



**Universidade Federal do Pampa**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA – UNIPAMPA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE ALEGRETE - CTA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**GUSTAVO HENTGES**

**INFLUÊNCIA DA POROSIDADE DOS TIJOLOS CERÂMICOS NO SURGIMENTO  
DE PATOLOGIAS DEVIDO A UMIDADE ASCENDENTE**

**ALEGRETE/RS  
2014**



**GUSTAVO HENTGES**

**INFLUÊNCIA DA POROSIDADE DOS TIJOLOS CERÂMICOS NO SURGIMENTO  
DE PATOLOGIAS DEVIDO A UMIDADE ASCENDENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Dr. Luis Ernesto Roca Bruno

**ALEGRETE/RS  
2014**



**GUSTAVO HENTGES**

**INFLUÊNCIA DA POROSIDADE DOS TIJOLOS CERÂMICOS NO SURGIMENTO  
DE PATOLOGIAS DEVIDO A UMIDADE ASCENDENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Federal  
do Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido  
e aprovado em: 20 de março de 2014.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Luis Ernesto Roca Bruno  
Orientador  
UNIPAMPA

---

Prof. Mário César Macedo Munró  
UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Renato Alves da Silva  
UNIPAMPA



Dedico este trabalho aos meus pais,  
Jorge e Marlene, pelo esforço, dedicação,  
compreensão e incondicional apoio ao  
longo de toda a minha vida.





## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente a Deus por proporcionar diversas oportunidades na minha vida.

Em especial a minha família que sempre esteve ao meu lado, em todos os momentos, encorajando a sempre seguir em frente, e concluir mais esta etapa.

Aos amigos de verdade, que sempre apoiaram e motivaram para chegar até aqui.

Aos colegas, pela parceria e amizade ao longo dos anos.

Também ao Professor Dr. Luis Ernesto Roca Bruno pela orientação e apoio neste trabalho.

Bem como aos demais Professores, que de alguma forma contribuíram em minha formação.



“Se andarmos apenas por caminhos já traçados, chegaremos apenas aonde os outros chegaram”.

Alexandre Grahm Bell



## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo impermeabilizar o tijolo cerâmico utilizado nas construções, para isto deve-se estudar a formação dos poros no mesmo, os quais ocorrem no momento da queima através da alta temperatura, onde o material orgânico presente na argila é eliminado pelo calor, gerando os poros. Edificações que tenham impermeabilizações mal feitas ou inexistentes estão propícias a sofrer ascensão de água, neste trabalho é dado maior ênfase a capilaridade, fenômeno pelo qual a água presente no solo percorre os poros dos materiais utilizados, causando patologias, tais como: mofos, manchas, eflorescência, apodrecimento de argamassas e rebocos. Para prevenir a edificação destas patologias, são usadas impermeabilizações geralmente com base asfáltica nas vigas baldrame, mas neste estudo foi proposta a utilização de materiais alternativos para o tijolo, como o D-limoneno e o isopor, a fim de realizar a impermeabilização do mesmo, dando maior segurança contra manifestações patológicas nas edificações. Embora o sistema a vácuo proposto inicialmente não tenha se mostrado totalmente satisfatório devido à viscosidade da mistura entre o D-limoneno e o isopor, pode-se perceber quando os corpos de prova foram imersos na mesma mistura, que houve vestígios de plástico nos poros dos corpos analisados, provando que é sim possível impermeabilizar os tijolos utilizados na construção civil, embora ainda sejam necessários mais estudos a respeito.

Palavras-chave: Tijolo cerâmico. Patologias. Impermeabilização. D-limoneno. Isopor.



## **ABSTRACT**

This work aims to seal the ceramic bricks used in construction, for it should study the formation of pores therein, which occur during burning through high temperature, where the organic material present in the clay is eliminated by heat generating pores. Buildings that have waterproofing done badly or nonexistent are conducive to suffer rising water , this work is given greater emphasis capillarity phenomenon by which water travels in the soil pores of the materials used , causing conditions such as: mold , stains , efflorescence, rotting mortars and plasters . To prevent the building up of these diseases , are usually used in waterproofing asphalt based on the footing beams , but in this study the use of alternative materials for the brick has been proposed as D- limonene and polystyrene, in order to perform the sealing the same , giving greater security against pathological manifestations in buildings . Although the vacuum system originally proposed has not proved entirely satisfactory due to the viscosity of the mixture of D - limonene and Styrofoam, can be seen when the specimens were immersed in the same mixture, there was traces of plastic in the pores of bodies analyzed, proving that it is indeed possible to waterproof the bricks used in construction, although more studies are still needed about .

Keywords : ceramic brick. Pathologies. Waterproofing. D- limonene. Styrofoam.





## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1. Contextualização do tema de pesquisa.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2. Definição do problema e da questão de pesquisa .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3. Objetivos:.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.1. Objetivo Geral: .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.2. Objetivos Específicos: .....</b>	<b>12</b>
<b>1.4. Justificativa: .....</b>	<b>12</b>
<b>1.5. Estrutura do trabalho:.....</b>	<b>13</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Cerâmica .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.1. No mundo .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2. No Brasil .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Fabricação do tijolo cerâmico comum .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.1. Processo de fabricação.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.1.1. Extração da argila da jazida .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1.2. Preparação da matéria-prima .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1.3. Moldagem.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1.4. Secagem.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.1.5. Queima .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2. Formação, tipos e dimensões dos poros .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3. Fenômenos de transporte de umidade na edificação .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.1. Percolação.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.2. Condensação.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.3. Capilaridade.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4. Patologias na alvenaria decorrentes da umidade.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5. Técnicas de Impermeabilização .....</b>	<b>28</b>
<b>2.6. Materiais alternativos .....</b>	<b>33</b>
<b>2.6.1. Isopor.....</b>	<b>34</b>
<b>2.6.2. D-Limoneno .....</b>	<b>36</b>
<b>2.7. Parâmetros normativos dos tijolos cerâmicos e ensaios.....</b>	<b>38</b>
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>39</b>

3.1. Retirada dos corpos de provas .....	40
3.2. Determinação da absorção de água inicial dos CP's .....	41
3.3. Confeção de equipamentos para a impermeabilização dos CP's .....	43
3.4. Aplicação dos produtos em estudo nos CP's.....	44
4. RESULTADOS.....	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
5.1. Conclusões .....	50
5.2. Recomendações para trabalhos futuros .....	51
REFERÊNCIAS.....	53

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização do tema de pesquisa

A construção civil, desde que o homem deixou de ser nômade, vem tendo avanços significativos quanto a tecnologia aplicada nas edificações e, hoje em dia, existem diversas opções que podem modernizar, agilizar e melhorar a qualidade e a vida útil dos produtos. Mesmo assim, ainda é possível encontrar problemas nas edificações, que muitos dos quais já são conhecidos há muitas décadas, mas que, até hoje, não foram solucionados, tais como as patologias decorrentes da má qualidade dos materiais empregados.

Nesse sentido, na construção civil podem ser observadas, em várias obras, patologias comuns em edificações de pequeno e de grande porte, que acontecem por ascensão capilar de água proveniente do solo. Através dos capilares do tijolo cerâmico, a água sobe nas paredes, causando manchas, eflorescências, mofo, desprendimento de rebocos, entre outras patologias. Assim, as patologias podem ser consideradas como uma doença da edificação, que vai deixando o ambiente construído menos saudável, tanto no aspecto visual, como também ao bem estar dos indivíduos.

No que se refere ao tijolo cerâmico, ele possui poros formados durante o processo de fabricação e é através deles que o fenômeno da capilaridade acontece. Entretanto, existem impermeabilizações que são capazes de interromper o fluxo de água nas paredes, que podem ser executadas durante a construção da obra, mas que, muitas vezes, por falhas construtivas, ou por desconhecimento dos construtores e de sua importância, tais impermeabilizações são mal executadas ou sequer são executadas, não proporcionando à devida proteção a obra. Em virtude disso, o problema poderá ocorrer anos mais tarde, por meio de patologias.

Visto que o aparecimento de poros ocorre durante o processo de queima, segundo Petrucci (1998) e Bauer (1994) descrevem o processo de fabricação. A qual se inicia com a extração da argila de uma jazida, após a extração a matéria é preparada para a moldagem e posterior secagem, em uma temperatura inferior a de queima, a fim de que a água que está no interior do tijolo cru, saia, sem que haja fissuras por retração e, somente após este processo, o tijolo é levado diretamente ao forno, com temperatura de aproximadamente 900 °C, realizando a queima.

Ainda segundo Petrucci (1998), a porosidade pode ser aumentada com a presença de materiais que desaparecem com a alta temperatura de queima do tijolo, tais como serragem de madeira, matérias carbonosas e porosas. Por outro lado, pode ser reduzida a quantidade de poros com processos de vitrificação por fundentes ou por calor. Dias *et al.*(2008) afirmam que, após a queima, o lugar que era ocupado pelo material orgânico fica vazio, tornando o material mais poroso.

A umidade é um grande problema na edificação, pois provoca diminuição na durabilidade dos materiais, conseqüentemente a deterioração das construções, o que irá afetar as condições de habitabilidade deixando o ambiente insalubre para a ocupação por pessoas (TORRES, 2008). Segundo Cechinel *et al.* (2007), a umidade sobe nas paredes por capilaridade, que é o fenômeno de ascensão da água do solo nas paredes de uma edificação. A umidade pode ser percebida visualmente por manchas de bolor, eflorescência e vegetação parasitária, principalmente em locais de pouca ventilação.

Entretanto, a literatura pesquisada não apresenta meios para que este problema da ascensão capilar de água, proveniente do solo, seja resolvido com a modificação da estrutura dos tijolos cerâmicos. Existem apenas produtos impermeabilizantes de vigas baldrame, pisos e paredes, além de tratamentos posteriores a conclusão da obra, mas não existe nenhum processo conhecido que impermeabilize o tijolo cerâmico durante a fabricação e evite problemas futuros na construção.

Sabendo que a água percorre os poros do tijolo cerâmico, tenta-se ao longo deste trabalho estudar algum produto que possa vir a preencher estes poros, tornando o tijolo impermeabilizado. E que o mesmo possa ser futuramente comercializado, realizando a função impermeabilizante das paredes da obra, garantindo que a água presente no solo não afete as paredes através da ascensão capilar de água, formando possíveis patologias.

## **1.2. Definição do problema e da questão de pesquisa**

Visto então, que a porosidade do tijolo cerâmico, através da capilaridade gera patologias comuns nas obras, apresenta-se o seguinte problema de pesquisa:

- É possível impermeabilizar o tijolo cerâmico e, conseqüentemente, reduzir os problemas patológicos nas alvenarias deixando o ambiente mais saudável aos que venham frequentar tal espaço?

### **1.3. Objetivos:**

#### **1.3.1. Objetivo Geral:**

Realizar estudos a fim de verificar a possibilidade de preencher os poros do tijolo cerâmico com material polimérico, impermeabilizando o mesmo com a finalidade de reduzir as patologias devido à umidade e melhorar a qualidade das edificações em alvenaria.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

- Descrever como ocorre o processo de absorção de água nos tijolos cerâmicos através dos poros;
- Realizar ensaios de absorção de água nos tijolos cerâmicos para determinar a quantidade de líquido que é absorvido conforme norma vigente no Brasil;
- Replicar o ensaio de absorção de água, alterando a água por um solvente de maior viscosidade;
- Investigar como realizar a impermeabilização do tijolo cerâmico, o qual vai diminuir a incidência de patologias devido à umidade proveniente do solo.

### **1.4. Justificativa:**

Visto a importância de ter edificações saudáveis para morar, e a constante verificação de patologias decorrentes da ascensão capilar de água proveniente do solo, deve-se estudar meios que permitam impermeabilizar os poros do tijolo cerâmico, diminuindo a quantidade de água absorvida pelas paredes.

As patologias comuns devido à umidade são aquelas que degradam as paredes, podem ser citados casos destas patologias como: mofo, eflorescência, e até mesmo o apodrecimento desta estrutura, a qual causa o desprendimento do reboco e compromete o tijolo. Todas estas patologias geram desconforto visual aos ocupantes do espaço, além de causar problemas respiratórios em alguns indivíduos.

Em consequência do melhoramento das propriedades do tijolo através da impermeabilização dos tijolos, espera-se diminuir as patologias que ocorrem pela umidade ascendente, visando proporcionar nas edificações, um ambiente mais saudável, tanto no aspecto visual e também relativo ao bem estar dos ocupantes.

### **1.5. Estrutura do trabalho:**

Este trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta de forma sucinta a contextualização do tema a ser pesquisado. Também é evidenciada a definição do problema e da questão de pesquisa, os objetivos a serem alcançados e a justificativa da importância deste trabalho.

O segundo capítulo mostra a fundamentação teórica que serviu de referência para a realização da pesquisa, abordando problemas devido à ascensão capilar de água nas paredes que causam patologias, e tratamento das mesmas.

Para entender melhor estas patologias, que ocorrem nas paredes das edificações, devemos entender um pouco da fabricação do tijolo cerâmico e, como ocorre à propagação da umidade por meio dos capilares dos tijolos cerâmicos.

Visto a importância das patologias, identificam-se maneiras para serem tratadas, e até mesmo eliminá-las da construção, melhorando as condições de ocupação do espaço, além da diminuição dos quadros clínicos relacionados a doenças respiratórias, devido à presença de umidade.

Ainda no segundo capítulo estudam-se materiais alternativos que podem vir a serem utilizados na impermeabilização do tijolo cerâmico, são eles o isopor, que é pouco reaproveitado e o D-limoneno que é um óleo extraído da casca das frutas cítricas, o qual tem função de ser solvente.

No terceiro capítulo deste trabalho, serão abordadas as metodologias para a realização da pesquisa. Em sequência, no capítulo quatro, serão apresentados os resultados obtidos. O capítulo cinco trás as considerações finais sobre o trabalho.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Cerâmica**

#### **2.1.1. No mundo**

Desde que o homem abandonou as cavernas e deixou de ser nômade, ele sentiu a necessidade de construir algum lugar para morar, além de fabricar objetos que serviriam para armazenar água e alimentos. Estudos arqueológicos indicam que utensílios cerâmicos começaram a ser fabricados no período Pré-neolítico (25000 antes de Cristo (a.C.)), os materiais de construção, tais como telhas, tijolos e blocos vieram mais tarde, cerca de 5000 a 6000 a.C.(SEBRAE, 2008).

Os tijolos eram fabricados artesanalmente, no formato de um pão sendo secas ao sol e pesando aproximadamente 15 kg. Entretanto, estima que somente 4000 a.C. foram fabricados os primeiros tijolos queimados, possivelmente foram os romanos a ser os pioneiros a utilizar o produto na forma que encontramos hoje, tais tijolos foram encontrados em ruínas desta civilização, a qual dominava o processo de queima da argila (BLOCOS, 2013).

Desde o surgimento das peças cerâmicas até meados do século XIX, a indústria não apresentou grandes avanços na produção, onde era feita artesanalmente em fornos simples. Com a revolução industrial, houve melhorias mais significativas com a utilização de máquinas a vapor, melhorando várias etapas do processo produtivo da indústria cerâmica, desde a extração da argila na jazida até a moldagem dos tijolos (TEIXEIRA, 2004).

#### **2.1.2. No Brasil**

Segundo o relatório produzido pelo SEBRAE (2008), no Brasil, estudos mostram que há mais de 2000 anos já existem produtos cerâmicos produzidos pelos habitantes que ocupavam o território, mas foi na ilha de Marajó que foram encontradas cerâmicas mais elaboradas. No entanto, existem indícios arqueológicos que cerâmicas mais simples, de mais de 5000 anos atrás foram encontradas na região amazônica.

A partir de 1549, com a vinda de Tomé de Sousa ao Brasil, começou a ser estimulada a produção de cerâmicas para a construção de cidades planejadas, antes disso, no período colonial, algumas técnicas de produção mais simples foram

introduzidas por jesuítas para a construção de seus colégios e conventos (TEIXEIRA, 2004).

Ainda Teixeira (2004) comenta que mais tarde, por volta de 1575, foi encontrado indícios de uso de telhas na formação da vila que hoje é a cidade de São Paulo/SP. A partir deste momento começam a aparecer às olarias, sendo este o marco inicial da indústria em São Paulo. As pequenas olarias fabricavam produtos cerâmicos de forma totalmente artesanal, os quais eram comercializados na própria indústria.

A primeira grande fábrica de cerâmicas do Brasil foi instalada em São Paulo no ano de 1893, a qual esteve em funcionamento até 1956. Inicialmente tinha o nome de Estabelecimentos Sacoman Frères sendo mais tarde alterado para Cerâmica Sacoman S.A.. No início do século XX ocorre à separação entre as chamadas olarias (que produzem telhas, tijolos e cerâmicas vermelhas em geral) das cerâmicas (que produzem itens mais sofisticados, tais como louças e azulejos) (SEBRAE, 2008).

A indústria da cerâmica vermelha geralmente é uma estrutura familiar e é denominada desta forma pela cor de seus produtos, que são basicamente compostos por tijolos, blocos, telhas, tubos e lajotas. Para a produção destes produtos é necessário à utilização da argila como matéria-prima, a qual deve ter boa plasticidade e fusibilidade, facilitando o manuseio e ainda ser resistente durante o processo da queima (SEBRAE, 2008).

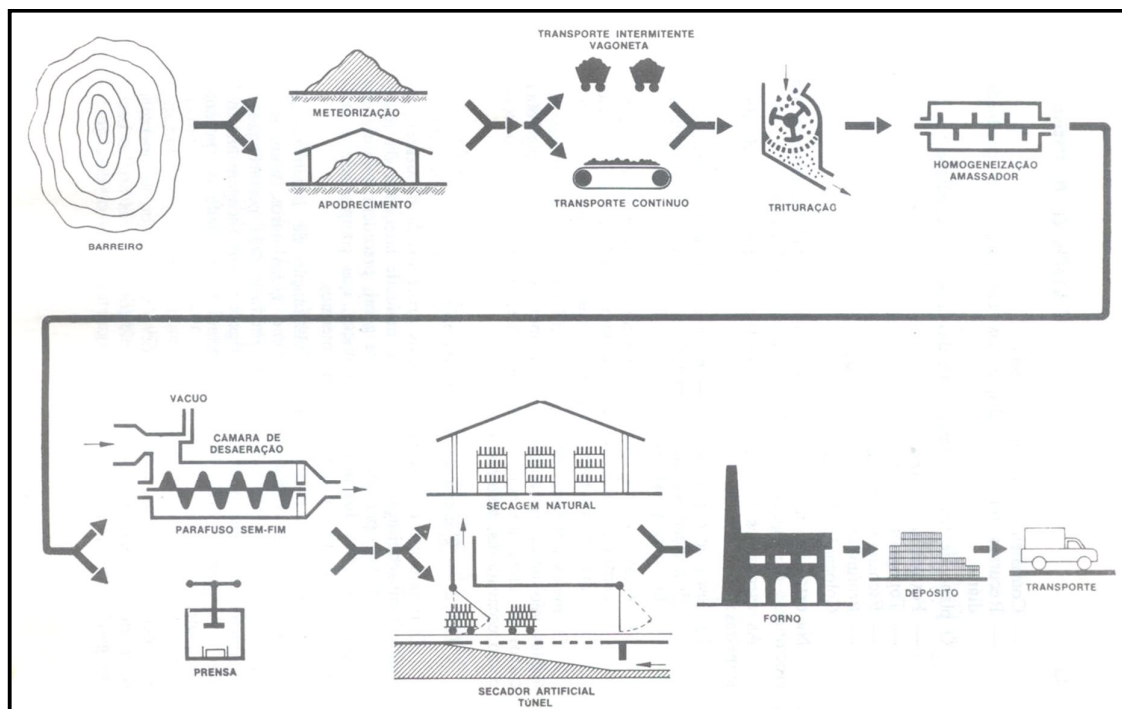
Estas pequenas empresas familiares, estão muito próximas do mercado consumidor, o que facilita a venda de seus produtos. As quais são consideradas base para a construção civil, tendo importante papel social, segundo dados da ANICER - Associação Nacional da Indústria Cerâmica no ano de 2010, existe cerca de 7430 empresas que geram 293 mil empregos diretos com faturamento anual estimado em R\$ 18 bilhões (PRADO, 2013).

## **2.2. Fabricação do tijolo cerâmico comum**

Para entender qual é a origem das patologias nas edificações devido aos poros dos tijolos cerâmicos, é importante estudar de que forma eles são fabricados, e seu comportamento ao longo do processo. Na Figura 1, temos o esquema do processo de fabricação dos produtos cerâmicos, conforme Petrucci (1998) apresenta.



Figura 1 – Fabricação de produtos cerâmicos



Fonte: Petrucci (1998, p.21)

### 2.2.1. Processo de fabricação

Para a fabricação de tijolos deve ser consultada a norma NBR 7170 (ABNT, 1983) que se refere ao tijolo maciço cerâmico para alvenaria, porém a NBR 15270-1 (ABNT, 2005) que trata sobre blocos cerâmicos para alvenaria de vedação é mais completa, além de ser mais recente, portanto esta será a norma utilizada neste trabalho.

Segundo a NBR 15270-1 (ABNT, 2005), Petrucci (1998) e Bauer (1994) as cerâmicas são confeccionadas através das seguintes etapas:

- Extração da argila da jazida;
- Preparação da matéria-prima;
- Moldagem;
- Secagem;
- Queima;

### **2.2.1.1. Extração da argila da jazida**

Segundo Bauer (1994) a argila a ser extraída da jazida requer estudos de granulometria, plasticidade e composição mineralógica, a fim de verificar as propriedades da mesma, visto que a qualidade do material produzido está relacionada com a qualidade da argila.

Exemplo disso são casos onde a matéria-prima tem muito carbonato de cálcio ou compostos sulfurados, que originam uma cerâmica com muitas pequenas fendas. Caso tenha muito material orgânico, como raízes mortas, galhos, folhas e outras, a cerâmica será muito porosa. (BAUER, 1994).

### **2.2.1.2. Preparação da matéria-prima**

Após a extração da argila da jazida, ela é levada ao depósito da fábrica, onde fica estocada, descansando para que haja o apodrecimento da argila, com o propósito de eliminar uma parcela das partículas orgânicas presentes na massa. (BAUER, 1994).

Já Petrucci (1998) identifica o processo de preparação da argila como sendo: a depuração, a divisão, a homogeneização e a obtenção da umidade adequada para a confecção dos tijolos.

A depuração consiste em eliminar as impurezas que possam prejudicar o produto, diminuindo a qualidade final, tais como, grãos duros, nódulos de cal e sais solúveis.

A divisão é a redução dos grãos da argila em pequenos fragmentos, também denominada de trituração. Tem a função de facilitar o resto do processo da fabricação. Após isto é realizada a homogeneização, que juntamente com a umidificação unirá as partículas da argila, formando a mistura que passará pelo processo de moldagem.

### **2.2.1.3. Moldagem**

“É a operação de dar a forma desejada à pasta de cerâmica (...)” (BAUER, 1994, p.533)

Para Petrucci (1998), o teor de água presente na pasta (ou massa), está relacionado com a facilidade de moldagem, quanto mais água presente, mais

trabalhável é a massa e menos a energia consumida para a moldagem, em contrapartida, se houver mais água na massa, maior será o tempo de secagem à temperatura ambiente, assim como o consumo de combustível para queima, acarretando na diminuição da produtividade e aumento do preço do produto.

O processo mais utilizado nos tempos atuais é por meio da extrusão, onde a massa é forçada a passar por um bocal apropriado, formando uma fita uniforme e contínua. Após isto com uma guilhotina formada por arames finos presos a um esquadro, é feito o corte no tamanho desejado.

Após a confecção do tijolo, ele é direcionado para o processo de secagem e, posterior queima, com objetivo de eliminar matérias carbonosas e a água, além de garantir resistência para a peça.

#### **2.2.1.4. Secagem**

A secagem é um momento de grande importância, Petrucci (1998) e Bauer (1994), dissertam de maneira análoga sobre o assunto.

A secagem é tão importante como o cozimento, porque, após a moldagem, ainda permanecem de 5 a 35% de água. O tijolo comum, por exemplo, conserva cerca de 1 Kg de água após a moldagem. Se a argila for levada ainda úmida para o forno, a umidade interior ficará retida pela crosta externa, aparecendo tensões internas e o conseqüente fendilhamento. Por isso se faz a secagem prévia, controlada, e de grande importância. Se a secagem não for uniforme, aparecerão distorções nas peças, mas se for muito lenta a produção tornar-se-á antieconômica (...) (BAUER 1994, p.534).

Visto isso, conhecemos a importância do processo de secagem, que tem a função básica de eliminar o excesso de água presente no tijolo, antes de ocorrer à queima, evitando retrações excessivas e conseqüente aparecimento de fissuras e trincas, as quais irão comprometer a qualidade do produto.

A água de moldagem presente no tijolo cru é eliminada com o calor e, o tempo. Caso a temperatura de secagem seja muito elevada, ou o tempo de secagem seja extremamente rápido, apenas a água presente nas extremidades do tijolo será eliminada, formando uma crosta superficialmente. Ocorrendo isto, a água que estiver no interior do tijolo, quando submetido à queima, tentará migrar para fora, encontrando a camada externa, já endurecida. Pelas forças de retração, e pela dificuldade de eliminar esta água presente no interior do tijolo, ocasionará fissuras e trincas, comprometendo a qualidade do mesmo.

### 2.2.1.5. Queima

A queima, ou cozimento, é o processo mais importante de todo o ciclo da fabricação dos tijolos. Durante a queima alteram-se suas características físicas, as quais conferem ao produto maior durabilidade, resistência e impermeabilidade a cerâmica. O principal cuidado durante a queima deve-se em dar uniformidade ao calor do forno, sem variações, caso contrário algumas peças irão ficar mais queimadas que outras, diminuindo a qualidade do lote e talvez sendo necessário o descarte de algumas peças danificadas pelo calor (BAUER, 1994).

Para Petrucci (1998), a queima deve ter uma velocidade adequada, para não se tornar economicamente inviável, bem como também não prejudicar as características mecânicas do tijolo.

Durante a queima dão-se transformações estruturais da argila, o que obriga a uma marcha de aquecimento e esfriamento típica para cada produto. Se a queima for feita em marcha lenta, os perigos em grande parte serão afastados, mas haverá um gasto excessivo de combustível. A queima rápida é economicamente interessante, mas a qualidade do produto pode ressentir (PETRUCCI 1998, p.30).

Tendo em base estes conceitos, sobre a queima da cerâmica, notamos que mesmo sendo um processo antigo e simples, merece atenção. Com os devidos cuidados durante a fabricação, o tijolo cerâmico adquire altos índices de qualidade, podendo ser empregado nas obras para os quais foram confeccionados.

### 2.2.2. Formação, tipos e dimensões dos poros

Para Petrucci (1998), os poros dependem da natureza de seus constituintes, da forma, tamanho, posição das partículas na massa e dos processos de fabricação.

As partículas de argila são laminares, angulosas ou arredondadas. As argilas de grãos grossos dão menos poros que as de grão fino, sendo que as dimensões dos poros são maiores nas primeiras do que nas segundas, o que dá permeabilidade maior. Com argilas de grãos de vários tamanhos reduzem-se a porosidade e a permeabilidade. A pressão diminui a porosidade, por facilitar a interpenetração de partículas (PETRUCCI 1998, p.14).

Os poros do tijolo cerâmico surgem durante o processo de fabricação, se a argila utilizada para a confecção tiver material orgânico na sua composição, durante a queima este material se dissipará dando lugar aos poros. Segundo Dias *et al.*(2008), após o processo de queima do tijolo no forno, o lugar que era ocupado pelo material orgânico ficará vazio, formando assim os poros.

Petrucci (1998), ainda comenta métodos de como aumentar ou diminuir a quantidade de poros presentes no tijolo cerâmico, conforme quadro 1:

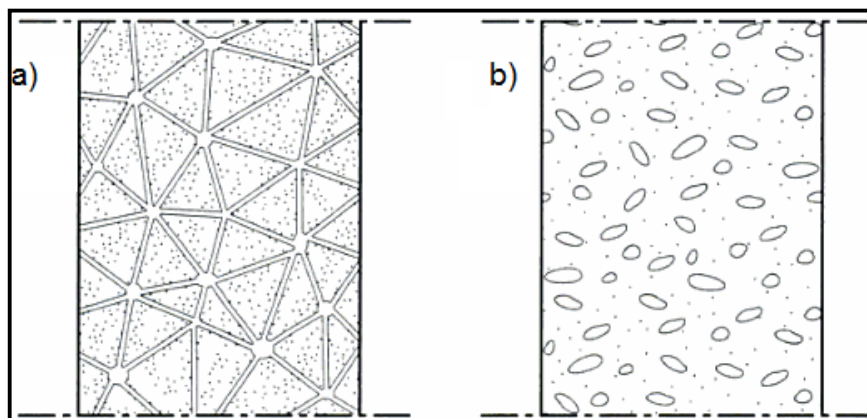
Quadro 1 – Métodos para aumentar e diminuir os poros do tijolo cerâmico

Pode-se aumentar a porosidade de vários modos:	Pode-se diminuir a porosidade de vários modos:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pela adição de matérias que desaparecem com a queima; são em geral matérias carbonosas, como serragem de madeira dura e carvão moído;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pela vitrificação da massa de argila, por fundentes ou por calor. Os fundentes são substâncias que na queima se combinam com os constituintes da argila e formam uma massa vítrea que enche os poros. O CaO é um fundente ativo;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pela adição de matérias porosas, como terra de infusórios e vermiculita (mica expandida);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pela adição de eletrólitos à argila em estado seco, tais como álcalis, hidróxido de cálcio, grandes quantidades de ácidos, etc.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pela criação de fase gasosa, que seja estável durante a secagem e queima; em geral se utiliza a reação entre alumínio ou zinco, ambos na forma de pó, e hidróxidos alcalinos, ou a decomposição de <math>\text{CaCO}_2</math> (<math>\text{CO}_2</math>) finalmente moído por ácido, ou também hidrólise de <math>\text{CaC}_2</math> (<math>\text{C}_2\text{H}_2</math>). Em geral é necessário adicionar floculante. A quantidade depende do material e da porosidade que se deseja.</li> </ul>	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das informações da pesquisa em Petrucci (1998)

Couto (2010) relata em sua dissertação, que a porosidade é distinguida em dois tipos: a porosidade aberta (Figura 2a), em que os poros comunicam entre si, e a porosidade fechada (Figura 2b), na qual os poros estão isolados uns dos outros.

Figura 2 - Diferentes tipos de poros



Fonte: Couto (2010)

A dimensão dos poros é definida pela União Internacional de Química Pura e Aplicada, cuja sigla em inglês é a IUPAC (BURWELL JR,1976). Os poros são

medidos de acordo com o seu diâmetro conforme tabela 1, e classificada em três tipos: microporos, mesoporos e macroporos.

Tabela 1 – Dimensão dos poros

Microporos	$< 0,002\mu m$
Mesoporos	entre $0,002$ e $0,05\mu m$
Macroporos	$> 0,05\mu m$

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das informações da pesquisa em Burwell JR (1976)

Couto (2010) comenta que os microporos são aqueles que não permitem haver movimentação de água neles contida porque as forças capilares são muito elevadas. Entretanto, os mesoporos são caminhos por onde ocorre percolação de água líquida. Os macroporos são aqueles onde acontece a condução de vapor de água.

### 2.3. Fenômenos de transporte de umidade na edificação

Neste item, vamos estudar os meios pelos quais podem ocorrer patologias devidas à infiltração de umidade, elas podem ser predominantemente dos seguintes tipos:

- Percolação;
- Condensação;
- Capilaridade;

Como a pesquisa é relacionada com patologias em paredes devido à umidade do solo, este trabalho terá maior ênfase nos meios relacionados à capilaridade, pois este, geralmente é o principal caminho de elevação da umidade do solo em paredes, que ocorre pelos poros dos materiais utilizados na edificação.

A infiltração ocorre de uma área externa para uma interna, através da pressão de certo volume de água confinado ou não que tende a saturar o material, por meio de fissuras, trincas e rachaduras que existem na estrutura e nos materiais. (DANTE, 2006).

Um caso comum de infiltração é em lajes e paredes enterradas, onde a água presente no solo atinge a face externa das mesmas. Estas por sua vez, devem ter uma impermeabilização eficiente para que não haja infiltração da água. Caso a estrutura não tenha impermeabilização ou ela esteja danificada, a água em contato

com a mesma, irá se infiltrar por meio de fissuras, trincas e rachaduras presentes nos materiais, ocasionando o aparecimento de patologias devido à umidade presente no solo.

### **2.3.1. Percolação**

A percolação é conhecida como a passagem de água através de um corpo por transmissão grão a grão, obedecendo à lei da gravidade, escorrendo sobre superfícies sem exercer pressão hidrostática. Nas alvenarias, acontece pelo encharcamento de um grão, que por sua vez vai encharcar o seguinte, até o momento em que a água conseguir atravessar a parede. (PINI, 2012)

### **2.3.2. Condensação**

A infiltração por condensação acontece pela umidade presente no ambiente, geralmente por meio de mudanças de temperatura, a água se deposita na superfície da estrutura. Este fenômeno ocorre, em locais de pouca ventilação, paredes e forros, em garagens, banheiros e cozinhas. A condensação é muito encontrada em peças enterradas, tais como porões, estes locais geralmente são bastante frios e não existe ventilação suficiente para secá-las (SOUZA, 2008).

O ar atmosférico é constituído basicamente de gases e vapor, o limite máximo de vapor de água que pode estar presente no ar sem se condensar, é designado de limite de saturação e está em função da temperatura. Se a temperatura descer abaixo do limite da temperatura de saturação, vai originar o aparecimento do fenômeno da condensação, que é a transformação do estado gasoso para o líquido. (TORRES, 2008)

As patologias provocadas por este fenômeno na maioria das vezes são bolores e manchas. Tal patologia pode ser sanada criando aberturas para ocorrer à renovação do ar, ou em obras novas, criar um projeto com boa ventilação, afim de que o ar seja forçado a circular não havendo condensação da umidade.

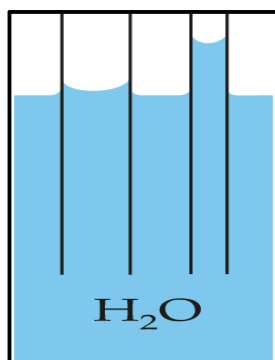
### **2.3.3. Capilaridade**

Segundo Pilling (2014), a capilaridade pode ser definida como a capacidade de um fluido subir ou descer em tubos finos, como ilustrado na Figura 3, esta ação pode fazer com que este fluido flua contra a força da gravidade. Se o tubo for fino o suficiente pode ocorrer à combinação de tensão superficial, causada

pela coesão entre as moléculas do líquido, com a de adesão do líquido à superfície desse material, podendo fazer com que o líquido suba por ele.

A força de adesão é a afinidade das moléculas do líquido com as moléculas do tubo sólido, elas atuam no sentido de o líquido molhar o sólido. A força de coesão é a afinidade entre as moléculas do líquido, elas atuam no sentido de manter o líquido em sua forma original. Se a força de adesão for superior à de coesão, o líquido vai molhar o sólido formando um menisco. Se o tubo for de raio pequeno a afinidade do sólido com o líquido é grande, então o líquido sobe pelo capilar (PILLING, 2014).

Figura 3 – Capacidade de molhamento de sólidos de tubos finos pela capilaridade



Fonte: Pilling (2014)

A tensão superficial é um efeito físico, que ocorre na superfície de um líquido, que aparenta ter uma película elástica, mantido pela atração das moléculas do mesmo. A tensão superficial, portanto, é a força necessária para manter o comprimento unitário da película em equilíbrio, para a água, a tensão superficial a 20 °C é 0,0725 N/m. A tensão superficial é importante para entender o fenômeno da capilaridade, o qual tem a capacidade de molhamento e adesão do líquido em uma superfície. (ROMA, 2006).

Segundo Dante (2006), a capilaridade, é o fenômeno pelo qual a infiltração de água, ocorre através dos poros dos materiais, pela ação da tensão superficial. Nas paredes a umidade pode alcançar de 70 a 80 centímetros de altura, como ilustrado na Figura 4.

A altura que a água pode alcançar nas paredes pode variar, dependendo das condições de porosidade, permeabilidade do material e sua espessura, da capacidade de evaporação da parede devido à insolação ou possíveis vegetações

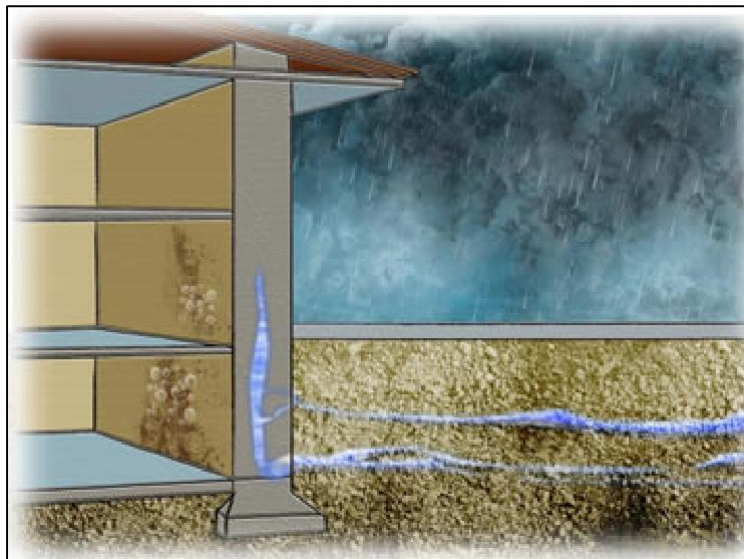


muito próximas a ela, bem como, a quantidade de água que se encontra em contato com a parede CABAÇA (2002).

Righi (2009) e Torres (2008) relatam que a ascensão de água em paredes ocorre pelo fenômeno da capilaridade. Através da tensão superficial e do diâmetro do poro (quanto menor o poro, maior será a ascensão), a água irá subir até entrar em equilíbrio com as forças gravitacionais.

Também de modo semelhante Freitas; Torres; Guimarães (2008), falam sobre o fenômeno pelo qual ocorre a infiltração de água nas paredes através da capilaridade. A água que está presente no solo, através da estrutura porosa dos materiais utilizados na construção, migra por capilaridade na parede e caso não houver nenhuma barreira que iniba este deslocamento, causará degradação das mesmas.

Figura 4 – Infiltração devido à capilaridade

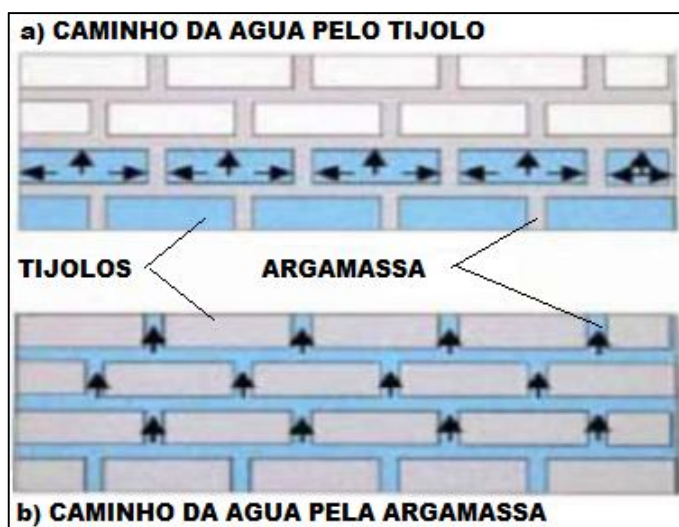


Fonte: Tipos (2013, não paginado)

Caso os tijolos cerâmicos utilizados receberam algum tratamento que impeça a capilaridade da água nas paredes, deve-se ter cuidado na escolha da argamassa utilizada, no caso da utilização de uma argamassa comum a água ainda terá um caminho poroso para ascender, como ilustrado na Figura 5.

(...) Geralmente, para a água ascender por um tijolo, terá primeiro de percorrer as juntas de argamassa à sua volta. De fato, elas constituem o único “caminho” contínuo para a sua ascensão. Se os tijolos da alvenaria possuírem um tratamento repelente à água, e a argamassa utilizada for comum, a ascensão far-se-á do mesmo modo. Mas se, pelo contrário, o ligante possuir características hidrófugas, o fenômeno, de forma geral, não acontecerá. Consta-se assim que as argamassas utilizadas nas alvenarias formam uma parte bastante importante do tratamento desta patologia CABAÇA (2002).

Figura 5 – O caminho da água em uma parede



Fonte: Preto (2013, pg.64)

Sendo assim, quando são utilizados tijolos tratados que impedem a água de percorrer os capilares, deve-se utilizar argamassas de assentamento e rebocos com aditivos hidrofugantes. A água que através da capilaridade percorre os vazios dos materiais vai encontrar uma barreira tanto na argamassa como também no material empregado na edificação, sendo uma ótima técnica para prevenir patologias.

Conforme visto, as umidades nas paredes podem acontecer de diversas formas, mas em todas elas, ocorre o aparecimento de problemas relacionados ao aspecto visual, tais como as manchas e eflorescências, além destes problemas, a umidade é a causa de vários problemas respiratórios se tornando assim um problema de saúde pública o qual ocupa varias vagas de leitos em hospitais e postos de saúde.

#### 2.4. Patologias na alvenaria decorrentes da umidade

Segundo o Dicionário Michaelis, patologia é a “Ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças”, elas são aquelas manifestações que acontecem durante o ciclo de vida da edificação, tais que venham a prejudicar o desempenho esperado para a mesma. Estas patologias podem acontecer na estrutura, na vedação ou até nos dutos elétricos e hidráulicos.

As patologias modernas surgem pela má qualidade dos materiais empregados na construção civil, da mão de obra desqualificada, além do processo construtivo, que engloba desde a criação do projeto (que por muitas vezes são pobres de detalhes ou totalmente inexistentes em alguns casos), nem a fiscalização por engenheiros responsáveis durante a execução. Com a modernização das obras, e a tentativa de baratear os custos da mesma, a construção fica mais suscetível a patologias.

Os defeitos mais comuns que acontecem na construção civil são aqueles que acontecem pela penetração da água, ou pela formação de manchas de umidade. Estes problemas podem causar danos na estrutura, além de prejudicar a saúde dos ocupantes, bem como também, desconforto aos mesmos, por estarem em um ambiente de aspecto insalubre.

Os prejuízos financeiros, também são de grande monta, pois o valor para recuperação de uma estrutura com patologias é muito maior do que a execução de um projeto de impermeabilização durante a fase de criação de projetos. Estes problemas patológicos podem aparecer, em paredes, pisos, fachadas, elementos de concreto, etc. (SOUZA, 2008).

Segundo Verçozza (1985, *apud* Dante 2006), além dos problemas de saúde que podem aparecer nas pessoas, a umidade pode ocasionar o surgimento de alguns problemas frequentes, que poderão acarretar em patologias da obra. São elas as principais: goteiras, manchas, mofo, apodrecimento, oxidação, eflorescência.

Goteiras e manchas: para Dante (2006) e Cechinel *et al.* (2007), esta patologia acontece quando a vedação é de má qualidade ou inexistente. A água não encontra barreiras na parede o que acaba formando goteiras e manchas. Geralmente esta umidade é proveniente das chuvas, vazamentos ou infiltrações em marquise, floreiras, terraços, etc.

Mofo e apodrecimento: o mofo ou bolor é o aparecimento de fungos que causam a degradação do material (DANTE, 2006). Estas patologias são oriundas de umidades presente na edificação, uma vez que, os fungos, para reproduzir-se, necessitam de ar e água, como mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Aspecto de mofo em paredes



Fonte: Preto (2013, pg.87)

O apodrecimento é mais característico de materiais como a madeira, mas pode acontecer na alvenaria, causando a desagregação do material, deixando o revestimento pulverulento e em alguns casos ocorrendo o descolamento da argamassa. O mofo pode ser notado, pelo escurecimento da parede, com consequente desagregação do material. (CECHINEL *et al.*, 2007).

Oxidação: é a reação química que acontece nos metais que sofrem ação da umidade. No caso do aço, é chamado de ferrugem, que causa o aumento de volume das barras, desagregando o recobrimento de concreto. (DANTE, 2008)

Eflorescência: Cechinel *et al.* (2007) o fenômeno da eflorescência é definido presença de água nas paredes, as quais geram sais que se manifestam na superfície da alvenaria através de manchas, descolamento ou descoloramento da pintura, entre outros o qual é ilustrado pela Figura 7.

Figura 7 - Patologia devido à umidade que sobe por capilaridade nas paredes, causando eflorescência



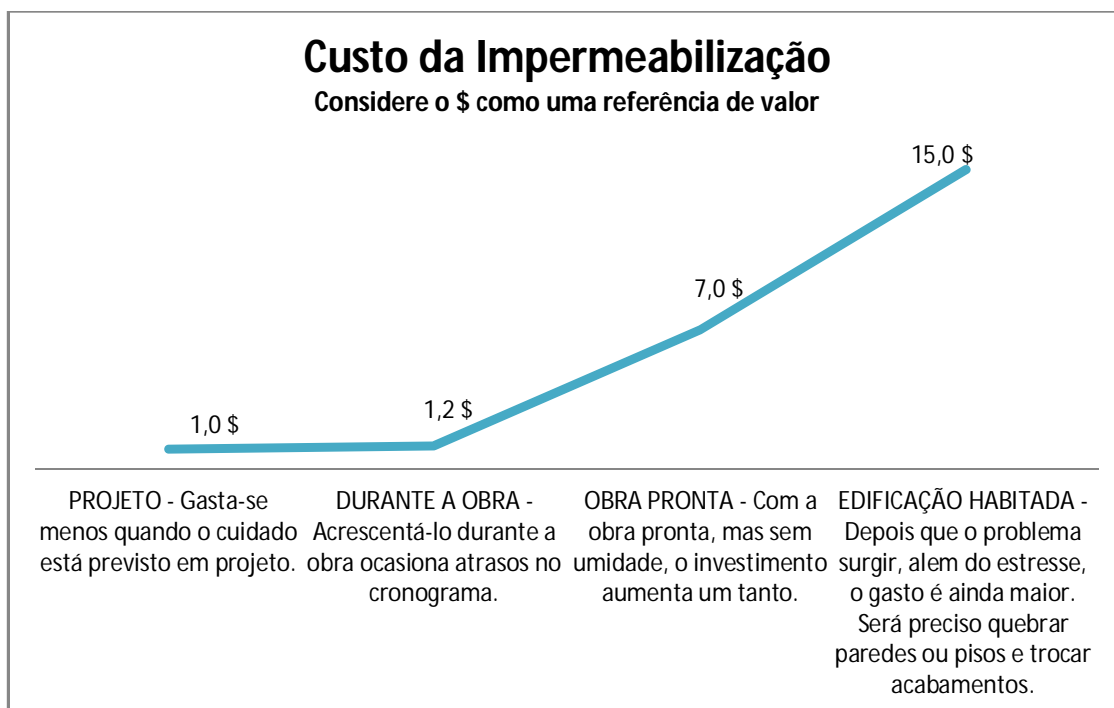
Fonte: Preto (2013, pg.66)

## 2.5. Técnicas de Impermeabilização

As impermeabilizações devem ser procedidas por meio de projetos detalhados, diminuindo a probabilidade das patologias acontecerem. Na fase de projeto, o custo de qualquer intervenção na obra é infinitamente menor, se comparado a uma recuperação, quando a edificação já estiver concluída e habitada.

O custo para executar uma impermeabilização pode representar até 15 vezes mais se o imóvel já estiver sendo ocupado (Figura 8), do que na fase de projeto. A impermeabilização também contribui no quesito saúde pública, pois previne doenças respiratórias, devido ao ambiente insalubre, no caso de imóveis com presença de umidade (RIGHI, 2009).

Figura 8 – Custo da impermeabilização nos diferentes tempos de obra



Fonte: Adaptado de Righi (2009)

O custo da impermeabilização se previsto na fase de projeto estima-se que seja 1\$ (o \$ significa uma referência de valor), se o projeto for realizado no decorrer da obra o valor será 1,2\$ vezes mais, comparando com o original. No caso da obra já estiver concluída este valor se eleva para 7\$ vezes mais, mas caso alguma patologia surgir após a edificação já ser habitada, será necessário quebrar paredes ou pisos, além de trocar acabamentos, estimando-se um custo de 15\$ vezes mais do que a execução da impermeabilização na fase inicial de projeto.

De acordo com dados da tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) o custo de uma impermeabilização na construção civil, é de aproximadamente 1% a 1,5% do custo total da obra, quando for planejada durante a fase de projetos.

As impermeabilizações, segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010) é divididas em rígidas e flexíveis. As indicações e exemplos de cada sistema são mostrados no Quadro 2 e Quadro 3.

Quadro 2 - Sistema de impermeabilização rígido

Indicados para locais NÃO sujeitos a:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimentação;</li> <li>• Forte exposição solar;</li> <li>• Variações térmicas e vibração.</li> </ul>
Exemplos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reservatórios, piscinas e caixas d'água (enterrados);</li> <li>• Fundações (alicerces);</li> <li>• Poços de elevadores;</li> <li>• Pisos em contato com o solo;</li> <li>• Paredes de encosta;</li> <li>• Etc.</li> </ul>
Compreende:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa com aditivo impermeabilizante;</li> <li>• Argamassa polimérica;</li> <li>• Concreto impermeável.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Pini (2012)

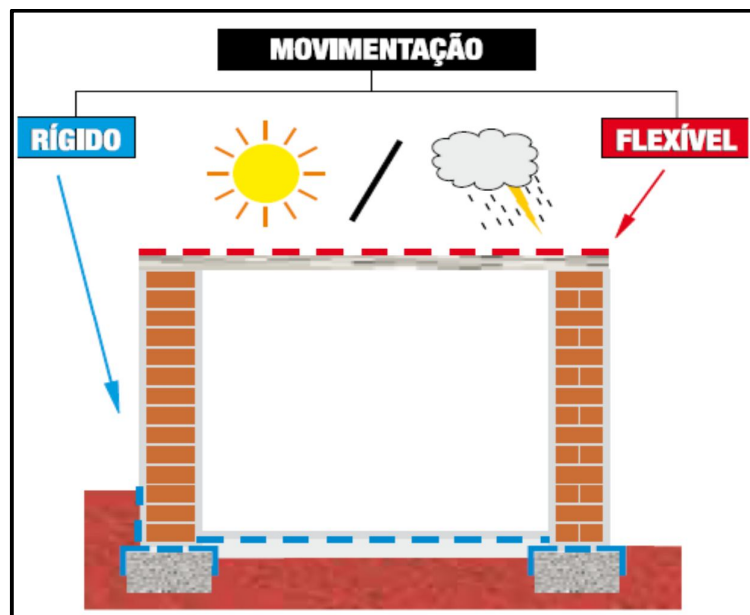
Quadro 3 - Sistema de impermeabilização flexível

Indicados para locais sujeitos a:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimentação;</li> <li>• Forte exposição solar;</li> <li>• Variações térmicas e vibração.</li> </ul>
Exemplos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lajes de cobertura;</li> <li>• Terraços;</li> <li>• Calhas de concreto;</li> <li>• Áreas de serviço;</li> <li>• Etc.</li> </ul>
Compreende:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema flexível moldado no local – membranas asfálticas (mantas líquidas) acrílicas e argamassas poliméricas;</li> <li>• Sistema flexível pré-fabricado – mantas asfálticas.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Pini (2012)

O sistema correto a ser utilizado, depende do local a ser impermeabilizado, se ele vai ou não sofrer movimentações térmicas e vibratórias. Na Figura 9 são ilustrados os locais de aplicação de cada sistema, o rígido é mais empregado nas partes que não sofrem grande influência das variações do clima, tais como os concretos das vigas baldrame e pisos. Enquanto o flexível é utilizado em locais que sofrem diretamente com as intempéries climáticas, exemplo deste caso são as lajes de cobertura.

Figura 9 – Local para aplicação de sistemas rígidos e flexíveis

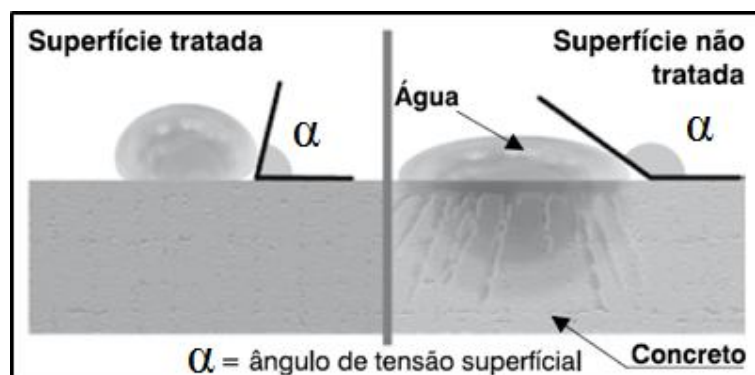


Fonte: Pini (2012, pg.12)

As impermeabilizações rígidas são realizadas através da inclusão de aditivos químicos nas argamassas ou concretos, que aliados com uma granulometria correta dos agregados reduz a porosidade do elemento, o qual torna a área impermeável.

De acordo com o manual da Pini (2012) e Preto (2013), os aditivos químicos adicionados aos concretos e argamassas reagem com a cal livre do cimento formando sais cálcicos insolúveis (ação química). Este sistema funciona como um repelente de água, mas permite a respiração dos materiais. O ângulo de molhagem dos poros fica reduzido, diminuindo assim a quantidade de água infiltrada no concreto exemplificado pela Figura 10.

Figura 10 – Infiltração da água em concretos tratados e não tratados



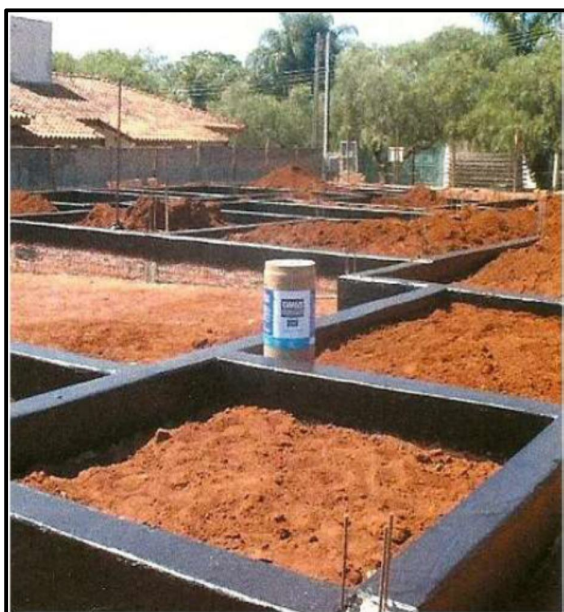
Fonte: Pini (2012, pg.14)



As impermeabilizações flexíveis podem ser aplicadas em áreas que são sujeitas à fissuração, pois elas trabalham junto com a estrutura, sendo ideais para locais onde existe uma grande amplitude térmica. As impermeabilizações flexíveis podem ser moldadas no local, as quais são designadas de membranas asfálticas, ou as pré-fabricadas que são chamadas de mantas. (PINI, 2012).

Segundo Righi (2009) e Preto (2013), o caso da membrana asfáltica, funciona como uma pintura que pode ser aplicada a frio, com rolo, trincha ou escova, mostrada na Figura 11a. Pode também ser aplicada no sistema a quente, ela necessita de mão de obra especializada, pois se faz necessário o uso de caldeiras, tendo risco de fogo por se tratar de um material inflamável, ilustrada pela Figura 11b. Estes sistemas podem ser utilizados em vigas baldrame, fundações de concreto e, em contra pisos, funcionando como um bloqueador da umidade ascendente.

Figura 11a - Membrana asfáltica a frio



Fonte: Preto (2013, pg.138)

Figura 11b - Membrana asfáltica a quente



Fonte: Preto (2013, pg.124)

Ainda Righi (2009) e Preto (2013), comentam sobre as mantas asfálticas, elas são pré-fabricadas com base de asfalto modificado e polímeros. São aplicadas sobre pisos, lajes de terraços, banheiros e áreas que podem sofrer com o acúmulo de água, favorecendo o aparecimento de infiltrações por percolação e, conseqüentemente, patologias oriundas da umidade, como manchas e eflorescências. Neste sistema, o maior cuidado é devido à soldagem das mantas, que é feita por meio de um maçarico a gás, esquentando a sobreposição da manta e posterior união entre elas, garantindo a estanqueidade como na Figura 12.

Figura 12 – Manta asfáltica sendo aplicada



Fonte: Preto (2013, pg.125)

Através dos conhecimentos adquiridos, podemos notar que as vigas baldrame de uma edificação são as estruturas que geralmente estão em contato direto com o solo, sendo assim, é o meio pelo qual a água presente no solo percorre os capilares dos materiais subindo nas paredes.

O sistema impermeabilizante a ser utilizado no concreto da viga baldrame é os aditivos químicos, caracterizados como sistema rígido de impermeabilização. Por outro lado, na junção entre a viga baldrame e os tijolos o sistema impermeabilizante empregado deve ser do tipo flexível, geralmente são aqueles que utilizam como base do produto o petróleo, conhecidos como membranas asfálticas.

## **2.6. Materiais alternativos**

Estaremos agora realizando um estudo de materiais alternativos para impermeabilizar o tijolo cerâmico. O isopor que é um produto pouco reaproveitado é um ótimo material, quando misturado com um líquido solvente, o poliestireno fica com um aspecto fluído. O reaproveitamento do isopor neste caso seria de grande importância, pois estaríamos retirando dos locais de descarte um material que ocupa grande volume de espaço.

O solvente utilizado neste estudo trata-se do D-Limoneno, ele é um óleo extraído das frutas cítricas, especialmente limões e laranjas. É um produto químico, porém natural e orgânico, o Brasil é o maior produtor de laranja do mundo, da laranja é extraído o suco e da casca da fruta é extraído o óleo.

### 2.6.1. Isopor

Tendo como base estudos realizados em dados fornecidos pela Associação Brasileira do Poliestireno Expandido - Abrapex (2014) e por Castilho (2010), o isopor é conhecido por ter diversas utilidades, estando presente nas prateleiras do supermercado, embalando produtos que necessitem de proteção. O isopor é uma marca registrada do Poliestireno Expandido, cuja sigla em inglês é o EPS. No Brasil, chegou por volta dos anos 60, através da Isopor, atual Knauf Isopor Ltda, ficando assim conhecido pelo antigo nome da empresa e não por seu nome genérico.

Castilho (2010) comenta um pouco sobre a descoberta do EPS, conhecido popularmente como isopor, que teria sido descoberto acidentalmente no ano de 1839 por Eduard Simon, um farmacêutico de Berlim, o qual destilou uma resina de âmbar e a chamou de estírol. Após alguns dias ele percebeu que esta substância havia inchado tendo um aspecto gelatinoso. Tal reação provavelmente ocorreu em função de uma oxidação, Eduard então chamou tal substância de óxido de estírol (estiróxido).

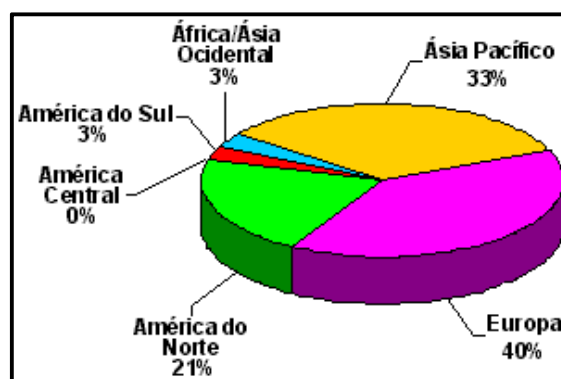
Por outro lado a Abrapex (2014), afirma que o poliestireno foi descoberto em 1949 pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, quando trabalhavam nos laboratórios da Basf, na Alemanha. Tal fato histórico também não é desmentido por Castilho (2010), o qual complementa que este novo produto possuía características muito positivas, ele era barato, leve, isolante térmico e moldável, podendo ser utilizado amplamente em diversos setores da indústria.

O EPS é um produto sintético derivado do petróleo, resultado da polimerização do estireno em água, ele é um plástico celular rígido. No processo de produção não é utilizado o gás CFC que é altamente prejudicial à camada de ozônio, sendo utilizado somente o agente expensor pentano, um hidrocarbureto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, sem comprometer o meio ambiente. (CASTILHO, 2010)

O produto final é composto de pérolas de até 3 milímetros de diâmetro, são expandidas através de vapor e chegam a ter seu volume aumentado até cerca de 50 vezes o seu tamanho original, sendo assim facilmente fundidas e moldadas em diversas formas. As pérolas expandidas são compostas de 98% de ar e apenas um pequeno percentual de 2% de poliestireno (ABRAPEX, 2014).

Castilho (2010) descreve dados mostrados pela Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim), em 2008 o Brasil produziu 62,9 mil toneladas de EPS, estimando que tenha voltado para a reciclagem apenas cerca de 7 mil toneladas. Para o decorrer dos anos estima-se que ocorra um aumento na quantidade de material a ser reciclado. Dados da Abrapex (2014) estimam que no ano de 2000 no mundo, foi produzido 2,95 milhões de toneladas de EPS, como mostrado na Figura 13.

Figura 13 – Produção mundial de EPS no ano 2000: 2,95 Milhões de Toneladas



Fonte: Abrapex (2014)

Segundo a Abrapex (2014), os EPS são inodoros, não contaminam solo, água e nem ar, podendo ser 100% reaproveitáveis. Além de ser um ótimo material isolante, na construção civil ganhou uma posição de destaque nas obras, não apenas por suas características isolantes, mas também devido a sua leveza, resistência, facilidade de manuseio e baixo custo.

Geralmente se ouve dizer que o isopor não é um produto reciclável, muito pelo contrário, ele é um produto totalmente reciclável. Ele não é biodegradável e por isso demora várias décadas para se decompor na natureza. Através de processos industriais ele pode ser reutilizado como matéria prima na fabricação de diversos produtos, além de até voltar a sua forma original.

Um dos grandes problemas do isopor é o alto custo necessário para realizar a reciclagem, sendo necessário trabalhar com cerca de 10 toneladas para se tornar viável, uma vez que 98% do volume são compostos por ar e apenas 2% poliestireno (CASTILHO, 2010).

Sendo assim, muitas vezes o descarte do isopor ocorre em aterros sanitários. Embora não seja o local ideal, não causa danos ambientais, pois ele é inerte, não

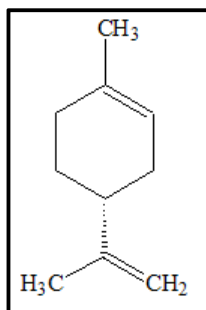
tóxico e estável. Como ele não sofre decomposição, ele não libera gás metano, não colaborando com o efeito estufa. Também não representando riscos as reservas subterrâneas de água devido a sua inércia e estabilidade (ABRAPEX, 2014).

O isopor ocupa um grande espaço no ambiente, por isto, devemos ter a consciência de destinar este produto a locais apropriados, a fim de ser reciclado ou reaproveitado. Diversos produtos da construção civil já vêm incorporando ou reaproveitando o isopor, principalmente como isolante térmico e acústico, reduzindo o consumo de energia e melhorando a durabilidade da obra.

### 2.6.2. D-Limoneno

Segundo Lopes (2011), o D-limoneno (IUPAC:1-metil-4-isopropenilciclohex-1-eno) representado pela estrutura química apresentada na Figura 14 e fórmula molecular  $C_{10}H_{16}$ , é uma substância química, orgânica, natural. É a maior parte do óleo extraído da casca das frutas cítricas, no caso da laranja chega a um percentual de 90% de limoneno. Ele é um hidrocarboneto da família dos terpenos e da classe dos monoterpenos. O Brasil tem o posto de maior produtor e exportador mundial de suco de laranja e subprodutos sendo este posto disputado com os Estados Unidos.

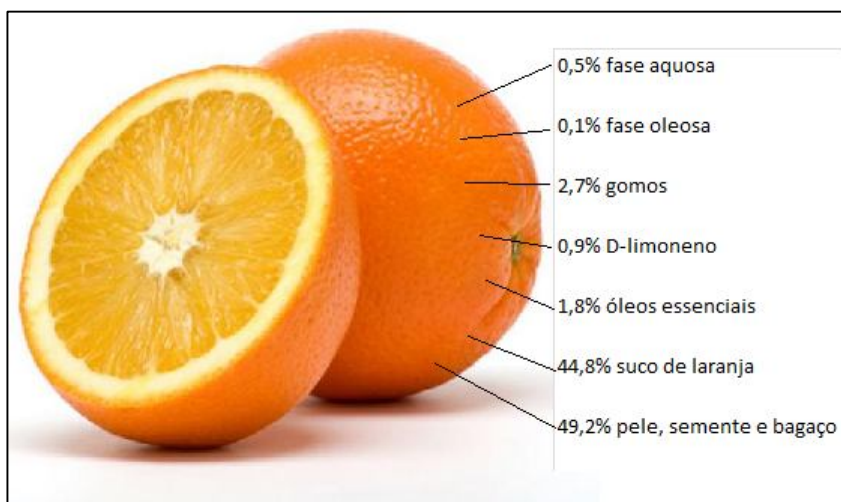
Figura 14 - Estrutura química do D-limoneno.



Fonte: Lopes (2011)

Na Figura 15, vemos as porcentagens de aproveitamento de cada parte da laranja, sendo que a obtenção dos subprodutos ocorre paralelamente ao processamento do suco, sendo o óleo essencial extraído da casca da fruta quando a mesma é pressionada contra os copos da extratora a qual rompe as bolsas de óleo da casca. Por meio de jatos de água são removidos da casca e destinados a processos de centrifugação para a remoção de sólidos presentes no produto (CITRUSBR, 2009).

Figura 15 – Porcentagens de aproveitamento da laranja



Fonte: Citrusbr (2009)

Após este processo, a casca é submetida a um extrator a vapor, o qual vai retirar mais óleo. O vapor é condensado, e assim como qualquer outro óleo ele irá flutuar na água, podendo ser separado e embalado (CITRUSBR, 2009).

Segundo uma distribuidora de produtos químicos General (2014), o D-limoneno tem suas características mostradas na Figura 16.

Figura 16 – Características do D-limoneno

Aspecto	Líquido incolor a amarelo-claro, cristalino
odor	Acentuado, cítrico característico
Ph	N.D.
Ponto de fusão/ponto de congelamento	-96,9 °C
Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição	178 °C                      175,5 a 178 °C
Ponto de fulgor	45 a 49 °C
Taxa de evaporação	<1 (acetato de n-Butila =1)
Inflamabilidade	N.D.
Limite inferior/superior de inflamabilidade ou explosividade	Inferior (LIE): 0,7%
Pressão de vapor	< 2 mmHg a 20°C
Densidade de vapor	12,2 (Ar = 1)
Densidade de vapor	0,840 a 0,855 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidade	Na água: insolúvel Em solventes orgânicos: solúvel
Coefficiente de partição - n-octanol/água	N.D.
Temperatura de auto-ignição	237 °C
Temperatura de decomposição	N.D.
Viscosidade	1,28 cSt a 20 °C
Faixa de destilação	N.D.
Ponto de combustão	N.D.

Fonte: General (2014)

O D-limoneno pode ser utilizado como solventes, substituindo os solventes minerais, como aguarrás, acetona, tolueno, éteres glicólicos e solventes orgânicos clorados GENERAL(2014). Ainda pode ser utilizado na indústria como aroma de alimentos, perfumes e produtos de limpeza, além de aplicações médicas (LOPES, 2011).

## **2.7. Parâmetros normativos dos tijolos cerâmicos e ensaios**

Este tópico do trabalho é todo relacionado ao que diz as normas sobre a fabricação de tijolos cerâmicos de vedação segundo as NBR 15270-1 (ABNT, 2005) e NBR 15270-3 (ABNT, 2005). Para ensaios da verificação da qualidade dos mesmos devem ser retiradas 13 amostras de um lote de até 100 mil tijolos, nas amostras são verificadas as características geométricas, físicas e mecânicas, porém neste item será tratado apenas das características físicas, as quais são de maior relevância para este trabalho.

Quando ela se refere às características físicas, é feita as medidas de massa seca e o índice de absorção d'água, a norma prevê que o índice de absorção d'água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%, parâmetros estes, são estabelecidos para que haja boa aderência da argamassa no elemento construtivo.

Para o limite superior máximo de absorção de água (22%), ocorre a perda de água da argamassa para o tijolo mais rapidamente, pois existe maior quantidade de poros. Se o tijolo retirar muita água da argamassa o cimento não irá reagir, pois o cimento necessita de água para se hidratar e ter a função aglomerante que é esperada, com isto a mistura da argamassa não terá a resistência necessária para atender quesitos de qualidade e durabilidade.

O limite inferior de 8% é estabelecido para que aconteça adequada penetração da nata de aglomerante nos poros do tijolo cerâmico, ou seja, para que aconteça a perfeita aderência entre a argamassa e o tijolo.

Para o ensaio de absorção de água é necessário uma balança de precisão de até 5 gramas e uma estufa com temperatura ajustável a  $(105 \pm 5)$  °C. Os corpos de provas identificados, limpos e retirada às rebarbas, devendo ser armazenados em ambiente protegido para preservar as características originais.

Primeiramente os Corpos de Prova (CP) devem ser levados pra estufa (105±5) °C para ocorrer à secagem, devendo ser determinada a massa seca individual, em intervalos de 1 hora, até que duas pesagens consecutivas de cada um deles difiram em no máximo 0,25%, pesando-os imediatamente após a remoção da estufa. Deve-se medir a massa seca (ms) dos corpos-de-prova após a estabilização das pesagens, expressando-as em gramas.

A massa úmida (mu) é determinada após a massa seca (ms), os mesmos CP's devem ser colocados em um recipiente com água que seja suficiente para mantê-los totalmente imersos em temperatura ambiente. O recipiente deve ser gradativamente aquecido até a água no seu interior entrar em ebulição e os CP's devem ser mantidos completamente imersos em água fervente por 2 horas, após este período a água deve ser trocada lentamente por outra a temperatura ambiente.

Os CP's são retirados da água e deixados em uma bancada para que o excesso de água escorra, a água remanescente pode ser removida com auxílio de um pano limpo e úmido. Após este procedimento é realizada a pesagem de cada corpo de prova, sendo expressa a massa em gramas. Este método pode ser realizado também com água a temperatura ambiente, onde os CP's devem estar totalmente imersos por um período de 24 horas, sendo realizada a posterior pesagem, da mesma forma que o método da água fervente.

A absorção de água (AA%) é determinada pela fórmula a seguir:

$$AA (\%) = \frac{mu - ms}{ms} \times 100$$

Onde, massa úmida (mu) e massa seca (ms) dos corpos de prova são expressos em gramas.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A ideia do trabalho nasceu da constante verificação de patologias nas bases das paredes, aprofundando o tema, notamos que tais patologias eram decorrentes na maior parte das vezes da umidade que percorre os poros dos materiais utilizados na construção civil.

As impermeabilizações tem a função de impedir que a água avance através das vigas baldrame para as paredes, muitas vezes existem falhas construtivas e



omissão de profissionais que não utilizam a metodologia em vigência, mesmo sendo precária. Este trabalho idealiza a possibilidade de se encontrar um mecanismo capaz de impedir ou minimizar que a água percorra os poros dos tijolos através da impermeabilização dos mesmos com resina polimérica. Para se obter uma parede isenta de qualquer umidade, e necessária outras ações que venham contribuir para a eficácia deste sistema.

Os tijolos desta pesquisa foram adquiridos a partir de uma amostragem de 50 unidades, os quais foram escolhidos de forma aleatória de um lote de 3000 tijolos a disposição em uma empresa de Santiago – Rio Grande do Sul. Eles, de forma geral, têm aparência muito satisfatória, não apresentando defeitos aparentes, como indicado na Figura 17.

Figura 17 – Amostra dos tijolos utilizados na pesquisa



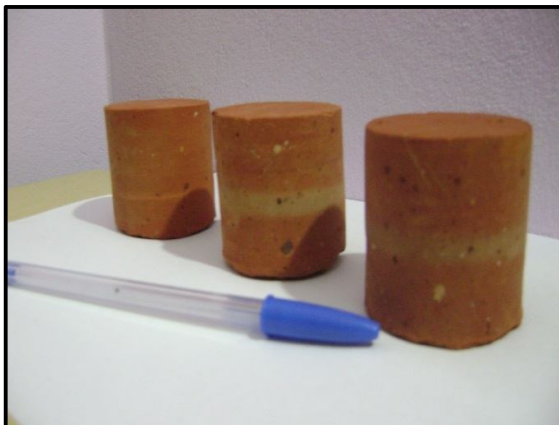
Fonte: Elaboração própria

### 3.1. Retirada dos corpos de provas

Da amostragem de 50 tijolos adquirida na empresa, serão selecionados de forma aleatória 10% da amostragem, que equivale a 5 tijolos, sendo extraído 1 CP de cada um deles, totalizando a extração de 5 CP's com diâmetro de 50mm, os quais respeitam a altura do próprio tijolo cerâmico que é de 53 milímetros. Destes 5 CP's serão escolhidos 3 CP's de forma aleatória para a realização dos ensaios, conforme a Figura 18a. Número o qual, é compatível com a quantia de insumos químicos disponíveis.

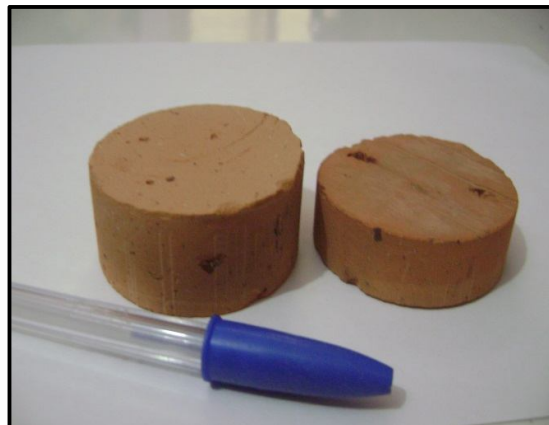
Dos 2 CP's restantes, um deles foi descartado por apresentar fissuras, e o outro será dividido em CP's de altura variável com mesmo diâmetro, sendo as alturas de 18 milímetros e de 22 milímetros, conforme Figura 18b. Estes CP's menores serão extraídos a fim de se realizar ensaios preliminares verificando o funcionamento do sistema a vácuo.

Figura 18a – Corpos de provas Grandes.



Fonte: Elaboração própria

Figura 18b – Corpos de provas variáveis.



Fonte: Elaboração própria

Para a confecção destes CP's (18 mm e 22 mm), foi necessário desenvolver um suporte de madeira com objetivo de acomoda-los e ao mesmo tempo de fixa-los na morsa de bancada, a fim de realizar a divisão dos mesmos com o auxílio de uma serra manual, como indica a Figura 19.

Figura 19 - Suporte para divisão do CP



Fonte: Elaboração própria

Uma vez extraídos os CP's, será investigado a quantidade de água absorvida pelos corpos a serem estudados.

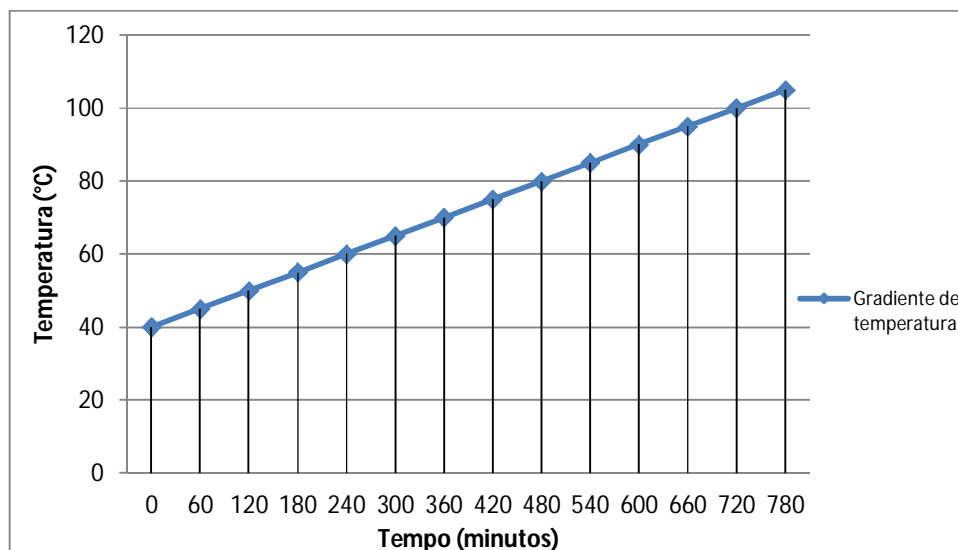
### 3.2. Determinação da absorção de água inicial dos CP's

Para o ensaio de absorção de água foi necessário uma balança de precisão da marca Bel Engineering com precisão de 1 grama e uma estufa com circulação de ar forçado, digital da marca Biopar.

Primeiramente os Corpos de Prova (CP) foram acondicionados em uma estufa, com o objetivo de se realizar uma varredura ascendente de temperatura, inicial entre

(40°C até 105±5°C), com um acréscimo de 5°C por hora como indicado no Gráfico 1. Uma vez atingida à temperatura, os CP's ficaram na estufa por 24 horas.

Gráfico 1 - Escala crescente de temperatura



Fonte: Elaboração própria

Tecnicamente, a água que estava no CP vai secar superficialmente, portanto tal método foi utilizado para extrair vagorosamente a umidade através do aumento gradual da temperatura, fazendo com que a água presente no centro do CP seja eliminada gradualmente sem comprometer a estrutura do corpo estudado (fissuras).

Após realizar a secagem por 24 horas (105±5 °C), foi anotada a massa seca (ms) em gramas dos CP's ainda quentes, os quais retornaram para a estufa por mais 60 minutos na mesma temperatura, sendo repetida a pesagem da massa seca (ms). Se a diferença da massa for inferior a 0,25% conforme a NBR 15270-1, esta será a massa seca adotada na pesquisa, caso contrário os CP's voltam à estufa por mais 60 minutos até que a massa não difira 0,25% da ultima anotação.

Os CP's foram novamente colocados dentro da estufa por aproximadamente 1 hora (105°C), para depois desligar a mesma até atingir a temperatura ambiente. Tal procedimento foi adotado para verificar o ganho de massa dentro da estufa num período de 24 horas, sabendo que a entrada de umidade seria muito baixa por se tratar de um equipamento que não permite a troca entre os meios internos e externos.

Após este procedimento foram novamente pesadas as massas dos CP's a temperatura ambiente (27°C, umidade relativa 75%), com o objetivo de verificar se

existe alguma variação de massa durante a pesagem dos CP's quentes/frios e investigar a possibilidade de armazenar os CP's em um ambiente natural.

Após secos, os corpos de prova utilizados na pesquisa foram imersos em água à temperatura ambiente (água potável) da cidade de Alegrete, a qual apresenta como característica certa quantidade de carbonato de cálcio diluído à temperatura ambiente. Os CP's ficaram totalmente imersos por um período de 24 horas, então eles foram retirados da água e secados superficialmente como papel toalha e pesados, obtendo assim a massa úmida ( $\mu$ ) em gramas.

A absorção de água (AA%) é determinada pela fórmula a seguir:

$$AA (\%) = \frac{\mu - m_s}{m_s} \times 100$$

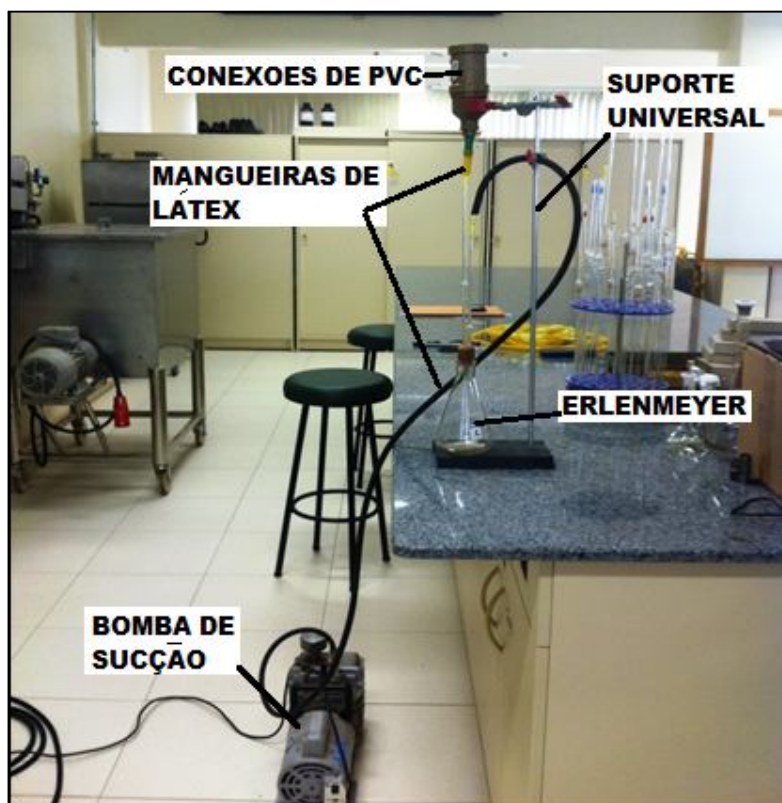
### **3.3. Confecção de equipamentos para a impermeabilização dos CP's**

Um dos métodos a ser utilizado é obter a permeabilidade por um sistema forçado (sistema a vácuo) como mostrado na Figura 20. Para esta finalidade recorreremos a peças injetadas de PVC com características técnicas ao uso de transporte de água potável (cor marrom).

O equipamento montado é composto por uma bomba que não dispõe de manômetro (marca Symbol Vácuo, modelo 45/56, potência de 1/3 HP, rotação de 1750 rpm), a qual retira o ar do sistema, gerando vácuo. Foram utilizadas conexões de tubos de PVC de 50 mm de diâmetro interno que servirá de recipiente para receber o CP, outras conexões de pvc menores foram utilizadas para criar uma espécie de funil, sendo o sistema vedado com mangueiras de látex.

Todos estes equipamentos foram fixados num suporte universal. Utilizou-se Pipetas, Erlenmeyer em vez de Kitasato, sendo este ultimo utilizado como filtro para impedir a contaminação da bomba por solvente ou particulado.

Figura 20 – Sistema de vácuo montado



Fonte: Elaboração própria

### 3.4. Aplicação dos produtos em estudo nos CP's

Com o objetivo de forçar a mistura (D-limoneno + isopor) percorrer através do corpo de prova (porosidade), procuramos vedar perfeitamente a interface entre o CP e a superfície interna da conexão de PVC. Isto só foi eficaz quando o CP foi envolvido com um filme de polietileno de baixa densidade (PEBD), propiciando um ajuste no conjunto estudado, e vedando nosso sistema.

Uma vez acionada a bomba de sucção, elimina-se o ar do sistema e começa a sugar a mistura, garantindo que a solução percorra através dos poros. Este sistema foi eficaz quando selamos a superfície com um vidro relógio.

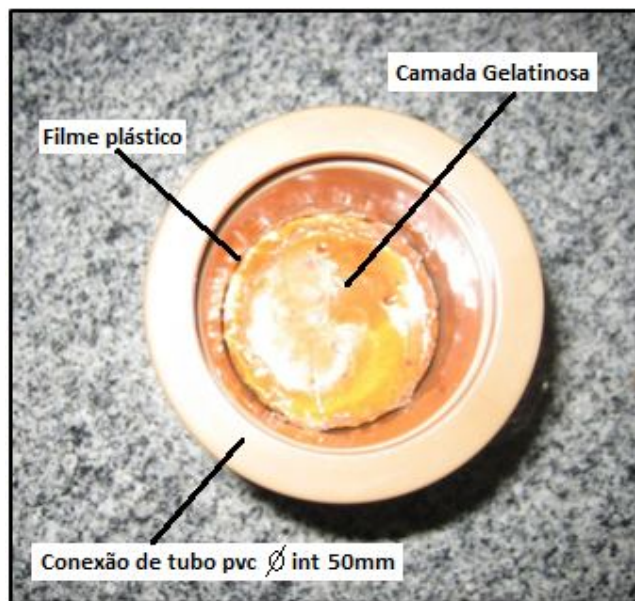
A mistura (D-limoneno+isopor) foi de 70/30, sendo os 30% em massa, equivalente a 10 gramas de poliestireno diluído em 250 ml de D-limoneno. Sua viscosidade é de 1,26 cSt<sup>1</sup> (água= 1 cSt), volátil a temperatura ambiente, mas quando adicionado isopor ao D-limoneno foi observado um aumento na viscosidade, o que

<sup>1</sup> A unidade física da viscosidade cinemática no Sistema CGS é o stokes (abreviado S ou St). Pode ser expressa em termos de centistokes (cS ou cSt). 1 stokes = 100 centistokes = 1 cm<sup>2</sup>/s = 0,0001 m<sup>2</sup>/s.



implica na diminuição da taxa de evaporação a temperatura ambiente. Quando esta mistura foi colocada sobre o CP e foi acionado o vácuo se observou uma camada gelatinosa (Figura 21) em cima do corpo de prova em estudo, impossibilitando que esta mistura percorresse os poros do CP.

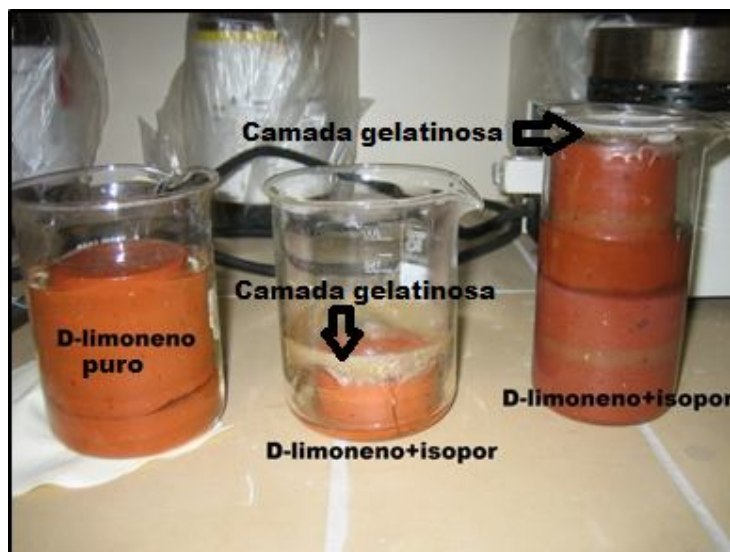
Figura 21 - Mistura gelatinosa sobre o CP.



Fonte: Elaboração própria

A metodologia utilizada na obtenção da massa úmida em água foi replicada, substituindo a água por D-limoneno puro e pela a mistura D-limoneno+isopor, como mostrado na Figura 22.

Figura 22 – CP's imersos na mistura de D-limoneno e isopor



Fonte: Elaboração própria

Na Figura 22, ainda observa-se a formação de uma camada gelatinosa na parte superior da mistura, assim como no sistema a vácuo, devido à evaporação do solvente.

#### 4. RESULTADOS

No Quadro 4, serão demonstrados os resultados referentes ao ensaio de absorção de água. Na primeira coluna do quadro, é mostrado qual CP está sendo analisado, na segunda coluna temos as massas secas (ms) em gramas para cada CP, a terceira coluna é referente aos resultados das massas úmidas (mu) com água em gramas. Já a quarta coluna temos a quantidade de água absorvida em gramas, e finalmente na quinta coluna o resultado final do ensaio de absorção de água (AA%) em porcentagem.

Quadro 4 – Resultados obtidos das pesagens dos CP's

CP	Massa Seca (ms-gramas)	Massa Úmida água (mu-gramas)	mu - ms (g)	AA%
1	166,1	197,5	31,4	18,90
2	169,3	203	33,7	19,91
3	168,5	201,8	33,3	19,76

Fonte: Elaboração própria

Obtemos resultados referentes ao ensaio de Absorção de água (AA%) variando de 18,90% até 19,91%, podendo notar que existe uma padronização na qualidade do lote analisado.

No Quadro 5, serão demonstrados os resultados referentes ao ensaio de absorção de D-limoneno puro (Figura 23), o procedimento realizado para colher estes dados foram os mesmos adotados para a absorção de água. Na primeira coluna do quadro, é mostrado qual CP está sendo analisado, na segunda coluna temos as massas secas (ms) em gramas para cada CP, a terceira coluna é referente aos resultados das massas úmidas (mu) com D-limoneno puro em gramas. Já a quarta coluna temos a quantidade de solvente absorvido em gramas, e finalmente na quinta coluna o resultado final do ensaio de absorção de D-limoneno puro (AD-L%) em porcentagem.

Quadro 5 – Resultados obtidos das pesagens dos CP's com D-limoneno puro

CP	Massa Seca (ms-gramas)	Massa Úmida D-limoneno (mu -gramas)	mu - ms (g)	AD-L%
1	166,1	195,7	29,6	17,82

Fonte: Elaboração própria

A absorção de D-limoneno (AD-L%) foi de 17,82%, podendo comprovar que fluidos de viscosidade um pouco superior ao da água, ainda tem resultados extremamente satisfatórios.

Figura 23 - CP com D-limoneno



Fonte: Elaboração própria

No Quadro 6, serão demonstrados os resultados referentes ao ensaio de absorção da mistura (solução) D-limoneno+isopor (Figura 24), novamente os procedimentos adotados foram os mesmos do ensaio de absorção de água. Na primeira coluna do quadro, é mostrado qual CP está sendo analisado, na segunda coluna temos as massas secas (ms) em gramas para cada CP, a terceira coluna é referente aos resultados das massas úmidas (mu) com D-limoneno+isopor em gramas. Já a quarta coluna temos a quantidade de mistura absorvida em gramas, e finalmente na quinta coluna o resultado final do ensaio de absorção de D-limoneno+isopor (AD-L+I%) em porcentagem.



Quadro 6 – Resultados obtidos das pesagens dos CP's com D-limoneno+isopor

CP	Massa Seca (ms-gramas)	Massa Umida D-limoneno + isopor (mu - gramas)	mu - ms (g)	AD-L+I%
2	169,3	217,9	48,6	28,71
3	168,5	218	49,5	29,38

Fonte: Elaboração própria

Observa-se que obtivemos uma absorção média de 29,04% desta mistura. Cabe ressaltar que foi observada nos corpos de provas uma fina película superficial de polímeros. Constatamos que quando submetemos estes corpos de prova a um sistema de vento forçado (capela) por 15 minutos, ocorreu o desaparecimento superficial desta película. Uma segunda observação foi que após os corpos de prova ficar em ventilação forçada e estes novamente imersos em água, os resultados se aproximaram dos valores da absorção de água pura (água do Alegrete).

Figura 24 - CP com D-limoneno +isopor



Fonte: Elaboração própria

No Quadro 7, temos na primeira coluna o CP estudado, a segunda coluna traz de os resultados finais de Absorção de água (AA%), na terceira coluna os resultados de Absorção de D-limoneno (AD-L%) e a quarta coluna os resultados da Absorção de D-limoneno+isopor (AD-L+I%).

Quadro 7 – Resultados obtidos das pesagens dos CP's com D-limoneno+isopor

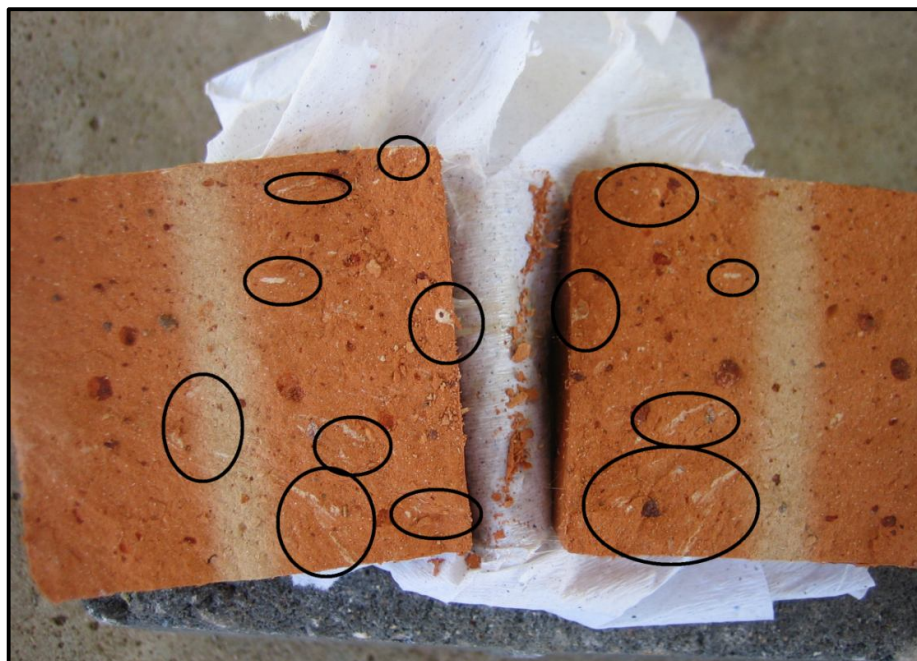
CP	AA%	AD-L%	AD-L+IA%
1	18,90	17,82	-
2	19,91	-	28,71
3	19,76	-	29,38

Fonte: Elaboração própria

Comparando todos os resultados de absorção de água no Quadro 7, pode-se verificar primeiramente que a impregnação de produtos com viscosidade semelhante a da água é possível, alcançando porcentagens parecidas de absorção. Em segundo lugar, nota-se que embora a Absorção de D-limoneno+isopor tenha sido elevada e que esta porcentagem esta intimamente ligada com a película superficial, quando submetida à ventilação forçada e novamente imerso os CP's em água, a absorção de água foi muito semelhante com o ensaio de Absorção de água inicial.

Quando rompidas as amostras que foram imersas em D-limoneno+isopor (AD-L+I%) foi possível notar que houve sim penetração de material visível a olho nu (Figura 25), o qual era percebido em poros de maiores dimensões.

Figura 25 - Plástico presente nos poros



Fonte: Elaboração própria

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1. Conclusões**

Este trabalho constituiu em conseguir impermeabilizar um tijolo cerâmico. Para isto foi necessário estudar toda a cadeia produtiva, desde a extração da argila até a queima do tijolo, neste estudo podemos compreender como acontece à formação dos poros, onde o material orgânico presente na massa de argila é eliminado através da alta temperatura de queima, formando os poros.

Entendendo como ocorre a formação dos poros, fica mais fácil de identificar os meios pelos quais a umidade afeta as estruturas, no caso deste trabalho foi dado maior ênfase nos problemas causados pela umidade proveniente do solo, que percorre os poros dos materiais utilizados, tanto das vigas baldrame como também dos tijolos, este fenômeno é chamado de capilaridade.

A umidade é uma das principais causas de patologias nas construções, além de causar má aparência na edificação, também é considerada a causa de problemas alérgicos em seus habitantes. As principais patologias devido à umidade são os mofos, manchas, eflorescência, apodrecimento de argamassas e rebocos.

Elas podem ser evitadas com sistemas de impermeabilizações, tais sistemas nem sempre são bem executados e em alguns casos os profissionais até abrem mão de seu uso. O custo de uma impermeabilização durante o processo de construção da edificação é muito inferior a uma possível recuperação da estrutura, por isto a importância da impermeabilização ser bem feita durante a execução da obra.

Existem vários tipos de sistemas impermeabilizantes, no caso de maior interesse no nosso estudo são as utilizadas nas vigas baldrame que geralmente são as rígidas por meio de aditivos químicos adicionados no concreto, enquanto na junção da viga baldrame com a parede utiliza-se um sistema flexível que é realizado com pinturas asfálticas.

Visto isto, notamos a importância de produzir novos produtos na área da construção civil, que supram as falhas ou o não uso das impermeabilizações convencionais. Os produtos estudados foram escolhidos por questões ambientais, sendo eles o solvente D-limoneno por se tratar de um produto natural, e o isopor por ser um produto altamente descartado e de pouco valor no mercado de recicláveis.

O sistema a vácuo proposto neste estudo não se mostrou totalmente satisfatório, pela dificuldade de penetração da mistura, visto a camada gelatinosa formada entre o D-limoneno e o isopor por se tratar de um solvente volátil, fazendo com que parte da mistura não fosse sugada para dentro do CP, porém o sistema merece atenção para novos testes.

É possível concluir que os CP's quando imersos em fluidos com viscosidade mesmo superior a da água, ocorre à absorção líquido, os quais retornam resultados de absorção muito semelhantes, tanto com água como com os demais produtos envolvidos na pesquisa.

Quando utilizada a mistura notou-se absorção da solução (polímeros/solvente) para dentro do corpo estudado, embora não seja comprovada por equipamentos de grande precisão, foi possível notar a olho nu a presença de material plástico nos poros de grandes dimensões. Mas são ainda necessários vários estudos para que sejam atingidos os objetivos maiores desta pesquisa, diminuindo a ascensão capilar de umidade que causa patologias.

Os estudos apresentados neste trabalho são primários, os quais devem ser aprofundados e aprimorados, abrindo várias linhas de pensamento para melhorar os materiais empregados na construção civil.

## **5.2. Recomendações para trabalhos futuros**

Recomenda-se para trabalhos futuros vários itens que podem dar continuidade nesta linha de trabalho, eles puderam ser notados ao longo da execução desta pesquisa, algumas dificuldades, testes, adequações e ideias que possam melhorar a qualidade das nossas construções, melhorando o ambiente em que residimos.

- Estudo da estrutura porosa do tijolo através de análise microscópica, a fim de melhorar as características do tijolo;
- Estudo da estrutura porosa do tijolo através de ensaios de Porosimetria por Injeção de Mercúrio;
- Estudo da viscosidade do solvente envolvido neste trabalho com outros não estudados, com o intuito de realizar estudos de simulação de preenchimento de poros.

- Estudo de argamassas de assentamento e reboco que possam ser utilizadas nestes tijolos impermeabilizados e que cumpram o papel de não permitir a circulação de água nas paredes;

## REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7170** – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria: Rio de Janeiro, junho 1983.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9575** – Impermeabilização – Seleção e projeto: Rio de Janeiro, setembro 2010.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15270-1** – Componentes cerâmicos: Rio de Janeiro, agosto 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15270-3** – Componentes cerâmicos: Rio de Janeiro, agosto 2005.
- ABRAPEX – **Associação brasileira de poliestireno expandido**. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br>>. Acesso em 08 jan. 2014. Não paginado.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 1994.
- BLOCOS – Resumo histórico. Disponível em: <http://www.anicer.com.br/manuais/bloco.rtf>. Acesso em 11 dez. 2013. Não paginado.
- BURWELL JR, R. L. Manual of symbols and terminology for physicochemical quantities and units — Appendix II. **International Union Of Pure and Applied Chemistry**, Madri- Espanha, v.46, p.79, 1976.
- CABAÇA, S. Humidade ascendente em paredes de edifícios antigos Processos de reabilitação e prevenção. **.net**, [S.I.], Nov 2002. Construlink. Disponível em: <[http://www.construlink.com/Homepage/2003\\_ConstrulinkPress/Ficheiros/MonografiasPrimeirasPaginas/mn\\_9\\_nov\\_2002\\_humidade6.pdf](http://www.construlink.com/Homepage/2003_ConstrulinkPress/Ficheiros/MonografiasPrimeirasPaginas/mn_9_nov_2002_humidade6.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2012.
- CASTILHO, Tais. **O isopor para o que der e vier**. Revista Visão Ambiental, Santana – SP, ano 1, n.4, p.48-51, jan./fev. 2010.
- CECHINEL, B. M.; VIEIRA, F. L. Infiltração em alvenaria: Estudo de caso em edifício na Grande Florianópolis. **Caderno de publicações acadêmicas**, Florianópolis-SC, p.18-24, jun. 2007.
- CITRUSBR – **A indústria brasileira de suco de laranja**. São Paulo: CitrusBR, 2009-. Disponível em: <[http://issuu.com/citrusbr/docs/citrusbr\\_apex\\_portugues](http://issuu.com/citrusbr/docs/citrusbr_apex_portugues)>. Acesso em 06 jan. 2014.
- COUTO, S. C. C. **Utilização de hidrófugos de superfície em materiais cerâmicos**.

**Influência na secagem.** 2010. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2010.

DANTE, J. G. **Impermeabilização em obras de engenharia civil.** 2006. 91f. Trabalho de Conclusão de Curso – União Dinâmica de Faculdades Cataratas, Foz do Iguaçu, 2006.

DIAS, A. B. *et al.* Desenvolvimento de um bloco cerâmico para a construção sustentável. In: Congresso de Inovação na Construção Sustentável, 2008. Curia-Portugal. **Simpósio.** Não paginado.

DICIONÁRIO, Michaelis. Disponível em <<http://michaelis.uol.com.br>>. Acessado em 16 de fevereiro de 2013.

FREITAS, V. P.; TORRES, M. I.; GUIMARÃES, A. S. **Umidade ascensional.** 1ª edição. Porto. :FEUP, 2008.

GENERAL Iron Fittings Ltda - **O Limoneno é a maior parte do óleo.** Disponível em: <[https://www.ironfittings.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=80:limoneno&catid=16:thinners-e-solventes&Itemid=980](https://www.ironfittings.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=80:limoneno&catid=16:thinners-e-solventes&Itemid=980)>. Acesso em: 06 de jan. 2014. Não paginado.

LOPES, A. L. D. *et al.* Extração e determinação do teor de limoneno na casca da laranja pêra. In: IX SIMPÓSIO DE BASE EXPERIMENTAL DAS CIÊNCIAS NATURAIS, 2011, Santo André. **Anais eletrônicos...** Santo André: UFABC, 2011. Disponível em: <[http://becn.ufabc.edu.br/guias/processos\\_transformacao/resumo/PT\\_C2\\_N\\_01.pdf](http://becn.ufabc.edu.br/guias/processos_transformacao/resumo/PT_C2_N_01.pdf)>. Acesso em 06 jan. 2014.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção.** 11ª edição. Porto Alegre: Globo, 1998.

PILLING, S. Fluidos. Introdução à hidrostática e hidrodinâmica. **Notas de aula.** 28 f. Disponível em: <[http://www1.univap.br/spilling/BIOF/BIOF\\_06\\_Fluidos.pdf](http://www1.univap.br/spilling/BIOF/BIOF_06_Fluidos.pdf)>. Acesso em 15 jan. 2014

PINI. **Equipe de obra: especial como impermeabilizar.** Fevereiro de 2012, ano VIII, nº 44. São Paulo, SP, 2012.

PRADO, U. S; BRESSIANI, J. C. Panorama da Indústria Cerâmica Brasileira na Última Década. **Cerâmica Industrial,** São Paulo, jan./fev. 2013.

PRETO, U. F. O. – **Patologia: Impermeabilização x Umidade**. 151 f. Disponível em: <[http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~guilherme/4\\_aula\\_umidade.pdf](http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~guilherme/4_aula_umidade.pdf)>. Ouro Preto, 2013. Acesso em: 13 dez. 2013.

RIGHI, G. V. **Estudos dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos**. 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

ROMA, W. N. L. **Fenômenos de transporte para engenharia**. 2ª edição. São Carlos: Rima, 2006.

SEBRAE – **Cerâmica vermelha para construção: Telhas, tijolos e tubos**. São Paulo: SEBRAE, março de 2008. Disponível em: <[http://bis.sebrae.com.br/GestorRepositorio/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/C5B4284E12896289832574C1004E55DA/\\$File/NT00038DAA.pdf](http://bis.sebrae.com.br/GestorRepositorio/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/C5B4284E12896289832574C1004E55DA/$File/NT00038DAA.pdf)>. Acesso em 25 nov. 2013

SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. 54 f. Monografia (Especialista em Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

TEIXEIRA, B. M. **O protocolo de Kyoto e a indústria cerâmica vermelha**. 2004. 61 f. Dissertação (Pós Graduação “Lato Sensu”) – UCAM, Rio de Janeiro, 2004.

TIPOS de infiltrações – **O caminho da água nas edificações**. Disponível em: <<http://uepg.br/denge/aulas/impermeabilizacao/conteudo.htm#2>>. Acesso em: 10 jan. 2013. Não paginado.

TORRES, I. **Umidade em paredes de edifícios**. [S.l.]. 2008. 25f. Disponível em: <<https://woc.uc.pt/efs/getFile.do?tipo=2&id=415>>. Acesso em 25 nov. 2012.