



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**

**BEATRIZ MATIAS VINHAS**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA SECAGEM NO DESEMPENHO DE**  
**BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO**

Cruz das Almas  
2023

**BEATRIZ MATIAS VINHAS**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA SECAGEM NO DESEMPENHO DE  
BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal do  
Recôncavo da Bahia como requisito básico  
para a conclusão do curso de Bacharelado  
em Ciências Exatas e Tecnológicas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Fernanda  
Nepomuceno Costa

Cruz das Almas

2023

## DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado com gratidão a minha mãe, que sempre me proporcionou um apoio incondicional.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA DE  
BEATRIZ MATIAS VINHAS

---

APRESENTADA AO CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS EXATAS E  
TECNOLÓGICAS, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA,  
EM 31 DE AGOSTO DE 2023.

**BANCA EXAMINADORA:**

Documento assinado digitalmente  
 FERNANDA NEPOMUCENO COSTA  
Data: 28/12/2023 10:11:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profª Dra FERNANDA NEPOMUCENO COSTA - Orientadora  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
CETEC - UFRB

Documento assinado digitalmente  
 ALEX BORGES ROQUE  
Data: 28/12/2023 11:59:59-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profº M.Sc. ALEX BORGES ROQUE  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
CETEC - UFRB

Documento assinado digitalmente  
 IGOR BRUMANO COELHO AMARAL  
Data: 04/01/2024 17:09:46-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profº M.Sc IGOR BRUMANO COELHO AMARAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI  
CETEC - UFRB

**A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.**

**Albert Einstein**

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que desempenharam um papel fundamental na realização deste trabalho de conclusão de curso. Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me guiar e iluminar meu caminho ao longo dessa jornada acadêmica.

Aos meus pais, Carla e Luciano, minha gratidão é imensa. Suas palavras de encorajamento e apoio constante foram a força que me impulsionou a superar desafios e perseverar em direção aos meus objetivos.

Aos meus familiares, que sempre estiveram ao meu lado torcendo e vibrando com cada conquista minha.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e todos meus professores por proporcionar um ambiente propício ao crescimento acadêmico e pessoal.

A minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fernanda Nepomuceno Costa, pelo incentivo, dedicação e paciência.

Ao grupo de pesquisa coordenado pela Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fernanda Nepomuceno Costa, em especial a Leticia Jesus, por todo conhecimento compartilhado.

Ao Técnico do Laboratório de Materiais de Construção, Eng. Robson Costa, pela generosidade e prontidão em oferecer ajuda.

Aos amigos que a UFRB trouxe para minha vida, em especial aqueles que compartilham o mesmo lar, quero expressar minha gratidão por estarem ao meu lado me apoiando e incentivando a não desistir. Obrigada pela parceria tanto nos momentos de alegria quanto nos de dificuldade.

A todos minha eterna gratidão.

## **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA SECAGEM NO DESEMPENHO DE BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO**

### **RESUMO**

As empresas especializadas em cerâmica vermelha desempenham uma função significativa no âmbito da construção civil, visto que exercem um papel importante na fabricação de uma variedade de itens empregados nesse setor, um exemplo é a produção de blocos cerâmicos de vedação. O processo de fabricação desses produtos é dividido em etapas bem definidas, abarcando desde a preparação da matéria-prima até a extrusão, secagem e queima. A fase de secagem assume uma importância significativa nesse processo, pois permite que a água evapore gradualmente do material cerâmico, minimizando o risco de rachaduras e deformações nos blocos. Dessa forma, o objetivo deste estudo é analisar como o tratamento prévio influencia na fabricação de blocos cerâmicos de vedação produzidos na região do Recôncavo da Bahia, visando identificar as diferenças no resultado final que surgem da aplicação de secagem artificial em comparação com a secagem natural. Nesse contexto, a análise do processo produtivo da fábrica foi efetuada e realizado ensaios para avaliar as propriedades geométricas, físicas e mecânicas, seguindo as recomendações e os requisitos da NBR 15270:2017. Essas diretrizes incluem critérios como o índice de absorção de água variando entre 8% e 25%, assim como uma resistência mínima à compressão de 1,5 MPa para os blocos cerâmicos de vedação. Através da análise dos blocos em estudo, foi possível verificar que ambos os lotes da empresa não foram aprovados nas características geométricas, mas obtiveram aprovação nas características físicas e mecânicas. Os blocos submetidos ao processo de secagem artificial apresentaram uma média de resistência de 2,43 MPa, já aqueles submetidos à secagem natural alcançaram uma média de 2,94 MPa. Contudo, vale ressaltar que houve uma variação mais significativa na resistência à compressão dos blocos submetidos a essa última técnica de secagem.

*Palavras-chave: Bloco cerâmico, secagem, tratamento prévio, processo produtivo.*

## **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA SECAGEM NO DESEMPENHO DE BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO**

### **ABSTRACT**

Companies specialized in red ceramics play a significant role in the field of civil construction, as they have an important role in the manufacturing of various items used in this sector, such as the production of ceramic sealing blocks. The manufacturing process of these products is divided into well-defined stages, ranging from raw material preparation to extrusion, drying, and firing. The drying phase assumes significant importance in this process, as it allows water to gradually evaporate from the ceramic material, minimizing the risk of cracks and deformations in the blocks. Thus, the aim of this study is to analyze how pre-treatment influences the production of ceramic sealing blocks produced in the Recôncavo region of Bahia, with the goal of identifying differences in the final result that arise from the application of artificial drying compared to natural drying. In this context, an analysis of the factory's production process was conducted, and tests were carried out to evaluate geometric, physical, and mechanical properties, following the recommendations and requirements of NBR 15270:2017. These guidelines include criteria such as water absorption ranging from 8% to 25%, as well as a minimum compressive strength of 1.5 MPa for ceramic sealing blocks. Through the analysis of the blocks under study, it was possible to verify that both batches from the company did not meet the geometric characteristics, but they were approved in terms of physical and mechanical characteristics. The blocks subjected to the artificial drying process had an average strength of 2.43 MPa, while those subjected to natural drying reached an average of 2.94 MPa. However, it is worth noting that there was a more significant variation in the compressive strength of the blocks subjected to the latter drying technique.

Keywords: Ceramic block, drying, previous treatment, productive process.

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal. ....	9
Figura 2 - Fluxograma do processo de produção dos blocos cerâmicos. ....	13
Figura 3 - Delineamento de pesquisa.....	21
Figura 4 - Etapas da avaliação de desempenho dos blocos cerâmicos. ....	23
Figura 5 - Amostras limpas, identificadas e armazenadas dos blocos cerâmicos. ....	24
Figura 6 - Locais para medição da largura (L), altura (H) e comprimento (C), de acordo com a NBR 15270-2:2017.....	26
Figura 7 – Ilustração da medição da largura (L), altura (H) e comprimento (C) nos blocos cerâmicos estudados. ....	27
Figura 8 - Posição esquemática para as medições da espessura das paredes externas e septos.....	27
Figura 9 - Medição da espessura do septo do bloco cerâmico utilizando o paquímetro. ....	28
Figura 10 - Representação do ponto onde o esquadro deve ser posicionado, para determinação do desvio em relação ao esquadro.....	28
Figura 11 - Determinação do desvio em relação ao esquadro (D) em uma mostra do bloco cerâmico estudado. ....	29
Figura 12 - Representação de como posicionar o esquadro para determinar a planeza das faces (P).....	29
Figura 13 - Determinação da planeza das faces (P) em uma mostra do bloco cerâmico estudado. ....	30
Figura 14 - Secagem dos blocos cerâmicos e pesagem da massa seca. ....	31
Figura 15 - Blocos em processo de saturação. ....	31

Figura 16 - Processo de capeamento das faces dos blocos cerâmicos. ....	33
Figura 17 - Blocos cerâmicos submersos em água para atingir saturação.....	34
Figura 18 - Bloco na prensa de ensaios para determinar sua resistência à compressão. .....	35
Figura 19 - Processo de sazonalização da argila, adotado pela fábrica em estudo. .	37
Figura 20 – Caixa alimentador utilizado na fábrica em estudo. ....	38
Figura 21 - Fase de laminação da massa.....	39
Figura 22 - Massa cerâmica aderindo a forma de bloco, seguindo para o corte. ....	39
Figura 23 - Corte do bloco cerâmico, ainda fresco, na dimensão desejada. ....	40
Figura 24 – Blocos cerâmicos sendo encaminhados através da esteira rolante, para retirada manual.....	40
Figura 25 – Local destinado ao aproveitamento do calor dos fornos para secagem artificial dos blocos cerâmicos na fábrica estudada.....	41
Figura 26 - Secagem natural dos blocos cerâmicos na fábrica estudada.....	42
Figura 27 - Forno CEDAN utilizado na fábrica em estudo. ....	43
Figura 28 - Abertura do forno e resfriamento com ventilador.....	44
Figura 29 - Defeitos encontrados nas amostras dos blocos cerâmicos estudados. .	46
Figura 30 - Resultados da determinação da resistência à compressão nos blocos cerâmicos estudados, produzidos utilizando os dois métodos de secagem.....	52
Figura 31 - Síntese dos resultados obtidos.....	54

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 - Aceitação e rejeição dos blocos cerâmicos para características visuais..	11
Tabela 2 – Aceitação e rejeição para ensaios de características geométricas e resistência mecânica dos blocos cerâmicos. ....	12
Tabela 3 - Aceitação e rejeição para ensaio de índice de absorção d'água para blocos cerâmicos.....	12
Tabela 4 - Resultado dos ensaios de dimensões efetivas nos blocos cerâmicos submetidos aos dois tipos de secagem.....	47
Tabela 5 - Medidas da espessura dos septos e da espessura das paredes externas dos blocos cerâmicos submetidos aos dois diferentes tipos de secagem.....	48
Tabela 6 – Desvio em relação ao esquadro (D) e planeza das faces (F) dos blocos cerâmicos submetidos aos dois tipos de secagem. ....	49
Tabela 7 - Índice de absorção d'água (AA) dos blocos cerâmicos de secagem artificial. ....	50
Tabela 8 - Índice de absorção d'água dos blocos cerâmicos de secagem natural....	50
Tabela 9 - Resultados da resistência à compressão dos blocos dos dois tipos de secagem.....	51

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCERAM	Associação Brasileira de Cerâmica
ANICER	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
NBR	Norma Brasileira
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
UFRB	Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS .....	3
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	4
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	4
<b>2 INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA</b> .....	<b>5</b>
2.1 INDÚSTRIA da CERÂMICA VERMELHA NO BRASIL.....	5
2.2 A MATÉRIA-PRIMA ARGILA.....	7
2.3 BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO.....	8
2.3.1 A NBR 15270:2017 .....	9
2.4 PROCESSO PRODUTIVO DOS MATERIAIS CERÂMICOS .....	12
2.4.1 Extração da matéria-prima.....	13
2.4.2 Preparação da matéria-prima .....	14
2.4.3 Moldagem .....	15
2.4.4 Secagem.....	16
2.4.5 Queima .....	17
2.4.6 Resfriamento.....	20
2.4.7 Armazenamento.....	20
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>21</b>
3.1 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA PESQUISA.....	21
3.1.1 Revisão Bibliográfica .....	21
3.1.2 Visita Técnica.....	22
3.1.3 Ensaio de avaliação de desempenho .....	22

3.2	MATERIAIS UTILIZADOS.....	23
3.2.1	Blocos Cerâmicos de Vedação .....	23
3.2.2	Água Destilada .....	24
3.2.3	Cimento .....	24
3.3	MÉTODOS.....	24
3.3.1	Inspeção Geral .....	24
3.3.2	Identificação .....	25
3.3.3	Características Visuais .....	25
3.3.4	Inspeção por ensaio .....	25
3.3.5	Determinação das características geométricas .....	26
3.3.6	Determinação das características físicas .....	30
3.3.7	Determinação das características mecânicas .....	32
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
4.1	CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA.....	36
4.2	ANÁLISE DE PRODUÇÃO .....	36
4.3	INSPEÇÃO GERAL .....	44
4.3.1	Identificação .....	44
4.3.2	Características visuais.....	45
4.4	INSPEÇÃO POR ENSAIO .....	46
4.4.1	Características geométricas .....	46
4.4.2	Características físicas .....	49
4.4.3	Características mecânicas .....	51
4.5	RESUMO DOS RESULTADOS .....	53
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cerâmica é um material ancestral que remonta há cerca de dez mil anos e é considerada a mais antiga fabricação humana. Derivado do termo “kéramos”, o nome “cerâmica” significa “terra queimada” ou “argila queimada”. Essa técnica envolve a criação de objetos a partir de argila, que se torna moldável e fácil de trabalhar quando está úmida. Após o processo de secagem, que é fundamental para remover a maior parte da água, as peças moldadas são submetidas a altas temperaturas para adquirir rigidez e resistência. Esse processo simplificado resulta na produção do material cerâmico. Desde tempos remotos, os caldeus e assírios empregavam tijolos e blocos cerâmicos na edificação de moradias e palácios, evidenciando a utilização dessa técnica construtiva desde a antiguidade (Napoli, 2015).

Nos últimos anos, a indústria cerâmica tem acompanhado o progresso industrial, adotando a produção em larga escala viabilizada pelo uso de equipamentos industriais avançados, bem como a implementação de técnicas de gestão eficientes para controlar matérias-primas, processos e produtos fabricados. Atualmente, a indústria cerâmica se divide em setores distintos, cada um com características próprias e níveis variados de avanço tecnológico (ANFACER, 2023).

De acordo com a Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM, 2023), as regiões que experimentaram um maior desenvolvimento foram o Sudeste e o Sul, devido à maior densidade populacional, atividade industrial e agropecuária, infraestrutura mais avançada, distribuição de renda mais equilibrada, além da disponibilidade de matérias-primas, fontes de energia, centros de pesquisa, universidades e escolas técnicas. Consequentemente, essas regiões concentram um grande número de indústrias nos diversos segmentos cerâmicos. Outras regiões do país têm demonstrado um certo grau de desenvolvimento, especialmente no Nordeste, onde a demanda por materiais cerâmicos tem aumentado, especialmente na construção civil, o que tem levado à instalação de novas fábricas de cerâmicas nessa região.

As indústrias cerâmicas podem ser classificadas em duas categorias principais: cerâmicas brancas e cerâmicas vermelhas. A indústria de cerâmica branca é responsável pela fabricação de produtos de argila que, após o processo de queima, adquirem uma tonalidade branca, tais como louças sanitárias e porcelanas. Por outro lado, a indústria de cerâmica vermelha concentra-se na produção de itens estruturais feitos de argila, incluindo blocos de vedação e componentes utilizados em construções.

Os materiais cerâmicos de cor vermelha abrangem uma variedade de produtos amplamente utilizados na construção civil, como blocos, telhas, tijolos maciços, tubos de saneamento, elementos de preenchimento de lajes, elementos vazados e até mesmo argila expandida. Além disso, está presente em itens de uso doméstico, como filtros e painéis de barro. A denominação “vermelha” é atribuída à presença de componentes ferrosos que conferem a tonalidade avermelhada (SEBRAE, 2015).

A ampla adoção dos blocos cerâmicos pelas construtoras no Brasil é atribuída às suas características físicas, mecânicas e dimensionais que facilitam o trabalho dos profissionais. No entanto, a falta de padronização dos blocos cerâmicos tem gerado complicações na indústria da construção. Muitos produtos fabricados não possuem um controle de qualidade satisfatório, resultando em blocos cerâmicos que não estão de acordo com as normas em vigor. Além disso, a utilização de métodos empíricos para selecionar a matéria-prima argilosa e dosar as massas cerâmicas nas olarias afeta as características dos produtos finais. O nível de umidade presentes na argila exerce impacto na estabilidade dimensional dos blocos confeccionados via extrusão. Quando há acréscimo na quantidade de água, o procedimento de secagem do material moldado resulta em retração e variações dimensionais, contribuindo para potenciais adversidades, incluindo fissuras e deformações (Savazzini-Reis e Silva, 2017).

Na produção de blocos cerâmicos de vedação, a secagem desempenha um papel crucial no processo de fabricação. Dois métodos predominantes são empregados: a secagem natural, que utiliza a exposição ao ambiente para evaporar a umidade dos blocos recém-moldados, e a secagem artificial, que emprega sistemas controlados de aquecimento e ventilação para acelerar o processo. Embora a secagem natural seja mais econômica, ela pode ser mais

demorada e sensível às condições climáticas. Já a secagem artificial oferece mais velocidade e controle, mas pode aumentar os custos operacionais. Ambos os métodos podem resultar em desafios, como retrações dimensionais, variações, trincas e empenamentos, que podem ser minimizados por meio de ajustes cuidadosos dos parâmetros de secagem e processos de conformação.

Sendo assim, esta pesquisa tem como propósito analisar os métodos de secagem natural e secagem artificial utilizados no processo de fabricação de blocos cerâmicos de vedação produzidos em uma cidade do recôncavo da Bahia. O objetivo principal é avaliar se os blocos submetidos a esses métodos estão em conformidade com os requisitos estabelecidos pela norma NBR 15270:2017, visando fornecer informações significativas tanto para os produtores quanto para os consumidores.

## 1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral analisar a influência do tipo de cura, também chamado de tratamento prévio, na produção de blocos cerâmicos de vedação, fabricados no Recôncavo da Bahia. O estudo pretende investigar de que maneira os diferentes métodos de cura afetam propriedades e características dos blocos cerâmicos.

Em complementação, a pesquisa apresenta os seguintes objetivos específicos:

- Verificar se há influência no desempenho final dos blocos cerâmicos com base nos diferentes métodos de secagem utilizados.
- Analisar as características geométricas, físicas e mecânicas, entre os blocos cerâmicos submetidos aos diferentes métodos de secagem.
- Realizar uma análise comparativa dos tempos de fabricação dos blocos cerâmicos em estudo.
- Identificar possíveis otimizações no processo de fabricação dos blocos cerâmicos com base nos resultados obtidos, visando aprimorar a eficiência e a qualidade dos produtos finais.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa, concentrou-se na análise das características dos blocos cerâmicos de vedação de 8 furos, com dimensões de 9 cm de largura, 19 cm de altura e 24 cm de comprimento (L x H x C), fabricados por uma empresa localizada no recôncavo da Bahia.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho apresenta 7 capítulos que estão organizados de forma que o capítulo 1 aborda a contextualização do tema proposto, juntamente com a justificativa e exposição do objetivo geral e dos objetivos específicos, delimitação da pesquisa e estrutura do trabalho.

O capítulo 2 aborda um breve estudo sobre a revisão de literatura relacionada ao tema proposto, discutindo de maneira detalhada o bloco cerâmico de vedação e o seu processo de fabricação.

No capítulo 3 tem-se a metodologia que foi utilizada para realização da pesquisa.

No capítulo 4 são apresentadas as análises dos resultados dos ensaios realizados.

Os capítulos 5 e 6 abordam, respectivamente, a conclusão obtida através desse estudo e sugestões para futuros trabalhos.

E, por fim, tem-se as referências bibliográficas utilizadas no desenvolvimento da pesquisa.

## 2 INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA

A indústria cerâmica representa uma das atividades mais ancestrais da humanidade, beneficiando-se da simplicidade de fabricação e da abundância da matéria-prima, o barro. Desde o período neolítico, nossos antepassados utilizavam o barro para vedar cestas de vime. Com o tempo, perceberam que poderiam dispensar o vime e criar potes exclusivamente com o barro. Com novas descobertas, notaram que ao expor o barro ao calor, ele se tornava resistente, dando origem à cerâmica tal como a conhecemos. Nesse estágio histórico, a cerâmica foi amplamente empregada para inúmeros propósitos (Bauer, 2014).

Durante o final do século XIX e os primeiros anos do século XX, ocorreu um notável processo de especialização nas indústrias cerâmicas, resultando em uma distinção clara entre olarias, que se dedicavam principalmente à fabricação de tijolos e telhas, e as “cerâmicas”, que direcionaram seus esforços para produção de artigos mais refinados, como manilhas, tubos, azulejos, louças, potes, talhas e outros produtos de maior complexidade (SEBRAE, 2008).

No cenário contemporâneo, a indústria cerâmica exibe uma notável diversificação, segmentando-se de maneira abrangente em diversas áreas. Estas compreendem: cerâmica vermelha, componentes para revestimento, materiais refratários, utensílios sanitários, isoladores elétricos de porcelana, utensílios de mesa, cerâmica de cunho artístico (com enfoque decorativo e utilitário), filtros cerâmicos destinados à purificação de água residencial, cerâmica de uso técnico e isolantes térmicos. O Brasil, de maneira abrangente, engloba esses diversos segmentos, exibindo variações em termos de níveis de desenvolvimento e capacidade produtiva (ANICER, 2023).

### 2.1 INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA NO BRASIL

No Brasil, a produção cerâmica encontra suas raízes na herança cultural dos povos indígenas. Evidências provenientes de pesquisas arqueológicas apontam para existência de uma cerâmica rudimentar, datada há aproximadamente 5.000 anos na região da Ilha de Marajó. Esses indígenas conseguiram desenvolver artefatos cerâmicos de notável valor, que parecem indicar uma evolução além das

fases iniciais observadas durante as eras primárias da Idade da Pedra e do Bronze (Cruz, 2012).

Dessa maneira, é importante entender que o domínio sobre a cerâmica não foi trazido ao Brasil pela colonização portuguesa, e nem sequer foi incorporada através da influência dos escravos. Os povos indígenas aborígenes já haviam estabelecido profundamente a prática da cerâmica muito antes da chegada de Cabral ao território. Consequentemente, quando os colonizadores portugueses estabeleceram as primeiras olarias, não introduziram nenhuma inovação, mas sim organizaram e centralizaram o uso da força de trabalho que já existia (ANFACER, 2023).

O Brasil destaca-se no cenário global por sua notável competitividade, apoiada em um setor tecnológico avançado, uma indústria diversificada e contemporânea, além de um segmento agropecuário altamente produtivo e competitivo, possui também um sistema de serviços altamente qualificado e engaja-se em transações comerciais com praticamente todas as nações do mundo (ANFACER, 2023).

Devido à abundância de matérias-primas naturais, à adoção de fontes alternativas de energia e à integração de tecnologias eficientes nos equipamentos industriais, o setor cerâmico brasileiro passou por um notável progresso. Como consequência, diversos produtos dos mais variados segmentos cerâmicos atingiram padrões de qualidade reconhecidos em âmbito internacional, impulsionando significativamente as exportações desses itens (ABCERAM, 2023).

De acordo com a ABCERAM (2023), no Brasil estima-se que existam mais de 6000 indústrias cerâmicas e olarias, predominantemente caracterizadas como micro, pequenas e médias empresas, atuando em diferentes níveis tecnológicos. Segundo a ANICER (2023), a indústria de cerâmica é responsável pela geração de 293 mil empregos diretos, 900 mil indiretos e um faturamento anual de R\$ 18 bilhões.

A história da indústria cerâmica vermelha no Brasil é marcada por um crescimento constante, adaptação às mudanças tecnológicas e regulamentações, além de compromisso com a qualidade e sustentabilidade. Ela desempenhou e

continua desempenhar um papel crucial no desenvolvimento urbano e na construção civil do país.

## 2.2 A MATÉRIA-PRIMA ARGILA

Argila é um material natural de textura fina e terrosa, que adquire certa plasticidade ao ser umedecida. As argilas são compostas por argilominerais, que consistem em silicatos hidratados de alumínio e ferro, além de conterem uma proporção de elementos alcalinos e alcalino-terrosos. Além dos argilominerais, as argilas também contêm matéria orgânica, sais solúveis e diversas partículas de minerais residuais, como pirita, mica, calcita, quartzo, dolomita e outros materiais residuais (Santos, 1989).

De acordo com Petrucci (1987), para serem empregadas na indústria cerâmica, as argilas devem exibir características tanto essenciais quanto secundárias. As características essenciais englobam a plasticidade, a habilidade de absorver e liberar água e o comportamento frente ao calor, incluindo a variação de volume durante a secagem e a queima. Por outro lado, as características secundárias compreendem a fusibilidade, porosidade e coloração.

Nas argilas, é comum se observar fragmentos provenientes de rochas originais, assim como minerais e rochas que se misturam durante o transporte e o processo de sedimentação. Com frequência, essas argilas passam por transformações devido às mudanças de temperatura e pressão durante sua consolidação. Com resultado da interação diversificada desses elementos, surge uma ampla gama de argilas, apresentando diversas características como coloração, plasticidade, composição química e outras (Petrucci, 1987).

Em razão da ampla diversidade de rochas ígneas existente, uma variedade igualmente extensa de argilominerais também se manifesta. Conseqüentemente, não se encontram duas jazidas de argila completamente idênticas, podendo surgir diferenças notáveis mesmo dentro de uma mesma reserva (Bauer, 2014).

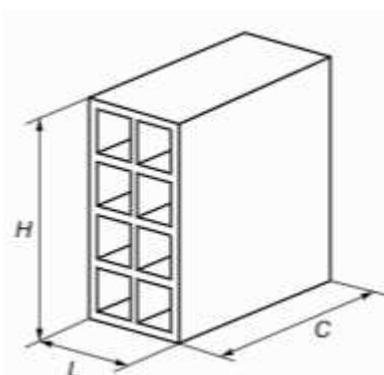
### 2.3 BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO

Os blocos cerâmicos de vedação representam um componente fundamental na construção civil, desempenhando um papel crucial na criação de estruturas sólidas e duráveis. Comumente utilizados em projetos residenciais, comerciais e industriais, os blocos cerâmicos de vedação possuem características distintivas que os tornam extremamente vantajosos no cenário da construção. Sua natureza porosa e absorvente permite uma excelente regulação térmica e acústica, contribuindo para ambientes mais confortáveis e energeticamente eficientes.

Segundo Bauer (2014), o bloco cerâmico conhecido, é produzido a partir de argila em um processo industrial bem definido. A matéria-prima passa por etapas de preparação utilizando equipamentos como desagregadores, homogeneizadores e laminadores, utilizando uma argila de qualidade superior à empregada na produção de tijolos convencionais. Os blocos são moldados por meio de extrusoras saindo da boquilha em fileiras contínuas, e então são cortados nos comprimentos desejados.

De acordo com as normas técnicas NBR 15270-1:2017 e NBR 15270-2:2017, o bloco de vedação é um elemento de alvenaria que não exerce função estrutural e que apresenta furos ou vazados prismáticos perpendiculares às suas faces, conforme ilustração da Figura 1. Além dessas características, é estipulada uma espessura mínima de 7 mm para as paredes externas do bloco. A soma das espessuras mínimas das paredes, considerando tanto as internas quanto as externas em um mesmo corte transversal, deve ser de pelo menos 20 mm. É também, determinado que o índice de absorção d'água esteja na faixa de 8% a 25% e que a resistência mínima à compressão ( $f_b$ ) seja igual a 1,5 MPa.

Figura 1 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal.



Fonte: NBR 15270-1:2017.

Os blocos devem atender aos requisitos da norma de desempenho para alvenarias, a NBR 15575:2021. A execução da alvenaria deve ser conduzida de modo a garantir, sob as condições de uso e ambiente estabelecidas em projeto, a segurança, estabilidade e plenas funcionalidades. Os principais critérios para os blocos incluem: resistência à compressão conforme o projeto, dimensões adequadas para a construção da alvenaria, níveis de permeabilidade adequados de acordo com a exposição da alvenaria, variação volumétrica em resposta à variação de temperatura e umidade, compatível com as condições de exposição da alvenaria, bem como superfície e distribuição de poros que se alinhem com a argamassa utilizada para o assentamento da alvenaria.

### **2.3.1 A NBR 15270:2017**

A indústria cerâmica desempenha um papel de extrema relevância em uma ampla gama de aplicações, abrangendo desde a construção civil até a fabricação de dispositivos eletrônicos e também sendo empregada nas indústrias automobilísticas, química e metalúrgica. Com o progresso tecnológico e a crescente diversificação das demandas dos mercados, torna-se imprescindível estabelecer diretrizes e critérios que assegurem a excelência e a confiabilidade dos componentes cerâmicos, ao mesmo tempo que atendam rigorosamente aos requisitos técnicos e de segurança.

A NBR 15270:2017 – Componentes Cerâmico – Blocos e tijolos para alvenaria, desempenha um papel essencial ao estabelecer padrões e garantir a

excelência dos produtos cerâmicos empregados em diversos setores industriais. Desenvolvida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), essa norma estabelece diretrizes e requisitos técnicos para fabricação, especificação e utilização de componentes cerâmicos, com o objetivo de assegurar sua segurança, desempenho e longevidade. Ao seguir tais diretrizes, os fabricantes podem atestar a qualidade dos produtos, oferecendo maior confiança aos usuários e promovendo o aprimoramento contínuo desse importante segmento industrial. Essa norma é dividida nas seguintes partes:

- NBR 15270-1:2017 – Requisitos. Aborda especificações e requisitos para blocos cerâmicos de vedação e estruturais, incluindo definições, classificações, e características dimensionais.
- NBR 15270-2: 2017 – Métodos de ensaios. Aborda a metodologia de condução dos testes destinados a avaliar as características geométricas, físicas e mecânicas, com propósito de assegurar a excelência e conformidade desses itens.

De acordo com a norma NBR 15270-1:2017, é necessário um acordo prévio entre o fornecedor e o comprador dos produtos para determinar o local das inspeções dos blocos e tijolos. Além disso, o lote de fabricação deve ser composto por um máximo de 250.000 blocos ou tijolos, todos do mesmo tipo, qualidade e marca e fabricados nas mesmas condições. É permitido dividir o lote de fabricação em lotes de fornecimento, cada um contendo até 100.000 blocos ou tijolos ou fração.

Para conduzir a inspeção geral, é necessário que as amostras devem ser constituídas de 13 corpos de prova, utilizando o método de amostragem simples para verificar a identificação do produto e a técnica de dupla amostragem para avaliar suas características visuais. Além do mais, é aconselhável que a inspeção por meio de testes seja conduzida após a aprovação do lote na inspeção geral, visando otimizar a eficiência do processo. Vale ressaltar, também, que a falta de identificação em qualquer corpo de prova é o bastante para o lote ser rejeitado.

Na Tabela 1 estão dispostos os critérios para aceitação e rejeição dos blocos cerâmicos devido as características visuais.

Tabela 1 - Aceitação e rejeição dos blocos cerâmicos para características visuais.

Número de blocos constituintes		Unidades não conformes			
		1ª amostragem		2ª amostragem	
1ª amostragem	2ª amostragem	Nº para aceitação	Nº para rejeição	Nº para aceitação	Nº para rejeição
13	13	2	5	6	7

Fonte: NBR 15270-1:2017.

Como é mostrado na Tabela 1, a fim de garantir a aprovação do lote durante a primeira avaliação, é necessário que o número de unidades não conformes seja limitado a um máximo de 2. Por outro lado, para que o lote seja considerado insatisfatório, é requerido que haja 5 ou mais unidades não conformes. Se o número de unidades não conformes estiver entre 2 e 5, a verificação deve ser repetida usando as unidades da segunda amostragem. Portanto, para aceitação do lote na segunda avaliação, a soma das unidades não conformes nas duas amostragens não deve exceder 6. Caso contrário, o lote será rejeitado definitivamente.

Ao realizar a inspeção através de ensaio, é recomendado empregar a técnica de amostragem simples. No que diz respeito ao ensaio para determinar as características geométricas, tais como largura, altura, comprimento, espessura das paredes externas e septos, planeza das faces e desvio em relação ao esquadro, bem como para o ensaio de resistência à compressão, é necessário coletar amostras compostas por 13 corpos de prova. No entanto, no caso do ensaio para determinar o índice de absorção d'água, a amostra deve consistir de seis corpos de prova. Importante mencionar que os ensaios de absorção d'água e resistência à compressão devem ser realizados somente após a aprovação das características geométricas.

De acordo com a NBR 15270-1:2017, a decisão de aceitar ou rejeitar um lote com base em suas propriedades geométricas ou resistência mecânica deve ser guiada pela Tabela 2. Por outro lado, para avaliar o índice de absorção de água, é necessário observar as referências contidas na Tabela 3.

Tabela 2 – Aceitação e rejeição para ensaios de características geométricas e resistência mecânica dos blocos cerâmicos.

<b>Número de blocos constituintes</b>	<b>Unidades não conformes</b>	
	<b>Número para aceitação dos lotes</b>	<b>Número para rejeição do lote</b>
<b>Amostragem simples</b>		
13	2	3

NOTA: Esta tabela é aplicável individualmente a cada requisito (dimensão efetiva, planeza das faces, desvio em relação ao esquadro e espessura das paredes externas e septos)

Fonte: NBR 15270-1:2017.

Tabela 3 - Aceitação e rejeição para ensaio de índice de absorção d'água para blocos cerâmicos.

<b>Número de blocos constituintes</b>	<b>Unidades não conformes</b>	
	<b>Número para aceitação do lote</b>	<b>Número para rejeição do lote</b>
<b>Amostragem simples</b>		
6	1	2

Fonte: NBR 15270-1:2017.

## 2.4 PROCESSO PRODUTIVO DOS MATERIAIS CERÂMICOS

A produção de produtos cerâmicos engloba diversas etapas, começando pela extração do barro e seu pré-tratamento, avançando pela homogeneização, modelagem e secagem do material até sua queima (Petrucci, 1987).

No que se refere à fabricação de blocos cerâmicos na área da indústria de cerâmica vermelha, o processo é composto por múltiplas fases. O fluxograma mostrado na Figura 2 representa estas etapas, que vão desde a preparação da matéria-prima até o resfriamento dos blocos.

Figura 2 - Fluxograma do processo de produção dos blocos cerâmicos.



Fonte: Autora.

#### 2.4.1 Extração da matéria-prima

De acordo com Bauer (2014), cada categoria de cerâmica exige uma composição específica de argila. Portanto, como primeiro passo crucial, é essencial selecionar cuidadosamente o tipo de argila a ser utilizado. O conteúdo de argila, a distribuição granulométrica, a profundidade da fonte, a umidade e vários outros elementos desempenham um papel significativo no resultado final a ser alcançado. É exatamente essa abordagem que contribui para a ampla diversidade de produtos cerâmicos disponíveis no mercado.

É crucial examinar a qualidade do barro, a fim de detectar elementos como um excesso de carbonato de cálcio ou compostos sulfurosos, que podem resultar em cerâmica altamente suscetível a fissuras. No caso de contaminação por impurezas, como restos orgânicos, como raízes em decomposição, a cerâmica tende a apresentar uma porosidade elevada. Quando há um teor excessivo de cal, existe o risco de que essa cal reaja quando exposta à umidade, resultando em rachaduras ou mesmo danos à superfície ou à estrutura cerâmica (Bauer, 2014).

A relevância da escolha do tipo de argila é tão significativa que frequentemente as empresas optam por fontes de argila que estão distantes das

instalações das fábricas. Essas instalações são posicionadas em áreas ricas em recursos de energia, transporte e força de trabalho.

Para Petrucci (1987), durante a extração de uma jazida, é de extrema importância gerenciar principalmente a colocação dos escombros e o escoamento das águas. As escavações de uma jazida podem ser conduzidas de duas maneiras:

1) Escavação por sangas: Nesse contexto, busca-se reorganizar a disposição natural dos elementos, onde a argila é posicionada acima do material sem valor.

2) Escavação por rampas: Quando a topografia do terreno permite. Ao optar por escavação por meio de rampas, há uma significativa vantagem na drenagem das águas e na remoção eficiente dos detritos.

#### **2.4.2 Preparação da matéria-prima**

Durante a etapa de preparação da matéria-prima, empresas que dispõem de espaço costumam armazenar a argila ao ar livre, um procedimento conhecido como sazonalidade. A prática do sazonalidade das argilas tem sido utilizada desde tempos antigos e exerce um impacto positivo em seu tratamento. O processo de intemperismo, resultante da exposição às condições climáticas (sol e chuva), alivia as tensões nas peças moldadas, contribui para a plasticidade e trabalhabilidade da argila, bem como para a uniformização e distribuição da umidade na massa. Além disso, promove a eliminação de sais solúveis, a decomposição de matéria orgânica por meio de fermentação e oxidação. Essa prática também impede a expansão das peças imediatamente após a moldagem, prevenindo deformações, trincas e rupturas durante o processo de secagem, bem como a formação de gases indesejados durante a queima (Alves, 2016).

Após o período de sazonalidade, a matéria-prima é encaminhada para um estágio de mistura e laminação. A prática de misturar duas ou mais variedades de argila é amplamente empregada. Essa mescla tem como objetivo corrigir deficiências que possam estar presentes na argila principal, de acordo com o tipo e as características do produto cerâmico a ser fabricado. A etapa de laminação desempenha um papel essencial ao triturar aglomerados e partículas, ajustando

as dimensões da argila para que se adequem ao processo de conformação da peça (Kazmierczak, 2010 *apud* Jesus, 2023).

A excelência do produto está intrinsecamente conectada ao refinamento do processamento da composição da massa. Quanto mais meticulosamente a massa cerâmica é preparada, maior será a qualidade do produto final e mais eficiência produtiva será alcançada.

### **2.4.3 Moldagem**

A extrusão ou moldagem é o procedimento pelo qual se confere forma a um item cerâmico mediante a compressão de uma massa plástica dentro de uma câmara de alta pressão equipada com um sistema de desaeração (vácuo), em oposição a um molde (boquilha) com a geometria desejada. Um pré-requisito fundamental para assegurar êxito nesse processo é assegurar que o material a ser conformado exiba a menor variação possível, tanto em relação à plasticidade, quanto à preparação granulométrica e ao nível de umidade (Andrade, 2009).

Para Petrucci (1987), essa etapa do processo de produção de itens cerâmicos está intrinsecamente vinculada ao teor de umidade presente na pasta de argila. Quanto mais elevada a proporção de água, maior a plasticidade e, portanto, a facilidade de moldagem, o que pode resultar em economia de energia. Entretanto, isso traz consigo uma implicação inevitável: durante a secagem, ocorrerá uma contração e, no processo de cozimento, possíveis deformações, além de um aumento no consumo de combustível.

A técnica da extrusão tem sido empregada no processamento de itens cerâmicos há mais de um século e meio, com modificações mínimas desde a década de 1950. No entanto, esse método de conformação industrial continua a desempenhar um papel fundamental nas indústrias cerâmicas que trabalham com argila vermelha, como na produção de telhas e blocos. Essa abordagem de produção está fortemente associada a uma eficiência notável, especialmente para a fabricação de produtos com seção transversal uniforme, como blocos. Além disso, ela desempenha um papel crucial na homogeneização do material e na eliminação do ar da massa, contribuindo significativamente para a qualidade do produto final (Alves, 2016).

#### 2.4.4 Secagem

A fase de secagem é uma etapa de extrema sensibilidade e complexidade no ciclo de produção de cerâmica vermelha. Nesse estágio, frequentemente surgem falhas de secagem nas peças, que só se tornam visíveis após a fase de queima. O propósito subjacente à secagem é remover a água empregada no processo de conformação, vital para alcançar a textura moldável da massa (Vieira *et al.*, 2003).

A etapa de secagem é equiparada em importância ao próprio processo de cozimento, uma vez que, mesmo após a conformação, permanece uma porcentagem considerável de água, variando entre 5% a 35%. Caso a argila seja submetida ao forno com teor de umidade ainda elevado, a água interna não terá oportunidade de escapar da crosta externa, resultando em tensões internas que, por sua vez, desencadeiam o aparecimento de fissuras. É por esse motivo que a secagem preliminar, conduzida de forma controlada, se torna uma etapa de extrema relevância. A uniformidade na secagem é crucial para evitar deformações nas peças, mas é necessário também considerar a viabilidade da produção, evitando que a secagem excessivamente prolongada torne o processo inviável (Bauer, 2014).

As indústrias de cerâmica vermelha empregam dois métodos de secagem distintos: a natural e a artificial. No processo de secagem natural, o material úmido é submetido ao ambiente atmosférico, fazendo uso da ventilação e das condições térmicas circundantes, em que o calor necessário para a desumidificação é fornecido pelo próprio ar. Durante essa abordagem, os produtos cerâmicos são colocados ao ar livre ou em espaços como galpões, onde a secagem ocorre gradualmente. Normalmente, sem a interferência da remoção forçada de ar, a desumidificação completa dos produtos leva de 7 a 15 dias, dependendo da umidade do material e das condições ambientais do local de secagem. É importante destacar que, em situações de excessiva aridez atmosférica, pode ocorrer uma discrepância na taxa de secagem entre a superfície e o interior das peças, resultando em imperfeições como fissuras, fraturas e deformações (Alves, 2016).

Por outro lado, a secagem ocorrida em ambientes confinados, também conhecida como secagem artificial, é realizada por meio do controle das temperaturas, seja mediante a introdução de ar pré-aquecido do lado externo ou por meio de fontes internas de aquecimento. Neste cenário, o calor utilizado para promover a secagem é responsável não apenas pela conversão da umidade em vapor, mas também pela compensação das perdas ocasionadas por vazamentos de ar quente e pelas quantidades acumuladas de energia presentes no ar, quando ele deixa o secador em uma temperatura superior à do ambiente circundante (Alves, 2016).

O Quadro 1 ilustra de forma abrangente as principais vantagens e desvantagens tanto da secagem natural quanto da secagem artificial.

Quadro 1 - Principais vantagens e desvantagens dos tipos de secagem.

<b>Tipos de secagem</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Natural</b>	Menos custo de geração de calor; Favorece os locais em que as condições climáticas são mais favoráveis.	Tempo elevado de secagem; Baixa produção; Dependência do fator climático; Pode-se afetar a qualidade das peças (trincas, deformações de homogeneidade de secagem) caso o processo não seja controlado.
<b>Artificial</b>	Menor tempo de secagem; Maior produtividade; Redução de perdas; Melhoria da qualidade das peças.	Custo com geração de calor; Requer mais conhecimento técnico do operador; Exige equipamento e controles, como termômetros e higrômetros.

Fonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente (2013) *apud* Alves (2016).

#### **2.4.5 Queima**

O cozimento ou queima é possivelmente uma das fases mais cruciais na produção de materiais cerâmicos. Durante o processo de cozedura, ocorrem uma variedade de reações químicas, algumas das quais são instantâneas, enquanto outras demandam tempo. Algumas precisam ser completadas, outras devem ser evitadas; umas devem ocorrer no início do processo, enquanto outras no final.

Disso resulta que o problema é complexo, sendo influenciado não apenas pela temperatura alcançada, mas também pela taxa de aquecimento e arrefecimento, pelas características do ambiente atmosférico, pelo tipo de forno e pelo combustível utilizado, entre outros fatores (Bauer, 2014).

Conforme descrito por Petrucci (1987), a fase de queima dos produtos cerâmicos estende-se ao longo de três a quatro dias e essa operação pode ser segmentada em três períodos distintos:

1) Desidratação: O processo envolve a evaporação da água presente nos poros, acompanhada da queima parcial da matéria carbonosa. A eficácia da remoção dessas substâncias está relacionada à quantidade de água, à porosidade e à textura da argila. Um aumento de temperatura rápido frequentemente resulta em imperfeições no material. Esse estágio é concluído quando a temperatura atinge aproximadamente 700°C.

2) Oxidação: Este estágio ocorre aproximadamente a 900°C, quando todo material combustível é consumido, levando à eliminação do carvão e enxofre, além da oxidação do óxido ferroso para o estado férrico.

3) Vitrificação: Refere-se ao processo de encolhimento e selagem dos poros da argila durante a fase de queima. Embora esse fenômeno não seja observado em tijolos convencionais, a temperatura é gradualmente elevada até atingir o estágio inicial de vitrificação, que ocorre em torno de 1200°C.

No processo de cozedura, observa-se uma constante mutação na tonalidade da argila, que evolui à medida que a temperatura aumenta. A coloração inicial adquire uma tonalidade rosada e, em seguida, transita para tons mais escuros, variando entre os matizes do marrom até atingir o preto quando sujeita a temperaturas elevadas. A coloração dos produtos cerâmicos frequentemente é um atributo requisitado pelo mercado, uma demanda que exige do produtor uma atenção minuciosa tanto à composição da argila, especialmente à concentração de óxidos de ferro, quanto ao processo de cozedura. Esses fatores conjuntos determinam a obtenção da cor desejada, assim como das características físicas e mecânicas esperadas para a peça cerâmica (Kazmierczak, 2010 *apud* Jesus, 2023).

#### 2.4.5.1 Tipos de fornos

Diversos tipos de fornos são empregados, categorizados como intermitentes e contínuos. Na primeira categoria, o calor é gerado externamente aos fornos e percorre o interior, passando pelas pilhas de material cerâmico até alcançar a chaminé. Isso resulta em um cozimento desigual dos materiais, levando à rejeição de algumas peças devido a não ser cozido uniformemente. Os fornos contínuos, por sua vez, são construídos essencialmente como séries de câmaras, de maneira que enquanto uma câmara está em processo de queima, os gases resultantes da combustão perpassam por todas as demais antes de atingirem a chaminé. Esse arranjo permite um pré-aquecimento efetivo, resultando em economia de combustível significativa (Petrucci, 1987).

Os fornos mais utilizados de acordo com Bauer (2014) são:

a) Fornos de Meda: Estes são fornos intermitentes de natureza notavelmente rústica, caracterizados por uma chama ascendente. São empregados principalmente em configurações temporárias, onde a presença de um forno convencional é ausente. Os tijolos são organizados em uma configuração que lembra uma pirâmide truncada. Embora esta abordagem seja bastante rudimentar, ela não oferece meios adequados para o monitoramento do controle de qualidade nem do estado de combustão, resultando em um processo limitado em termos de eficiência e precisão.

b) Forno intermitente comum: Esta é a variante mais prevalente nas pequenas olarias localizadas no Rio Grande do Sul, devido à sua construção descomplicada e econômica. Geralmente, possui uma configuração retangular ou quadrada.

c) Forno semicontínuo: Este tipo de forno envolve a disposição contígua de dois ou mais fornos intermitentes. Enquanto um forno está em processo de queima, o outro está em fase de resfriamento, enquanto o seguinte é carregado e descarregado, e por fim, o último realiza o processo de secagem. Esse arranjo permite que o calor emitido por um forno seja aproveitado pelos outros, resultando em uma maior eficiência energética e melhor rendimento do combustível.

d) Forno de Hoffmann: Um forno do tipo contínuo, o qual emprega o ar quente proveniente das câmaras em processo de queima para iniciar o pré-aquecimento das câmaras subsequentes, permitindo assim um fluxo de produção ininterrupto. Nesse método, a queima do material é realizada com notável uniformidade e consistência.

e) Forno de túnel: É um forno contínuo bastante superior aos anteriores. Caracteriza-se por uma eficiência térmica aprimorada e uma abordagem econômica em relação à mão de obra. Este forno consiste em um túnel longo, onde a queima ocorre no centro. Os produtos são inseridos em uma das extremidades, utilizando vagonetas. A sequência começa com um estágio de pré-aquecimento dos materiais, seguido pela passagem pela zona de combustão, culminando com o arrefecimento gradual à medida que os produtos saem do túnel.

#### **2.4.6 Resfriamento**

Após a fase de queima, o produto é mantido dentro do forno para permitir um resfriamento gradual. Isso é essencial, pois uma queda abrupta na temperatura poderia ocasionar deformações e rachaduras. Portanto, é imperativo implementar um processo de resfriamento controlado, com uma redução de temperatura de forma contínua (Medeiros, 2009).

#### **2.4.7 Armazenamento**

De acordo com Medeiros (2009), os produtos finais são armazenados em um espaço coberto, onde permanecem até serem vendidos. Algumas empresas estão atualmente optando por adotar um método de embalagem utilizando materiais plásticos e acomodação em paletes, o que simplifica o processo de carregamento e transporte desses produtos. Além disso, inspeções regulares são realizadas para identificar possíveis danos ou problemas que possam comprometer a qualidade dos blocos. Ao adotar práticas de armazenamento eficazes, como a rotação de estoque e um registro detalhado, assegura-se que os blocos cerâmicos permaneçam em ótimas condições até o momento de sua utilização.

### 3 METODOLOGIA

Esse estudo foi conduzido utilizando uma abordagem de pesquisa experimental, com base em um conjunto estruturado de etapas ilustradas na Figura 3. Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica abrangente sobre blocos cerâmicos de vedação, com foco especial no processo de produção e nos métodos de secagem empregados nas olarias. Além disso, foram analisadas as normas técnicas que regem os padrões dos blocos cerâmicos, nomeadamente a NBR 15270-1:2017 e a NBR 15270-2:2017. Para completar a pesquisa, efetuou-se uma visita técnica à empresa, com o propósito de coletar informações relevantes e obter amostras que seriam posteriormente utilizadas na condução dos experimentos.

Figura 3 - Delineamento de pesquisa.



Fonte: Autora.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA PESQUISA

##### 3.1.1 Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica foi conduzida através da exploração de uma variedade de fontes, englobando livros, artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses, informações de websites e normas técnicas. Com isso, foi

possível obter conhecimento sobre o assunto estudado, compreendendo melhor cada etapa do processo produtivo dos componentes cerâmicos e os fatores determinantes que influenciam a não conformidade conforme os preceitos normativos estabelecidos.

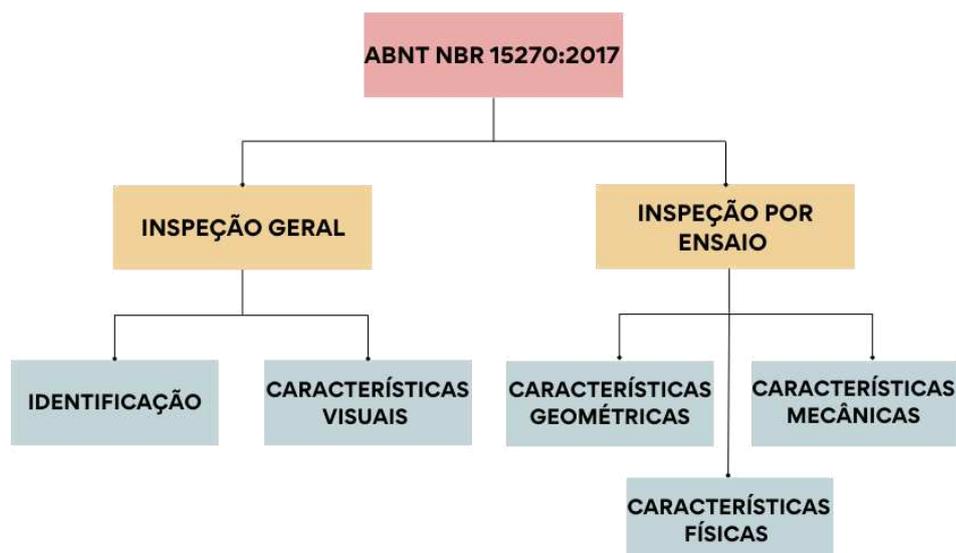
### **3.1.2 Visita Técnica**

Uma visita técnica foi efetuada nas instalações da empresa em foco, com o intuito de adquirir um conhecimento aprofundado acerca do processo produtivo dos blocos cerâmicos, além de analisar detalhadamente os métodos de secagem empregados pela empresa.

### **3.1.3 Ensaios de avaliação de desempenho**

Os ensaios foram conduzidos em conformidade com as diretrizes estabelecidas na NBR 15270:2017, visando avaliar a conformidade dos blocos por meio de uma abordagem que engloba tanto a inspeção visual geral quanto ensaios em laboratório. A inspeção geral, mediante identificação e análise de características visuais, complementando-se à inspeção por ensaio, que se concentra na avaliação das propriedades geométricas, físicas e mecânicas dos blocos, conforme descrito na Figura 4.

Figura 4 - Etapas da avaliação de desempenho dos blocos cerâmicos.



Fonte: Autora.

## 3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

### 3.2.1 Blocos Cerâmicos de Vedação

Os blocos empregados foram extraídos das amostras coletadas na fábrica de uma empresa que produz blocos cerâmicos na região do recôncavo da Bahia. A coleta das amostras seguiu as diretrizes da NBR 15270:1-2017, totalizando 26 unidades de blocos cerâmicos, sendo 13 unidades submetidas a secagem artificial e outras 13 a secagem natural. Importante destacar que a seleção das amostras ocorreu de maneira aleatória.

Após a coleta, as amostras de blocos cerâmicos foram enviadas ao Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. Nesse local, elas passaram por identificação, limpeza e remoção de rebarbas. Posteriormente, foram cuidadosamente guardadas em um ambiente protegido, garantindo a preservação de suas propriedades originais, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Amostras limpas, identificadas e armazenadas dos blocos cerâmicos.



Fonte: Autora.

### 3.2.2 Água Destilada

Utilizou-se água destilada, obtida através do destilador disponível no Laboratório da UFRB, no processo de produção da pasta de cimento. Essa pasta foi empregada no capeamento dos blocos, preparando-os para o ensaio de resistência à compressão.

### 3.2.3 Cimento

Para a composição da pasta de cimento, optou-se pelo CP V - ARI, conforme recomendado na NBR 15270-2:2017. Essa escolha baseou-se na sua capacidade de conferir à pasta uma resistência que ultrapassa 70% da resistência dos próprios blocos.

## 3.3 MÉTODOS

### 3.3.1 Inspeção Geral

Para a realização da inspeção geral, foram seguidas as diretrizes estipuladas na NBR 15270-1:2017, adotando a metodologia de amostragem simples para a identificação e análise das características visuais.

### **3.3.2 Identificação**

Conforme estabelecido na NBR 15270-1:2017, é requisitado que os blocos contenham uma marcação em baixo relevo em uma das suas faces externas, contendo a identificação do fabricante e do bloco. Essa marcação deve ser constituída por caracteres com altura mínima de 5 mm, sem causar prejuízos à utilização do bloco, com no mínimo as seguintes informações.

a) Identificação do fabricante:

- CNPJ;
- Razão social ou nome fantasia.

b) Dimensões nominais, em centímetros, na sequência largura (L), altura (H), e comprimento (C), na forma (L x H x C), podendo ser suprimida a inscrição da unidade de medida, em centímetros;

c) Indicação de rastreabilidade: lote ou data de fabricação;

d) Telefone do serviço de atendimento ao cliente ou correio eletrônico ou endereço do fabricante, importador ou revendedor/distribuidor.

### **3.3.3 Características Visuais**

A inspeção visual é conduzida com o propósito de identificar a ausência de defeitos sistemáticos nos blocos, tais como quebras, superfícies irregulares ou deformações que possam comprometer a sua capacidade de desempenhar adequadamente a função para a qual foram designados.

### **3.3.4 Inspeção por ensaio**

A fim de conduzir a avaliação por meio de ensaios, foi adotada amostragem simples, compreendendo 13 blocos de cada variação de secagem. Esta abordagem foi empregada tanto para a determinação das propriedades geométricas como para a análise da resistência à compressão. Quanto à avaliação das características físicas, foram examinados 6 blocos de cada modalidade de secagem.

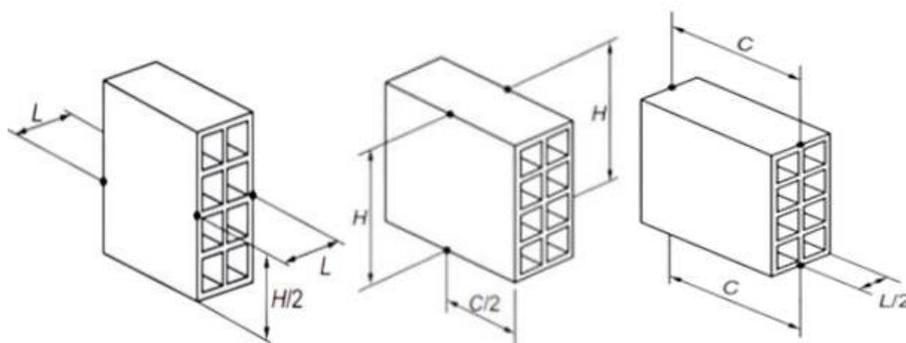
### 3.3.5 Determinação das características geométricas

De acordo com a norma NBR 15270-2:2017, a análise das características geométricas foi executada considerando os blocos dispostos sobre uma superfície plana e indeformável.

#### 3.3.5.1 Determinação das medidas das faces – Dimensões efetivas

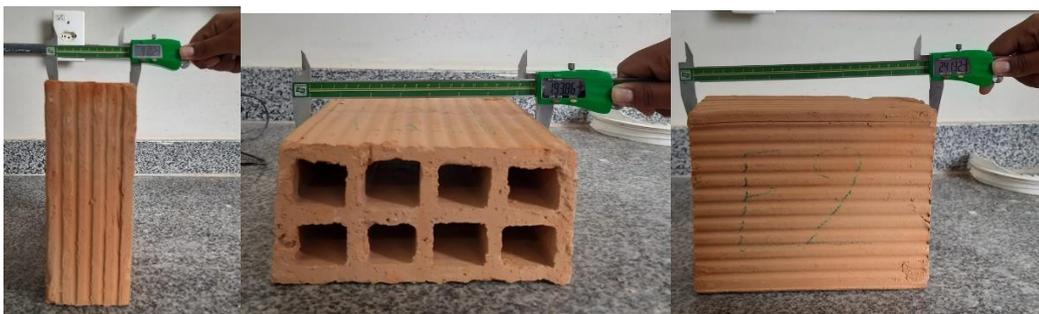
Os blocos foram colocados sobre uma superfície plana e indeformável, com auxílio de um paquímetro foram realizadas as medidas de largura (L), altura (H) e comprimento (C), em mm, nas duas faces, nos pontos indicados, conforme ilustra a Figura 6. Adotou-se o valor da média de cada uma das dimensões consideradas, calculado como a média aritmética dos valores individuais.

Figura 6 - Locais para medição da largura (L), altura (H) e comprimento (C), de acordo com a NBR 15270-2:2017.



Fonte: NBR 15270-2:2017.

Figura 7 – Ilustração da medição da largura (L), altura (H) e comprimento (C) nos blocos cerâmicos estudados.



Fonte: Autora.

### 3.3.5.2 Determinação da espessura das paredes externas e septos dos blocos

A determinação da espessura das paredes externas e septos dos blocos foram realizadas como sugere a NBR 15270-2:2017, sendo medida na região central deles, conforme ilustrado na Figura 8. Foi realizada a medição em todos os septos, adotando o menor valor e a medição da espessura das paredes externas foram realizadas nos pontos onde apresentavam menor espessura, adotando o menor valor.

Figura 8 - Posição esquemática para as medições da espessura das paredes externas e septos.



Fonte: NBR 15270-2:2017.

Figura 9 - Medição da espessura do septo do bloco cerâmico utilizando o paquímetro.

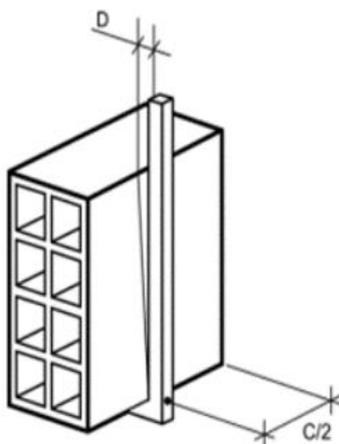


Fonte: Autora.

### 3.3.5.3 Determinação do desvio em relação ao esquadro (D)

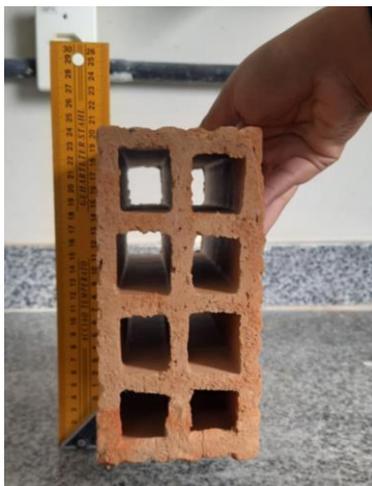
A determinação do desvio em relação ao esquadro (D) foi realizada com o suporte de um esquadro metálico e uma régua metálica, posicionados como mostra a Figura 10. Foi medido o desvio em relação ao esquadro entre uma das superfícies destinadas ao assentamento e a face maior designada para o revestimento do bloco. Duas medições foram realizadas e selecionou-se o desvio correspondente à maior medida para adoção.

Figura 10 - Representação do ponto onde o esquadro deve ser posicionado, para determinação do desvio em relação ao esquadro.



Fonte: NBR 15270-2:2017.

Figura 11 - Determinação do desvio em relação ao esquadro (D) em uma mostra do bloco cerâmico estudado.

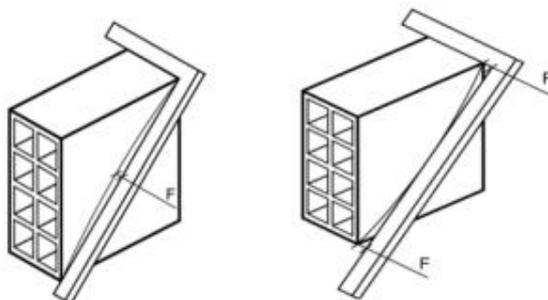


Fonte: Autora.

#### 3.3.5.4 Determinação da planeza das faces (F)

Para realização da determinação das planezas das faces, a NBR 15270-2:2017 sugere o uso de um deflectômetro, porém devido à ausência do equipamento no laboratório da UFRB foram seguidas as orientações da NBR 15270-3:2005 que indica a utilização de um esquadro e de uma régua metálica, conforme mostra a Figura 12. Assim, a flecha resultante na diagonal entre o esquadro e a superfície designada para o revestimento foi medida, sendo realizadas em ambas as faces, e a medida de maior valor foi selecionada para utilização.

Figura 12 - Representação de como posicionar o esquadro para determinar a planeza das faces (P).



Fonte: NBR 15270-3:2005.

Figura 13 - Determinação da planeza das faces (P) em uma mostra do bloco cerâmico estudado.



Fonte: Autora.

### 3.3.6 Determinação das características físicas

De acordo com as diretrizes estabelecidas na NBR 15270-2:2017, as propriedades físicas dos blocos estão relacionadas à sua massa seca ( $m_s$ ) e ao índice de absorção de água (AA). Para a determinação dessas características, empregou-se um conjunto de equipamentos essenciais: uma balança com precisão de até 5 g, uma estufa com capacidade de ajuste de temperatura até  $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$  e um tanque contendo água.

No procedimento de aferição da massa seca, foram selecionados 6 blocos de cada tipo de secagem. Essas amostras escolhidas foram então colocadas na estufa a uma temperatura de  $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$  por um período de 24 horas, garantindo a obtenção da constância de massa. Após a remoção da estufa, os blocos foram pesados imediatamente e novamente após 1 hora, assegurando assim a confirmação da constância de massa.

A Figura 14 ilustra a configuração da estufa utilizada no processo, bem como a disposição dos blocos no seu interior e o processo de pesagem, etapa para a determinação da massa seca.

Figura 14 - Secagem dos blocos cerâmicos e pesagem da massa seca.



Fonte: Autora.

Após a conclusão da etapa de determinação da massa seca, os corpos de prova foram cuidadosamente submersos em um tanque contendo água à temperatura ambiente. Esse tanque foi dimensionado de modo a garantir que os corpos de prova ficassem completamente imersos, mantendo-os nessa condição ao longo de um período de 24 horas, conforme ilustra a Figura 15.

Figura 15 - Blocos em processo de saturação.



Fonte: Autora.

Após o período de 24 horas, os corpos de prova haviam alcançado o estado de saturação. Nesse ponto, foram retirados do meio líquido e, com o auxílio de um pano limpo e úmido, a superfície foi suavemente enxugada, eliminando o excesso de água. Imediatamente após esse processo, os corpos de prova foram submetidos a uma nova pesagem, a fim de determinar sua massa úmida ( $m_u$ ), crucial para o cálculo do índice de absorção de água.

Conforme a norma NBR 15270-1:2017 estabelece que o índice deva situar-se dentro de uma faixa de variação de 8% a 25%. É importante salientar que é permitida apenas uma ocorrência de bloco não conforme dentro do lote, caso contrário, o lote será rejeitado.

O cálculo do índice de absorção de água (AA) para cada corpo de prova é realizado por meio da seguinte Equação 1:

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

Onde:

$$m_u = \text{massa úmida}$$

$$m_s = \text{massa seca}$$

### 3.3.7 Determinação das características mecânicas

Para realizar o ensaio de determinação da resistência à compressão nos blocos foi necessário realizar a regularização das faces dos blocos, conforme ilustra a Figura 16, isso foi alcançado por meio de um capeamento empregando uma mistura cimentícia composta por água destilada e cimento CP V - ARI. Inicialmente, forrou-se as bancadas do laboratório com uma lona previamente untada com desmoldante, proporcionando assim uma superfície apropriada para a aplicação da pasta cimentícia nas faces dos blocos, com uma espessura máxima de 3 mm.

A fim de garantir o nivelamento preciso, utilizou-se um nível e um martelo de borracha para ajustar a acomodação da mistura. Após o nivelamento, aguardou-se um período de 24 horas para permitir que o capeamento endurecesse adequadamente. Em seguida, repetiu-se esse processo nas demais faces dos

blocos, garantindo uma preparação uniforme para a execução do ensaio de compressão.

Uma vez que as camadas de capeamento atingiram a completa solidificação, os corpos de prova foram submersos em um tanque contendo água por um período de 12 horas, conforme ilustra a Figura 17. É relevante observar que a NBR 15270-2:2017 prescreve um tempo mínimo de imersão de 6 horas para os corpos de prova, a fim de assegurar a saturação adequada dos blocos antes do processo de rompimento.

Para avaliar as propriedades mecânicas, procedeu-se com o ensaio de determinação da resistência à compressão, no qual se empregou uma máquina universal de ensaios de 20 toneladas, do laboratório da UFRB, capaz de aplicar a carga de maneira gradual e suave, assegurando a transmissão progressiva da força. Além disso, a leitura das cargas foi realizada com uma precisão de aproximadamente  $\pm 2\%$  da carga necessária para o ponto de ruptura.

Figura 16 - Processo de capeamento das faces dos blocos cerâmicos.



Fonte: Autora.

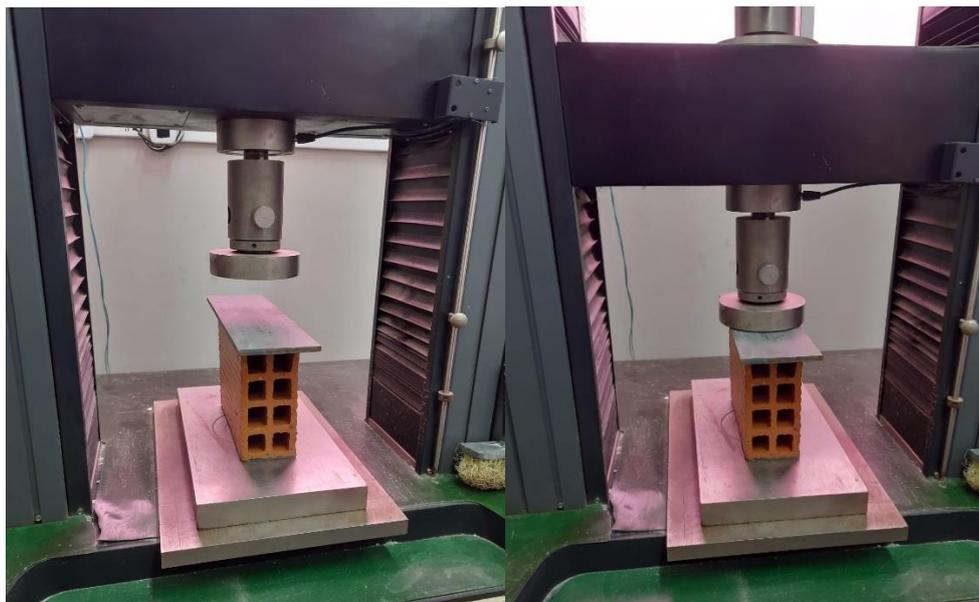
Figura 17 - Blocos cerâmicos submersos em água para atingir saturação.



Fonte: Autora.

De acordo com os parâmetros estabelecidos na NBR 15270-2:2017, os blocos foram submetidos ao ensaio na condição saturada. Individualmente, foram cuidadosamente posicionados na prensa, assegurando que a aplicação da carga fosse na direção do esforço que o bloco deverá suportar em sua utilização prática, conforme ilustra a Figura 18. Para garantir precisão, a carga foi sempre exercida de maneira perpendicular ao comprimento do bloco, na face designada para o assentamento, com uma velocidade que se elevasse progressivamente à razão de  $0,05 \pm 0,01$  MPa/s.

Figura 18 - Bloco na prensa de ensaios para determinar sua resistência à compressão.



Fonte: Autora.

A determinação da resistência à compressão dos blocos envolveu o cálculo médio das áreas superficiais brutas presentes nas duas faces de assentamento de cada corpo de prova, juntamente com a carga máxima aplicada que cada bloco foi capaz de suportar. Essa carga máxima (N), que os corpos de prova resistiram durante o teste realizado na máquina universal, foi posteriormente dividida pela média das áreas brutas ( $\text{mm}^2$ ), resultando no valor representativo da resistência à compressão.

De acordo com a NBR 15270-1: 2017, a resistência individual de cada corpo de prova deve ser de no mínimo o valor de 1,5 MPa, sendo aceito somente até duas unidades não conformes, caso contrário, o lote será rejeitado.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA

A empresa em análise está situada na região do Recôncavo Baiano e opera em um regime de trabalho contínuo de 24 horas, com trocas de turnos. Sua atividade principal consiste na fabricação de blocos cerâmicos, os quais são produzidos a partir de argila extraída de sua própria jazida. Vale ressaltar que a argila passa por um processo de sazonalidade com duração superior a um ano, garantindo sua qualidade e adequação para uso.

No que se refere ao processo de secagem, a empresa emprega tanto a técnica de secagem artificial quanto a secagem natural. Durante a etapa de queima, é adotado o uso do forno do tipo câmara/CEDAN (contínuo), onde os blocos são submetidos a uma temperatura de 950°C. É importante destacar que a capacidade produtiva diária da empresa atinge a marca de 50 mil unidades.

### 4.2 ANÁLISE DE PRODUÇÃO

- **Extração da matéria-prima**

A empresa objeto de estudo detém uma jazida própria destinada à exploração de argila. Após a etapa de extração, é realizada a fase de sazonalidade, na qual a argila é submetida à exposição às condições naturais, como chuva, sol e vento, durante um período controlado.

Figura 19 - Processo de sazonalamento da argila, adotado pela fábrica em estudo.



Fonte: Autora.

- **Preparação da massa cerâmica**

Na fase de preparação da massa cerâmica, a empresa adota um processo de umedecimento do material, guiado pela sua experiência acumulada. Durante esse procedimento, eles avaliam o teor de umidade do material, determinando se está excessivamente seco ou não. Se houver um excesso de umidade, a prática da empresa envolve a incorporação de areia à mistura. Após essa etapa, o material é então transferido para o caixão alimentador, conforme ilustra a Figura 20.

Figura 20 – Caixaão alimentador utilizado na fábrica em estudo.



Fonte: Autora.

- **Extrusão**

Após a etapa anterior, o material segue por dois desintegradores, que visam reduzir os torrões presentes, preparando-o para o próximo estágio. Em seguida, o material é direcionado ao misturador, onde a água é adicionada para formar a massa adequada. Posteriormente, essa massa é conduzida ao laminador. Uma vez concluída a fase de laminação (Figura 21), a massa é conduzida à extrusora equipada com uma câmara de vácuo, na qual assume a forma característica do bloco, conforme demonstrado na Figura 22.

Na sequência, os blocos são cortados com precisão por um fio de arame (Figura 23), de acordo com as dimensões desejadas, e então deslocados por meio de uma esteira rolante para uma remoção manual (Figura 24), pelos operários da fábrica. É importante observar que, durante esse processo de retirada, existe a possibilidade de ocorrerem deformações nos blocos, especialmente se o teor de umidade estiver elevado.

Figura 21 - Fase de laminação da massa.



Fonte: Autora.

Figura 22 - Massa cerâmica aderindo a forma de bloco, seguindo para o corte.



Fonte: Autora.

Figura 23 - Corte do bloco cerâmico, ainda fresco, na dimensão desejada.



Fonte: Autora

Figura 24 – Blocos cerâmicos sendo encaminhados através da esteira rolante, para retirada manual.



Fonte: Autora.

- **Secagem**

No processo de secagem, a empresa emprega dois métodos distintos, conforme ilustrado nas Figuras 25 e 26. A secagem artificial ocorre ao aproveitar o calor proveniente dos fornos e, em média, tem uma duração de três dias, segundo relatos dos operários da fábrica. Por outro lado, a secagem natural é realizada utilizando estufas plásticas, as quais retêm o calor solar, e esse processo estende-se por cerca de sete dias.

Figura 25 – Local destinado ao aproveitamento do calor dos fornos para secagem artificial dos blocos cerâmicos na fábrica estudada.

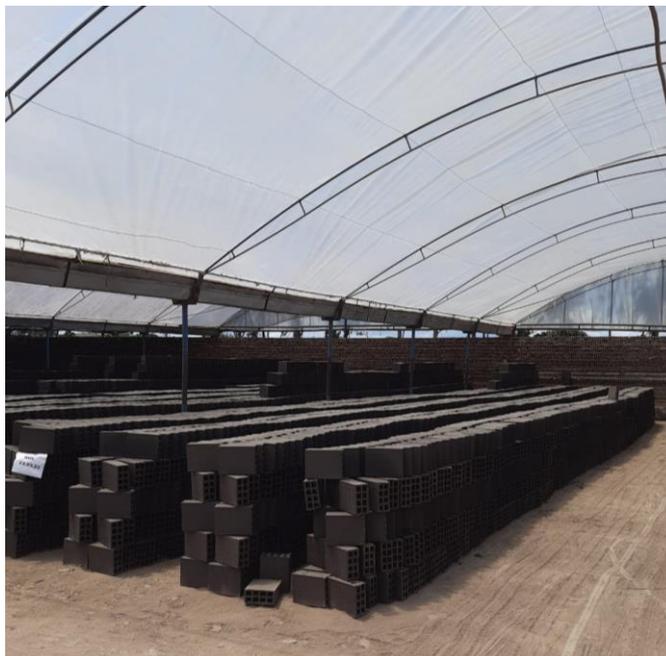


Fonte: Autora.

É relevante salientar que a quantidade de blocos submetidos à secagem natural é superior, devido ao maior espaço disponível nas estufas para esse método. Tal disparidade não se observa nos blocos que passam pelo processo de secagem artificial. Isso se deve ao fato de que, na fábrica objeto deste estudo, a área destinada à secagem artificial é mais reduzida, o que resulta em uma diminuição na quantidade de blocos que podem ser secos por meio desse método de uma só vez.

Além disso, a empresa implementa um controle do período de secagem, efetuando a organização estruturada dos blocos e marcando a data de início do processo de secagem.

Figura 26 - Secagem natural dos blocos cerâmicos na fábrica estudada.



Fonte: Autora.

Sugere-se à empresa a instalação de termômetros nas estufas plásticas para controlar a temperatura no seu interior, visando alcançar uma maior uniformidade no processo de secagem das peças cerâmicas.

- **Queima**

No processo de queima, a empresa emprega um forno contínuo do tipo câmara/CEDAN, como representado na Figura 27. Esse ciclo de queima se estende por até três dias, divididos em três estágios de temperatura, cada um monitorado por meio de termopares, que são dispositivos de sensoriamento de temperatura.

No início do ciclo, é introduzido a lenha como combustível para alcançar uma temperatura de 450°C, mantendo-se nesse patamar por um período de 6 horas. Subsequentemente, uma nova carga de combustível é adicionada para elevar a

temperatura até 650°C, onde permanece por mais 6 horas. Ao final, uma última injeção de combustível é realizada para atingir a temperatura final de 950°C. Nesse ponto, após um período de 6 horas nessa temperatura, a câmara não é mais aquecida e o forno é deixado em repouso por um período médio de 24 a 48 horas antes de ser aberto.

Figura 27 - Forno CEDAN utilizado na fábrica em estudo.



Fonte: Autora.

Figura 28 - Abertura do forno e resfriamento com ventilador.



Fonte: Autora.

Após esse período, a parede dupla feita com blocos cerâmicos, para reduzir o choque térmico, é aberta para iniciar o processo de resfriamento, que é facilitado pela utilização de ventiladores. Esses ventiladores desempenham um papel fundamental ao auxiliar na dissipação do calor, permitindo assim que o resfriamento ocorra de maneira controlada e eficiente, possibilitando a etapa subsequente de desenforma.

### 4.3 INSPEÇÃO GERAL

#### 4.3.1 Identificação

Os corpos de prova em análise não exibiram nenhuma forma de identificação, o que resultou na não conformidade com um dos critérios estabelecidos pela norma. A falta de conformidade com esse critério é motivo suficiente para a rejeição do lote, como aponta a NBR 15270-1:2017, no item 8.1.2.

### **4.3.2 Características visuais**

Conforme estipulado pela norma NBR 15270-1:2017, os blocos não devem apresentar defeitos sistemáticos, como quebras, superfícies irregulares ou deformações que comprometam sua capacidade de desempenhar a função designada.

Os blocos que foram analisados exibiram deformações e irregularidades na superfície externa, possivelmente originadas do método manual de retirada após o corte, realizado antes do encaminhamento para o processo de secagem. Além disso, foram observadas leves fissuras nas faces e nos septos, assim como imperfeições nos frisos, as quais podem ter surgido devido ao desgaste do molde. Também, foi constatada a ocorrência de quebras na superfície de assentamento dos blocos, conforme ilustrado na Figura 29.

Tanto o lote submetido ao método de secagem artificial quanto aquele submetido ao processo de secagem natural foram aprovados na análise, uma vez que continham menos de seis unidades não conformes.

Figura 29 - Defeitos encontrados nas amostras dos blocos cerâmicos estudados.



Fonte: Autora.

#### 4.4 INSPEÇÃO POR ENSAIO

##### 4.4.1 Características geométricas

A Tabela 4 apresenta os resultados das dimensões efetivas dos corpos de prova analisados. Os valores destacados com um asterisco (\*) correspondem àqueles que não atenderam à dimensão nominal de 90 x 190 x 240 mm e não se enquadraram nas tolerâncias individuais de  $\pm 5$  mm e na tolerância média de  $\pm 3$  mm, conforme estipulado pela NBR 15270-1:2017. Conseqüentemente, tanto o lote submetido à secagem artificial quanto o lote que passou pela secagem natural foram considerados não conformes, uma vez que apresentaram mais de duas unidades fora dos padrões estabelecidos.

Tabela 4 - Resultado dos ensaios de dimensões efetivas nos blocos cerâmicos submetidos aos dois tipos de secagem.

DIMENSÕES EFETIVAS (mm)							
SECAGEM ARTIFICIAL				SECAGEM NATURAL			
CP	L (mm)	H (mm)	C (mm)	CP	L (mm)	H (mm)	C (mm)
<b>A1</b>	88,26	192,62	241,31	<b>E1</b>	91,55	192,68	245,88*
<b>A2</b>	89,77	192,71	242,54	<b>E2</b>	91,03	193,77*	239,91
<b>A3</b>	89,84	194,16*	242,87	<b>E3</b>	89,40	192,57	240,85
<b>A4</b>	88,61	193,48*	242,81	<b>E4</b>	89,52	194,04*	241,83
<b>A5</b>	89,16	193,40*	240,43	<b>E5</b>	90,24	192,23	242,14
<b>A6</b>	91,19	191,82	240,20	<b>E6</b>	90,67	192,38	240,55
<b>A7</b>	89,44	193,42*	242,57	<b>E7</b>	90,57	193,44*	239,40
<b>A8</b>	90,62	192,38	240,90	<b>E8</b>	90,41	192,85	238,69
<b>A9</b>	91,73	194,31*	242,61	<b>E9</b>	89,95	193,65*	245,53*
<b>A10</b>	90,23	192,19	240,97	<b>E10</b>	89,12	192,45	244,22*
<b>A11</b>	90,55	192,94	242,09	<b>E11</b>	90,76	191,62	241,62
<b>A12</b>	91,43	195,61*	240,66	<b>E12</b>	91,14	190,96	240,85
<b>A13</b>	89,48	192,52	241,93	<b>E13</b>	90,44	191,77	241,17

Fonte: Autora.

Nos blocos submetidos à secagem artificial, constatou-se que seis unidades não estavam em conformidade com as dimensões exigidas em relação à altura. No caso dos blocos submetidos à secagem natural, quatro unidades não atenderam as dimensões de altura, enquanto outras três unidades não se adequaram às dimensões de comprimento. Essas variações possivelmente podem ser atribuídas a dimensão da boquilha e a irregularidades na regulação do equipamento de corte, levando a desvios nos resultados.

A Tabela 5 apresenta os resultados das medições das espessuras das paredes externas e dos septos nos blocos investigados, abrangendo aqueles submetidos tanto à secagem artificial quanto à secagem natural.

Tabela 5 - Medidas da espessura dos septos e da espessura das paredes externas dos blocos cerâmicos submetidos aos dois diferentes tipos de secagem.

CP	SECAGEM ARTIFICIAL				SECAGEM NATURAL				
	Espes- sura dos septos (mm)	Espes- sura paredes exter- nas (mm)	Espes- sura pa- redes exter- nas (mm)	Soma das trans- ver- sais (mm)	CP	Es- pes- sura dos septos (mm)	Espes- sura paredes exter- nas (mm)	Espes- sura paredes exter- nas (mm)	Soma das trans- ver- sais (mm)
<b>A1</b>	9,71	9,45	9,91	29,07	<b>E1</b>	9,32	9,78	9,85	28,95
<b>A2</b>	9,58	9,79	9,89	29,26	<b>E2</b>	9,18	9,56	9,98	28,72
<b>A3</b>	9,23	9,45	10,54	29,22	<b>E3</b>	9,05	9,46	9,73	28,24
<b>A4</b>	9,27	9,67	9,89	28,33	<b>E4</b>	8,78	8,44	9,45	26,67
<b>A5</b>	9,07	9,38	9,40	27,85	<b>E5</b>	9,25	9,62	10,24	29,11
<b>A6</b>	9,45	9,58	9,73	28,76	<b>E6</b>	9,42	8,67	9,59	27,68
<b>A7</b>	9,52	8,81	9,38	27,71	<b>E7</b>	9,17	8,86	10,78	28,81
<b>A8</b>	9,22	8,19	8,54	25,95	<b>E8</b>	8,92	8,10	8,55	25,57
<b>A9</b>	9,4	8,73	9,28	27,41	<b>E9</b>	9,30	9,29	9,40	27,99
<b>A10</b>	9,88	9,33	10,02	29,23	<b>E10</b>	8,55	10,20	10,60	29,35
<b>A11</b>	9,38	9,27	10,39	29,04	<b>E11</b>	9,38	10,02	10,48	29,88
<b>A12</b>	9,41	9,20	10,38	28,99	<b>E12</b>	9,41	9,39	10,87	29,67
<b>A13</b>	9,35	9,58	10,05	28,98	<b>E13</b>	9,35	9,55	9,58	28,48

Fonte: Autora.

De acordo com a NBR 15270-1:2017, as paredes externas devem possuir uma espessura mínima de 7 mm, com uma tolerância de (-0,5) mm. A norma não estabelece um valor específico para a espessura dos septos, entretanto, exige que a soma mínima das espessuras das paredes em um mesmo corte transversal (sejam elas externas e internas) totalize 20 mm no mínimo.

Ambos os métodos de secagem foram bem-sucedidos em atender aos requisitos de espessura das paredes externas e ao critério mínimo de soma das espessuras no mesmo corte transversal, com todos os lotes aprovados nesses aspectos.

A Tabela 6 apresenta os resultados referentes ao desvio em relação ao esquadro (D) e à planeza das faces (F). De acordo com a norma, a tolerância máxima permitida é de 3 mm, sendo aceitáveis até duas unidades fora dessa

conformidade. Como é evidenciado pela marcação com um asterisco (\*), somente um dos corpos de prova submetidos à secagem natural demonstrou uma planeza das faces superior à tolerância permitida.

Tabela 6 – Desvio em relação ao esquadro (D) e planeza das faces (F) dos blocos cerâmicos submetidos aos dois tipos de secagem.

DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO (D)			PLANEZA DAS FACES (F)		
SECAGEM ARTIFICIAL			SECAGEM NATURAL		
CP	Desvio (D) (mm)	Planeza (F) (mm)	CP	Desvio (D) (mm)	Planeza (F) (mm)
A1	0,50	0,00	E1	0,00	0,00
A2	0,00	1,50	E2	0,50	0,50
A3	0,00	1,50	E3	0,00	0,00
A4	0,50	3,00	E4	0,00	0,00
A5	2,00	2,50	E5	1,00	0,00
A6	1,00	2,50	E6	0,50	1,00
A7	1,50	1,00	E7	3,00	1,50
A8	0,00	2,50	E8	1,00	1,50
A9	2,00	2,50	E9	0,00	0,00
A10	1,50	0,00	E10	1,50	3,50*
A11	0,50	3,00	E11	0,00	1,00
A12	0,00	0,00	E12	0,50	0,00
A13	0,50	0,00	E13	0,00	0,00

Fonte: Autora.

#### 4.4.2 Características físicas

Nas Tabelas 7 e 8, estão registrados os resultados das características físicas dos corpos de prova. Conforme a NBR 15270-1:2017, os blocos devem apresentar um índice de absorção d'água entre 8% e 25%. Tanto os blocos submetidos à secagem artificial quanto aqueles submetidos à secagem natural demonstraram índices de absorção dentro dos limites estabelecidos pela norma. Em virtude disso, os lotes foram considerados conformes.

Tabela 7 - Índice de absorção d'água (AA) dos blocos cerâmicos de secagem artificial.

<b>ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA (AA) (%)</b>				
<b>BLOCOS CERÂMICOS COM SECAGEM ARTIFICIAL</b>				
<b>CP</b>	<b>Massa Inicial (g)</b>	<b>Massa seca (g)</b>	<b>Massa úmida (g)</b>	<b>AA (%)</b>
<b>1</b>	3744,00	3690,00	4206,00	13,98
<b>2</b>	3938,00	3876,00	4430,00	14,29
<b>3</b>	3922,00	3864,00	4414,00	14,23
<b>4</b>	3878,00	3826,00	4374,00	14,32
<b>5</b>	3954,00	3892,00	4436,00	13,98
<b>6</b>	3926,00	3862,00	4408,00	14,14
<b>MÉDIA</b>				14,16
<b>DESVIO PADRÃO</b>				0,15

Fonte: Autora.

Tabela 8 - Índice de absorção d'água dos blocos cerâmicos de secagem natural.

<b>ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA (AA) (%)</b>				
<b>BLOCOS CERÂMICOS COM SECAGEM NATURAL</b>				
<b>CP</b>	<b>Massa Inicial (g)</b>	<b>Massa seca (g)</b>	<b>Massa úmida (g)</b>	<b>AA (%)</b>
<b>1</b>	3862,00	3820,00	4382,00	14,71
<b>2</b>	3780,00	3730,00	4284,00	14,85
<b>3</b>	3852,00	3800,00	4362,00	14,79
<b>4</b>	3816,00	3774,00	4316,00	14,36
<b>5</b>	3882,00	3826,00	4396,00	14,90
<b>6</b>	3776,00	3738,00	4288,00	14,71
<b>MÉDIA</b>				14,72
<b>DESVIO PADRÃO</b>				0,19

Fonte: Autora.

#### 4.4.3 Características mecânicas

A Tabela 9 a seguir apresenta a análise de resistência à compressão dos blocos cerâmicos fabricados através dos métodos de secagem artificial e secagem natural.

Tabela 9 - Resultados da resistência à compressão dos blocos dos dois tipos de secagem.

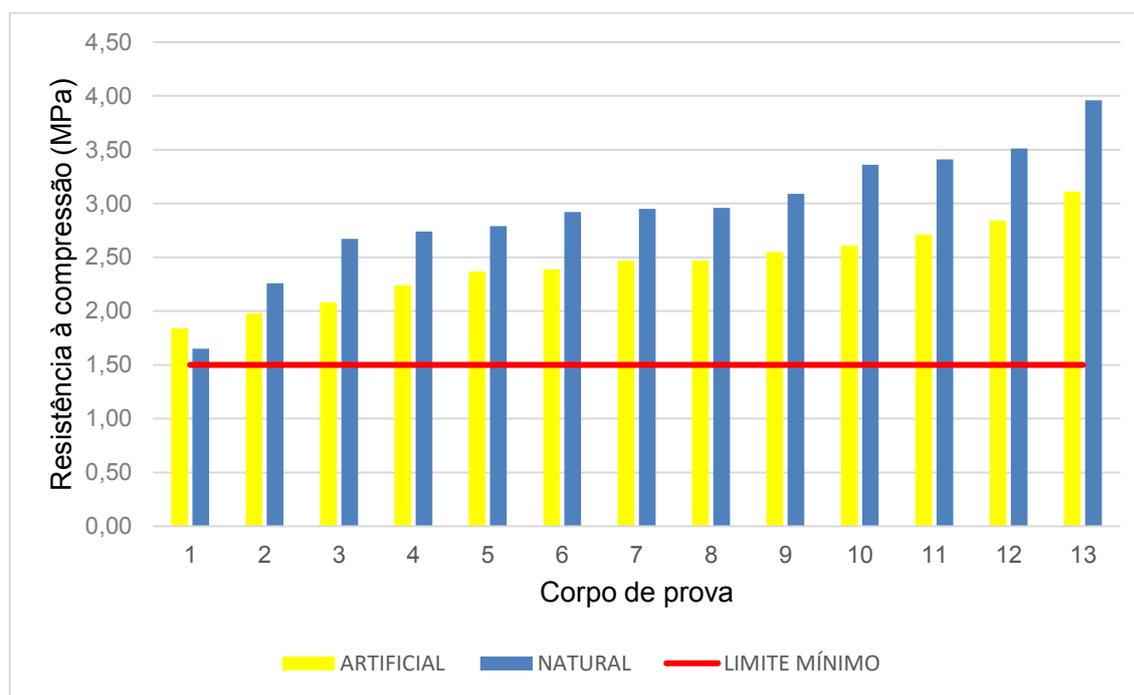
<b>RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO INDIVIDUAL (<math>f_b</math>) (MPa)</b>					
<b>SECAGEM ARTIFICIAL</b>			<b>SECAGEM NATURAL</b>		
<b>CP</b>	<b>Força (N)</b>	<b><math>f_b</math> (MPa)</b>	<b>CP</b>	<b>Força (N)</b>	<b><math>f_b</math> (MPa)</b>
<b>A1</b>	52539,02	2,47	<b>E1</b>	62850,78	2,79
<b>A2</b>	58988,54	2,71	<b>E2</b>	86484,72	3,96
<b>A3</b>	40151,80	1,84	<b>E3</b>	48628,94	2,26
<b>A4</b>	53149,92	2,47	<b>E4</b>	35627,84	1,65
<b>A5</b>	44492,06	2,08	<b>E5</b>	64399,52	2,95
<b>A6</b>	57232,44	2,61	<b>E6</b>	63681,54	2,92
<b>A7</b>	51495,86	2,37	<b>E7</b>	73866,28	3,41
<b>A8</b>	48800,62	2,24	<b>E8</b>	72516,72	3,36
<b>A9</b>	63103,18	2,84	<b>E9</b>	60552,84	2,74
<b>A10</b>	43093,30	1,98	<b>E10</b>	64360,42	2,96
<b>A11</b>	52454,68	2,39	<b>E11</b>	76901,42	3,51
<b>A12</b>	68412,72	3,11	<b>E12</b>	67874,60	3,09
<b>A13</b>	55158,20	2,55	<b>E13</b>	58247,70	2,67
<b>MÉDIA</b>		2,43	<b>MÉDIA</b>		2,94
<b>DESVIO PADRÃO</b>		0,35	<b>DESVIO PADRÃO</b>		0,58

Fonte: Autora.

Nota-se uma variabilidade nos valores de resistência à compressão para ambos os métodos, com resultados individuais variando de 1,84 a 3,11 MPa para o método de secagem artificial e de 1,65 a 3,96 MPa para o método de secagem natural. Essa alta variabilidade nos resultados indica uma falta de uniformidade nos procedimentos, findando em produtos com desempenhos variados.

Entretanto, é importante ressaltar que os valores de resistência à compressão encontrados nos blocos cerâmicos estudados estão em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela norma, que exige uma resistência à compressão mínima de 1,5 MPa, portanto os lotes foram aceitos, conforme indica a Figura 30.

Figura 30 - Resultados da determinação da resistência à compressão nos blocos cerâmicos estudados, produzidos utilizando os dois métodos de secagem.



Fonte: Autora.

Conforme exemplificado na Figura 30 e mencionado anteriormente, observou-se uma variabilidade na resistência à compressão dos blocos em análise, tanto nos submetidos à secagem artificial quanto nos expostos à secagem natural. É notável que a oscilação nos valores de resistência à compressão foi ligeiramente menor nos blocos submetidos à secagem artificial. Isso é provavelmente atribuído à capacidade de controlar de maneira mais precisa as condições de tempo e umidade nesse processo, permitindo uma cura mais homogênea e acelerada.

Nesse sentido, a evidente redução na variação dos valores de resistência à compressão nos blocos com secagem artificial parece ser resultado direto do

controle mais rigoroso das condições de cura, caracterizado por um processo mais consistente e eficiente.

Em um estudo anterior realizado na mesma empresa por Jesus (2023), foi observado que os blocos exibiam uma ampla variação nos valores de resistência à compressão, com resultados individuais variando de 0,87 a 2,53 MPa. É plausível que os resultados desse estudo, juntamente com a apresentação de um relatório contendo análises dos ensaios conforme as normas, tenham possivelmente estimulado melhorias no processo de fabricação dos blocos. Essas melhorias provavelmente contribuíram para resultados ligeiramente mais favoráveis no estudo atual.

#### 4.5 RESUMO DOS RESULTADOS

A Figura 31 ilustra uma síntese dos resultados obtidos a partir dos testes executados nos corpos de prova, que utilizam os métodos de secagem artificial e secagem natural. Além disso, são claramente indicadas as fases específicas em que as amostras foram consideradas não conformes.

Figura 31 - Síntese dos resultados obtidos.

		ENSAIOS	SECAGEM ARTIFICIAL	SECAGEM NATURAL
Inspeção geral	Identificação	Identificação do fabricante	✗	✗
	Características visuais	Defeitos sistemáticos	✓	✓
Inspeção por ensaio	Características geométricas	Dimensões efetivas	✗	✗
		Desvio (D)	✓	✓
		Planeza das faces (F)	✓	✓
		Espessura dos septos	✓	✓
		Espessura das paredes externas	✓	✓
		Soma das transversais	✓	✓
		Características físicas	Índice de absorção	✓
	Características mecânicas	Resistência à compressão	✓	✓

✓ Aprovado

✗ Rejeitado

Fonte: Autora.

Através dos resultados dos ensaios realizados, fica clara a constatação de que os blocos fabricados por meio dos dois diferentes métodos de secagem, isto é, artificial e natural, apresentaram não conformidade apenas em termos de características geométricas, especificamente, as dimensões efetivas e a falta de identificação do fabricante. Além disso, todos os blocos analisados demonstraram resistência à compressão acima do limite mínimo estabelecido pelas normas. Entretanto, os blocos submetidos à secagem natural exibiram uma variabilidade maior nessas propriedades. Isso é possivelmente atribuído à influência das variações nas condições climáticas, resultando na falta de uniformidade no processo de secagem.

Por fim, sugere-se que outras avaliações sejam realizadas, inclusive com maior número de blocos e formação de lotes diferentes de produção, para um estudo mais detalhado para assim se obter continuar a avaliação sobre as melhorias obtidas por meio de diferentes métodos de cura nos blocos crus.

## 5 CONCLUSÕES

A pesquisa buscou investigar de que maneira os diferentes métodos de secagem empregados na empresa em estudo afetam de forma direta a qualidade dos blocos cerâmicos de vedação, analisando suas características geométricas, físicas e mecânicas quanto à conformidade com as normas preestabelecidas.

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Ambos os métodos de secagem investigados não conseguiram atender integralmente aos requisitos estabelecidos pela NBR 15270:2017, mais precisamente no que se refere às propriedades geométricas. Essa discrepância possivelmente se origina de influências vinculadas às diferentes etapas do processo de produção e ao controle de qualidade.

- Os blocos submetidos ao método de secagem artificial, de acordo com a prática utilizada pela empresa, requerem aproximadamente três dias para o processo, enquanto aqueles sujeitos à secagem natural demandam cerca de sete dias. Essa diferença sugere que o método artificial pode potencializar uma produtividade superior. Além dos ganhos com eficiência, a secagem artificial também promove uniformidade na secagem dos blocos, resultando em possíveis melhorias na qualidade e na minimização das perdas.

- A variação nos valores de resistência dos blocos, que foram submetidos à secagem natural e pertencem ao mesmo lote, provavelmente é ocasionada pelas variações climáticas. Essas mudanças climáticas, por sua vez, contribuem para a falta de uniformidade no processo.

- Com a análise dos ensaios realizados, constatou-se que não houve uma diferença significativa entre os resultados obtidos na secagem artificial e na secagem natural.

- Um aprimoramento no processo produtivo de blocos cerâmicos seria a introdução de um sistema de controle climático para a secagem. Isso criaria condições ambientais estáveis, reduzindo o impacto das mudanças climáticas. Ambientes com umidade e temperatura controladas favoreceriam uma secagem uniforme, minimizando variações nos blocos e resultando em produtos finais mais consistentes em termos de resistência e dimensões.

- Mesmo diante da não aprovação no ensaio para determinação das características geométricas, é imprescindível conduzir novos ensaios visando validar e aprimorar a confiabilidade dos resultados obtidos.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para próximos estudos, sugere-se:

- Analisar a influência dos efeitos das diferentes composições de argilas na resistência à compressão dos blocos de vedação.
- Avaliar a durabilidade de blocos cerâmicos de vedação em meios agressivos, como a exposição a produtos químicos, umidade e variações extremas de temperatura.
- Propor e desenvolver um sistema que utilize sensores e controle automatizado para monitorar e ajustar os parâmetros de secagem em tempo real.

## 7 REFERÊNCIAS

ABCERAM. Associação Brasileira de Cerâmica. **Cerâmica no Brasil – Considerações Gerais**. Disponível em: <<https://abceram.org.br/consideracoes-gerais/>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

ANDRADE, F. L. F. **Estudo da formulação de massas cerâmicas provenientes da região de Seridó – RN para fabricação de telhas**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Natal, 2009.

ANFACER. Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres. **História da Cerâmica**. Disponível em: <<https://www.anfacer.org.br/setor-ceramico/historia-da-ceramica>>. Acesso em: 8 jul. 2023.

ALVES, R. J. **Efeito de variáveis e tipos de secagem na eficiência de secagem de blocos cerâmicos de vedação**. 2016. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, UFPB, João Pessoa, 2016. 119p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-1**: componentes cerâmicos: blocos e tijolos para alvenaria: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15270-2**: componentes cerâmicos: blocos e tijolos para alvenaria: métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15270-3**: componentes cerâmicos: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação: métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15575-4**:edificações habitacionais: desempenho: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BAUER, L. **Materiais de construção 2**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

CRUZ, F. J. R. **Utilização da cinza de aveloz de fornos cerâmicos para produção de tijolos e telhas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2012. 76p.

JESUS, L. S. **Avaliação de blocos cerâmicos de vedação produzidos no Recôncavo da Bahia**. Monografia (Graduação). Curso de Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas, UFRB, Cruz das Almas, 2023. 89p.

MEDEIROS, E. N. M. (2006). **Sistema de gestão da qualidade na indústria cerâmica vermelha. Estudo de caso de uma indústria que abastece o mercado de Brasília.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil. Universidade de Brasília. Faculdade de tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, 2006.

NAPOLI, L. **Cerâmica: a mais antiga das indústrias.** Revista da Anicer. Edição: 96, 2015. Disponível em: <<https://www.anicer.com.br/revista-anicer/revista-96/historia/>>. Acesso em: 8 jul. 2023.

SANTOS, P. S. **Ciência e tecnologia de argilas.** São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1989. ed. 2, v. 1.

SAVAZZINI-REIS, A.; SILVA, M. S. **Análise do desempenho de blocos cerâmicos produzidos na região de Colatina-ES.** Cerâmica Industrial, vol.22, n3, p. 39-46, 2017. Disponível em: <<https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/doi/10.4322/cerind.2017.018>>. Acesso: 12 jul. 2023.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cerâmica vermelha: panorama do mercado no Brasil** SEBRAE/ESPM, 2015.

SEBRAE; ESPM. **Cerâmica vermelha: estudos de mercado.** São Paulo: SEBRAE Nacional, 2008. Relatório Completo.

VIERA, C. M.F.; FEITOSA, H. S.; MONTEIRO, S. N. **Avaliação da secagem de cerâmica vermelha através da curva de Bigot.** Cerâmica Industrial, vol.8, n2, p.0, 2003. Disponível em: <<https://www.ceramicaindustrial.org.br/journal/ci/article/587657187f8c9d6e028b4690>>. Acesso em: 09 ago. 2023.

## APÊNDICE A – TABELAS DOS CÁLCULOS REFERENTE AOS BLOCOS DE SECAGEM ARTIFICIAL

CP	DIMENSÕES EFETIVAS (mm)												ESPESSURA (mm)												Somada transversal			
	Adotando como referência a dimensão nominal de 90 x 190 x 240 mm Tolerância individual de ± 5 mm Tolerância média de ± 3mm												Espessura mínima das paredes externa (7mm) Paredes internas (não há) Tolerância de -0,5 mm															
	Largura (mm)				Altura (mm)				Comprimento (mm)				Septos						Paredes									
	L1	L2	Lmédia	H1	H2	Hmédia	C1	C2	Cmédia	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	Menor valor	e1	e2	e3	e4	e5	e6		e7	e8	Menor valor
1	88,73	87,79	88,26	192,34	192,9	192,62	242,8	239,81	241,31	10,99	9,71	11,02	11,58	11,54	9,75	11,6	10,89	9,71	10,56	9,76	10,02	9,45	9,91	11,52	10,68	10,25	9,45	19,16
2	89,44	90,09	89,77	192,69	192,73	192,71	242,83	242,25	242,54	11,81	9,58	10,39	11,53	11,66	9,71	10,59	11,2	9,58	10,34	10,95	11,4	9,79	10,16	11,69	10,36	9,79	19,37	
3	90,67	89,01	89,84	193,52	194,8	194,16	241,84	243,89	242,87	10,23	10,85	9,38	10,66	11,74	10,65	9,23	10,93	9,23	9,45	10,75	11,54	11,3	11,61	10,54	11,24	11,1	9,45	18,68
4	89,39	87,83	86,61	194,54	192,41	193,48	243,59	242,02	242,81	10,77	10,57	10,81	11,63	11,42	9,27	10,02	10,22	9,27	9,67	11,11	11,02	9,89	12,54	12,44	10,89	11,47	9,67	18,94
5	89,75	88,56	89,16	193,76	193,04	193,40	240,61	240,24	240,43	11,03	10,6	9,91	10,57	10,96	10,79	10,07	11,12	9,07	9,38	9,91	10,97	11,88	9,4	11,98	10,85	10,76	9,38	18,45
6	91,24	91,13	91,19	191,92	191,71	191,82	238,56	241,83	240,20	9,45	10,46	9,85	10,53	11,05	10,21	9,56	10,56	9,45	9,58	12,72	11,64	9,73	11,78	13,75	11,78	10,65	9,58	19,03
7	89,56	89,32	89,44	193,07	193,77	193,42	241,2	243,93	242,57	10,51	10,52	9,52	10,82	10,64	10,92	10,2	11,87	9,52	12,12	8,81	11,83	11,98	10,57	9,38	13,86	11,27	8,81	18,33
8	90,35	90,88	90,62	192,82	191,93	192,38	240,14	241,65	240,90	9,22	11,14	9,57	10,16	9,28	10,82	9,49	9,71	9,22	10,49	11,43	8,19	9,72	8,54	9,62	9,32	9,78	8,19	17,41
9	91,4	92,06	91,73	194,96	193,65	194,31	241,93	243,28	242,61	10,49	10,48	9,4	11,35	10,68	10,4	9,9	10,96	9,4	9,42	12,2	12,36	8,73	13,53	9,28	9,87	11,64	9,28	18,68
10	90,42	90,03	90,23	190,74	193,63	192,19	241,89	240,05	240,97	10,36	10,34	9,88	10,84	10,76	10,81	9,91	11,05	9,88	9,33	11,88	11,76	13,24	10,5	10,02	11,12	10,14	9,33	19,21
11	91,12	89,97	90,55	192,28	193,6	192,94	242,99	241,18	242,09	9,45	9,92	9,88	10,58	9,97	9,71	9,38	9,86	9,38	10,39	9,27	12,53	12,22	11,28	10,9	12,26	11,43	9,27	18,65
12	91,77	91,09	91,43	195,56	195,65	195,61	240,77	240,55	240,66	9,76	9,56	10,13	9,41	10,28	9,65	9,97	9,62	9,41	11,19	10,84	9,2	12,16	10,38	11,3	10,17	10,86	9,2	18,61
13	89,55	89,4	89,48	192,57	192,46	192,52	241,96	241,89	241,93	10,46	9,74	9,82	9,81	9,65	9,35	9,78	9,48	9,35	10,27	10,74	10,55	10,05	10,18	9,58	10,32	10,14	9,58	18,93

Determinação das características físicas - ANEXO B - NBR 15270:2:2017					
ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA AA(%) DE 8 a 25%					
Corpo de prova	Massa inicial (g)	Massa seca (g)	Massa seca (1h) (g)	Massa úmida (g)	AA (%)
A1	3744,00	3690,00	3696,00	4206,00	13,98
A3	3938,00	3876,00	3882,00	4430,00	14,29
A4	3922,00	3864,00	3870,00	4414,00	14,23
A6	3878,00	3826,00	3830,00	4374,00	14,32
A7	3954,00	3892,00	3898,00	4436,00	13,98
A14	3926,00	3862,00	3868,00	4408,00	14,14
MÉDIA ARITMÉTICA	3893,67	3835,00	3840,67	4378,00	14,16
DESVIO PADRÃO	77,59	74,30	74,36	87,02	0,15

Determinação das características geométricas - ANEXO A - NBR 15270:2:2017									Determinação das características mecânicas - ANEXO C - NBR 15270:2:2017	
DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO (D) (mm) Tolerância máxima de 3mm			PLANEZA DAS FACES (F) Tolerância máxima de 3mm			ÁREA BRUTA (LxC) (Ab) (mm <sup>2</sup> )			RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO fb mínimo de 1,5Mpa	
d1	d2	maior valor	f1	f2	maior valor	FACE 1	FACE 2	MÉDIA	Carga aplicada (N)	Resistência à compressão individual (fb) (Mpa)
0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	21543,6	21052,9	21298,282	52539,02	2,47
0,00	0,00	0,00	0,50	1,50	1,50	21718,7	21824,3	21771,5089	58988,54	2,71
0,00	0,00	0,00	1,50	0,50	1,50	21927,6	21708,6	21818,1409	40151,80	1,84
0,00	0,50	0,50	0,00	3,00	3,00	21774,5	21256,6	21515,5634	53149,92	2,47
2,00	0,00	2,00	2,50	1,50	2,50	21594,7	21275,7	21435,201	44492,06	2,08
1,00	0,00	1,00	0,00	2,50	2,50	21766,2	22038	21902,0912	57232,44	2,61
1,50	0,00	1,50	0,00	1,00	1,00	21601,9	21787,8	21694,8498	51495,86	2,37
0,00	0,00	0,00	2,50	0,50	2,50	21696,6	21961,2	21828,9005	48800,62	2,24
0,00	2,00	2,00	2,50	0,00	2,50	22112,4	22396,4	22254,3794	63103,18	2,84
1,50	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	21871,7	21611,7	21741,6977	43093,30	1,98
0,50	0,00	0,50	0,00	3,00	3,00	22141,2	21699	21920,1067	52454,68	2,39
0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	1,50	22095,5	21911,7	22003,5812	68412,72	3,11
0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	21667,5	21625	21646,242	55158,20	2,55
									MÉDIA ARITMÉTICA	2,43
									DESVIO PADRÃO	0,34

## APÊNDICE B – TABELAS DOS CÁLCULOS REFERENTE AOS BLOCOS DE SECAGEM NATURAL

CP	DIMENSÕES EFETIVAS (mm)										ESPESSURA (mm)																	
	Adotando como referência a dimensão nominal de 90 x 190 x 240 mm Tolerância individual de ± 5 mm Tolerância média de ± 3mm										Espessura mínima das paredes externa (7mm) Paredes internas (não há) Tolerância de -0,5 mm																	
	Largura (mm)					Altura (mm)					Septos						Parede											
L1	L2	Lmédia	H1	H2	Hmédia	C1	C2	Cmédia	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	Menor valor	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	Menor valor	Soma transversal	
1	91,32	91,77	91,55	192,66	192,69	192,68	244,96	246,77	245,88	9,95	10,35	9,42	9,32	10,29	10,33	10,48	10,88	9,32	11,04	9,89	10,9	10,61	11,13	9,78	9,85	10,48	9,78	19,1
2	90,89	91,16	91,03	192,83	194,71	193,77	241,09	238,72	239,91	9,78	11,29	9,45	13,42	10,74	11,52	9,18	10,09	9,18	10,54	11,42	10,32	12,03	9,56	9,98	11,25	10,69	9,56	18,74
3	88,26	90,54	89,40	192,14	192,99	192,57	240,34	241,36	240,85	11,44	9,05	11,55	11,22	10,83	9,84	11,71	9,83	9,05	11,98	9,46	10,82	11,38	10,53	9,73	10,33	11,25	9,46	18,51
4	90,48	88,55	89,52	194,92	193,16	194,04	241,58	242,08	241,83	10,88	10,21	8,78	11,5	10,85	10,34	8,82	11,07	8,78	8,44	11,17	9,49	9,76	11,25	9,45	9,78	9,98	8,44	17,22
5	90,71	88,76	90,24	192,33	192,13	192,23	242,3	241,97	242,14	10,2	10,76	9,25	11,32	9,72	11,03	9,55	11,12	9,25	12,16	10,24	10,56	13,03	12,41	9,62	11,64	10,76	9,62	18,87
6	91,1	90,23	90,67	192,27	192,49	192,38	240,07	241,03	240,55	10,49	10,92	9,69	11,79	10,96	10,79	9,42	10,55	9,42	8,67	10,4	12,29	10,4	12,62	9,59	11,38	10,22	8,67	18,09
7	90,64	90,5	90,57	192,29	194,58	193,44	240,56	238,23	239,40	9,96	9,5	9,17	10,72	9,97	10,41	9,24	10,35	9,17	11,85	10,84	10,8	8,86	11,54	10,78	11,43	10,92	8,86	18,03
8	91,09	89,73	90,41	192,58	193,12	192,85	237,5	239,88	238,69	10,14	9,88	9,78	10,14	9,82	9,96	8,92	11,3	8,92	11,88	11,03	10,86	8,1	8,55	9,87	9,68	10,46	8,1	17,02
9	89,45	90,45	89,95	193,78	193,52	193,65	245,44	245,62	245,53	11,22	9,3	11,11	9,35	10,37	9,33	11,24	10,68	9,3	9,4	11,56	9,29	12,69	10,94	10,72	11,54	10,39	9,29	18,59
10	89,22	89,01	89,12	192,21	192,69	192,45	244,85	243,58	244,22	11,34	8,55	11,31	9,81	11,73	9,83	11,34	11,01	8,55	10,2	13,24	12,38	10,6	11,75	11,29	12,36	11,47	10,2	18,75
11	90,64	90,87	90,76	191,36	191,87	191,62	241,54	241,69	241,62	9,45	9,92	9,88	10,58	9,97	9,71	9,38	9,86	9,38	11,76	11,26	10,48	10,02	10,96	11,06	11,22	10,36	10,02	19,4
12	90,95	91,33	91,14	190,94	190,97	190,96	240,8	240,9	240,85	9,76	9,56	10,13	9,41	10,28	9,65	9,97	9,62	9,41	12,33	11,47	12,27	12,62	9,39	11,15	10,87	11,65	9,39	18,8
13	90,35	90,53	90,44	191,41	192,13	191,77	241,37	240,97	241,17	10,46	9,74	9,82	9,81	9,65	9,35	9,78	9,48	9,35	11,13	11,33	9,69	9,6	11,08	10,95	9,58	10,68	9,55	18,9

Determinação das características físicas - ANEXO B - NBR 15270:2:2017					
ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA AA(%) DE 8 a 25%					
Corpo de prova	Massa inicial (g)	Massa seca (g)	Massa seca (1h) (g)	Massa úmida (g)	AA (%)
E1	3862,00	3820,00	3824,00	4382,00	14,71
E3	3780,00	3730,00	3734,00	4284,00	14,85
E5	3852,00	3800,00	3804,00	4362,00	14,79
E8	3816,00	3774,00	3778,00	4316,00	14,36
E11	3882,00	3826,00	3832,00	4396,00	14,90
E15	3776,00	3738,00	3742,00	4288,00	14,71
MÉDIA ARITMÉTICA	3828,00	3781,33	3785,67	4338,00	14,72
DESVIO PADRÃO	44,27	41,00	41,44	48,53	0,19

Determinação das características geométricas - ANEXO A - NBR 15270:2:2017									Determinação das características mecânicas - ANEXO C - NBR 15270:2:2017	
DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO (D) (mm) Tolerância máxima de 3mm			PLANEZA DAS FACES (F) (mm) Tolerância máxima de 3mm			ÁREA BRUTA (Lx C) (Ab) (mm <sup>2</sup> )			RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO fb mínimo de 1,5Mpa	
d1	d2	Maior valor	f1	f2	Maior valor	FACE 1	FACE 2	MÉDIA	Carga aplicada (N)	Resistência à compressão individual (fb) (Mpa)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22371,6	22646,08	22508,83	62850,78	2,79
0,00	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	21912,7	21761,72	21837,19	86484,72	3,96
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21212,4	21852,73	21532,57	48628,94	2,26
0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	21858,2	21436,18	21647,17	35627,84	1,65
1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	21979	21719,23	21849,13	64399,52	2,95
0,00	0,50	0,50	0,00	1,00	1,00	21870,4	21748,14	21809,26	63681,54	2,92
3,00	0,00	3,00	1,50	0,50	1,50	21804,4	21559,82	21682,09	73866,28	3,41
1,00	0,00	1,00	0,00	1,50	1,50	21633,9	21524,43	21579,15	72516,72	3,36
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21954,6	22216,33	22085,47	60552,84	2,74
0,00	1,50	1,50	3,50	1,50	3,50	21845,5	21681,06	21763,29	64360,42	2,96
0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	21893,2	21962,37	21927,78	76901,42	3,51
0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	21900,8	22001,4	21951,08	67874,60	3,09
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21807,8	21815,01	21811,40	58247,70	2,67
									MÉDIA ARITMÉTICA	2,94
									DESVIO PADRÃO	0,58