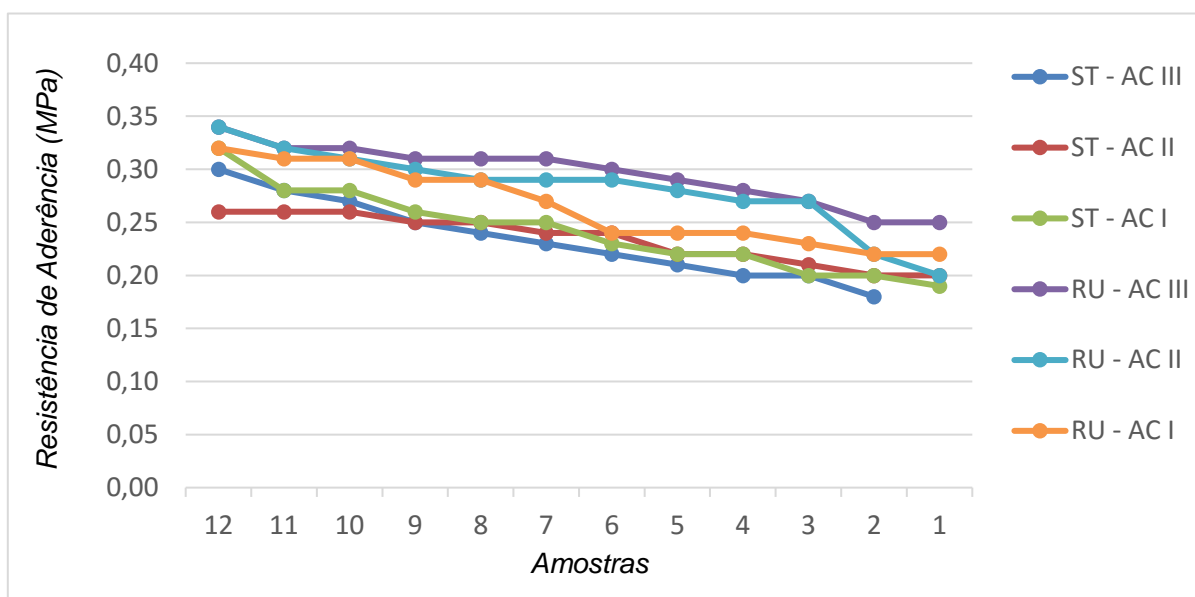
**Tabela 9 – Resumo das médias chapa de gesso acartonado RU**

| <b>RESUMO DO SEGUNDO ENSAIO DE ARRANCAMENTO</b> |             |              |               |
|---|-------------|--------------|---------------|
|   | <b>AC I</b> | <b>AC II</b> | <b>AC III</b> |
| Média (MPa)                                     | 0,27        | 0,28         | 0,30          |
| D. Padrão (%)                                   | 3,0%        | 4,0%         | 3,0%          |
| CV (%)  | 12,82       | 13,53        | 8,63          |

**Fonte: Autoria própria.**

Comparando as resistências obtidas com o desejável, novamente nenhuma argamassa colante obteve a resistência mínima indicada por norma, seja nos ensaios das placas ou na média final dos resultados. Ainda, mais vez a argamassa colante que obteve os piores resultados em comparação a resistência solicitada em norma, foi a AC III, que apesar de ter obtido a maior tensão de ruptura, comparada a norma esta atingiu 30% da resistência mínima. Já argamassa colante que obteve a melhor aderência foi a AC II, ainda assim com uma tensão média de apenas 56% do indicado, diferentemente da chapa ST que o melhor caso ocorreu com o uso da AC I. Por fim, a AC I obteve uma resistência média de 54% da resistência mínima solicitada por norma.

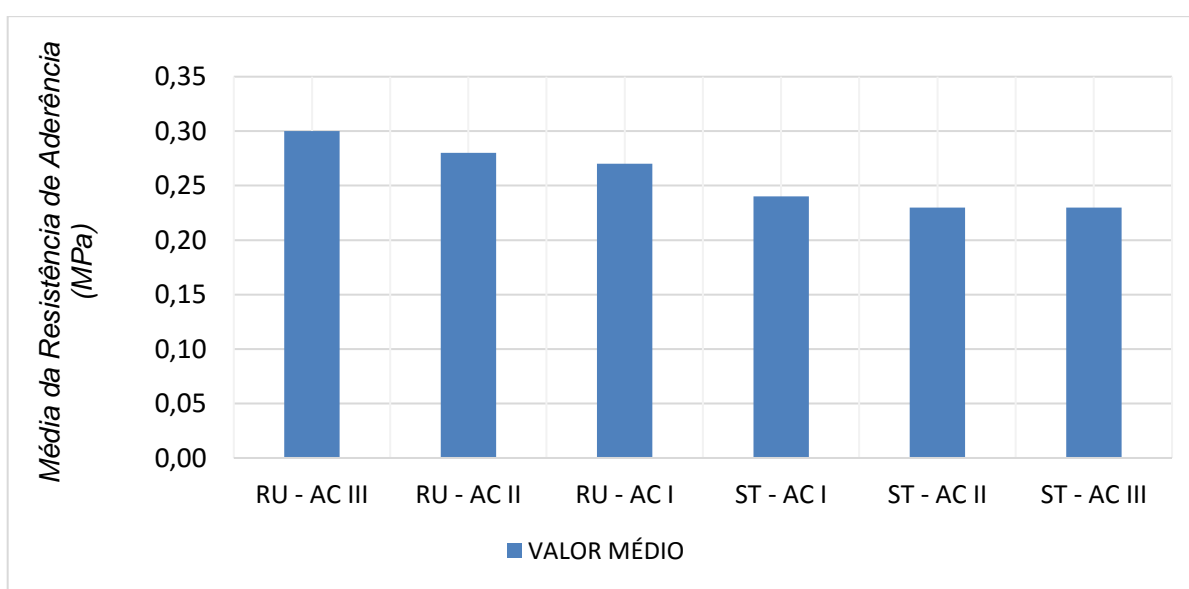
No Gráfico 1 é demonstrado os valores de resistência de aderência de todos os pontos que foram ensaiados nas duas chapas de gesso acartonado com as três argamassas colantes. Os resultados foram colocados em ordem decrescente para melhor visualização. Pode-se notar no gráfico que a AC III assentada na chapa RU apresentou os melhores resultados, porém ao comprar com a resistência indicada por norma, esta acaba ficando entre os piores resultados obtidos. O conjunto que apresentou a melhor resistência ao comparar com a norma brasileira, foi da argamassa colante classe II quando assentada na chapa de gesso acartonado RU, com um valor médio de 0,28 MPa.



**Gráfico 1 – Resultados das placas ensaiadas**

Fonte: Autoria própria.

Por fim, no Gráfico 2 é apresentado os valores das médias de resistência de aderência para cada argamassa colante (AC I, AC II e AC III) em ambas as faces do protótipo (ST e RU). Não houve diferença considerável na resistência entre eles, chegando a 0,08 MPa, entre o menor e o maior valor.



**Gráfico 2 – Tensão de ruptura média**

Fonte: Autoria própria.

## 7 CONCLUSÕES

O setor da construção civil atualmente permite ao usuário a escolha entre os diferentes métodos construtivos, como por exemplo edificações construídas com ossatura de madeira. Estas paredes são vedadas por chapas de gesso acartonado, placas cimentícia e/ou chapas de OSB, que podem receber uma gama de acabamentos, desde papéis de parede, texturas e revestimentos cerâmicos. Dentre os diferentes substratos utilizados para o assentamento de placas cerâmicas em parede dos sistemas de construções secas, foi analisada a influência da resistência à aderência de argamassas colantes sobre chapas de gesso acartonado.

Através da montagem de uma parede protótipo foram assentadas 12 placas cerâmicas para cada argamassa utilizada (AC I, AC II e AC III), nas faces do protótipo, que foi composto de lado por uma chapa de gesso acartonado *standard* (ST) e do outro lado por uma de chapa de gesso acartonado resistente à umidade (RU). Foram coladas pastilhas metálicas na seção das cerâmicas para realizar o acoplamento da máquina de arrancamento e obter a resistência de aderência à tração do conjunto, conforme o ensaio proposto pela NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012).

As recomendações mínimas de resistência de aderência indicadas pela NBR 14081-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2012) estipula para argamassas colante de classe I e II resistência de 0,5 MPa e 1,0 MPa para classe III. Os resultados obtidos nos ensaios da chapa ST apresentaram para as AC I, AC II e AC III resistência de 0,24, 0,23 e 0,23 MPa, respectivamente. Já nos ensaios da chapa RU apresentaram melhores resultados para as AC I, AC II e AC III, com resistência de 0,27, 0,28 e 0,30 MPa, respectivamente. Apesar de todos os ensaios terem apresentados valores inferiores ao recomendado, a norma brasileira não abrange outros tipos de sistemas construtivos, além de substratos do tipo placa de concreto.

Resumidamente, todas as argamassas colantes ensaiadas na chapa RU obtiveram resistência de aderência superior as mesmas argamassas colantes quando ensaiadas na chapa ST, mesmo sendo um pequeno acréscimo, devido as propriedades impermeabilizante presente na chapa RU. Por fim, fica evidente que não há diferença significativa nos resultados de aderência com o uso das diferentes argamassas colantes quando assentados em uma mesma chapa de gesso.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, André B. C. **Contribuição aos estudos das propriedades de argamassas com saibro da região de Maceió (AL) para revestimento.** 1995. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13816:** Placas cerâmicas para revestimento - Terminologia. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13817:** Placas cerâmicas para revestimento - Classificação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13818:** Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-1:** Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-2:** Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaios. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-3:** Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 3: Determinação do tempo em aberto. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-4:** Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15498:** Placa de fibrocimento sem amianto – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2014.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15758-1: Sistemas construtivos em chapa de gesso para *drywall* – Projeto e procedimentos executivos para a montagem. Parte 1: Requisitos para sistemas usados como parede.** Rio de Janeiro, 2009.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Informe setorial. **Panorama do setor de revestimentos cerâmicos no Brasil.** n. 26, p. 1-12, nov. 2013.

BONDE: Empresa paranaense constrói casa ecológica em 12 horas. Londrina, 3 ago. 2011. Disponível em: < [http://www.bonde.com.br/?id\\_bonde=1-32--8-20110803](http://www.bonde.com.br/?id_bonde=1-32--8-20110803)>. Acesso em: 24 maio 2016.

CACCIA, Camila S. **Placas cerâmicas para revestimento: planilha eletrônica para auxílio na especificação.** 2012. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Demanda habitacional no Brasil.** Brasília, 2011.

CASTRO, Renata C. M. de; FREITAS, Arlene M. S. INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO EM AÇO. **Steel framing: arquitetura.** Rio de Janeiro, 2006. 121 f. (Série Manual de Construção em Aço).

DIAS, Gustavo L. **Análise de desempenho estrutural aplicada a paredes em painel de madeira revestidos com elementos cerâmicos.** 2000. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

DONDI, M.; RAIMONDO, M.; ZANELLI, C. Resistência ao manchamento de revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 5, p. 39-45, set. /out. 2008.

ELIAS, Juliana. FGV: Brasil precisa de R\$ 76 bi ao ano para zerar déficit habitacional. **Valor**, São Paulo, 13 out. 2014. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/3733244/fgv-brasil-precisa-de-r-76-bi-ao-ano-para-zerar-deficit-habitacional>>. Acesso em: 26 out. 2015.

ENRIQUE, José; FELIU, C.; Agramunt, J. V. Metodologia de classificação placas cerâmicas segundo o uso. **Cerâmica Industrial**, v. 1, n. 2, p. 39-46, maio/jun. 1996.

GORINI, Ana P. F.; CORREA, Abidack R. Cerâmica para revestimento. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 10, p. 201-252, set. 1999.

LESSA, Gustavo A. D. T. **Drywall em edificações residenciais.** 2005. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Aiembí Morumbi, São Paulo, 2005.

MARANHÃO, Flávio L. et al. Influência do tipo de argamassa colante e do revestimento na microestrutura e na resistência de aderência. **V SBTA – Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**. São Paulo, SP, 2003.

MONTEDO, Oscar R. K.; OLIVEIRA, Antônio P. N. de. Relação entre desgaste abrasivo superficial e brilho em porcelanato esmaltado. **Cerâmica Industrial**, v. 12, n. 5, p. 14-21, set./out. 2007.

PAES, Izaura N. L. **Avaliação do transporte de água em revestimentos de argamassa nos momentos iniciais pós-aplicação**. 2004. 242p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

PEREIRA, Eduardo. **Estudo da influência das propriedades de argamassas colantes na resistência de aderência de revestimentos cerâmicos aplicados no assentamento de piso sobre piso**. 2012. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

PERES, Paula. Construção civil é o ramo que mais consome materiais no mundo, afirma professor da Poli. **Agência Universitária de Notícias**, São Paulo, ed. 45, n. 10, nov. 2012. Disponível em: <<http://www.usp.br/aun/exibir.php?id=4848>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

PÓVAS, Yêda V.; JOHN, Vanderley M. Tempo em aberto da argamassa colante: influência dos aditivos HEC e PVAc. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1999.

PRETTO, Márcia E. J. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa**. 2007. 261 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SANTIAGO, Alexandre K. **O uso do sistema *light steel framing* associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural**. 2008. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Florianópolis, 2008.

SANTOS, Heraldo B. dos. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. 2008. 50 f. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SILVA, Vanessa S. **Aderência de chapiscos em concretos estruturais – melhoria da microestrutura da zona de interface pela adição da sílica da casca de arroz**. 2004. 229 f. Tese (Doutorado) – Interunidades Ciência e Engenharia de Materiais da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

VASCONCELOS, Yuri. Cerâmica mais sofisticada: Desenvolvimento tecnológico nas fábricas de pisos e azulejos leva o Brasil ao posto de segundo produtor mundial. **Pesquisa Fapesp**. 205. ed. p. 68-73, mar. 2013.