

KÉTELIN RÚBIA ALMEIDA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS  
NA REGIÃO DA CANASTRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso Bacharelado em Engenharia Civil, do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Avançado Piumhi, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dra. Dayana Keitty do Carmo Gonçalves.

Piumhi

2024

---

S586c Silva, Kételin Rúbia Almeida.  
Caracterização de blocos cerâmicos estruturais na região da  
Canastra [manuscrito] / Kételin Rúbia Almeida Silva. – 2024.  
92 f. : il. color.

Orientadora: Dayana Keitty Carmo Gonçalves.  
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto  
Federal Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi, 2024.

1. Alvenaria. 2. Construção civil. 3. Bloco cerâmico  
estrutural. I. Gonçalves, Dayana Keitty Carmo. II. Instituto  
Federal de Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi. III. Título.

CDD 693.1

---

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974

## CARACTERIZAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS NA REGIÃO DA CANASTRA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso Bacharelado em Engenharia Civil, do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus Avançado Piumhi*, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 28/03/2024, pela banca examinadora:



Prof<sup>a</sup>. Dra. Dayana Keitty Carmo Gonçalves  
Orientadora



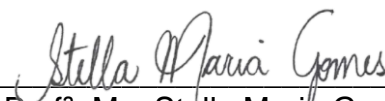
Documento assinado digitalmente

JESSICA MARCELLE CORRADI DINIZ GONCALVE:

Data: 09/04/2024 21:59:35-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.<sup>a</sup> Jessica Marcelle Corradi Diniz Gonçalves Martins



Prof<sup>a</sup>. Me. Stella Maria Gomes

Dedico este trabalho a Deus, a minha mamãe, a minha família, meu marido e meu filho, sem o apoio deles, a paciência e os estímulos nada disso seria possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, à Jesus, que é meu Abba, e cuida de mim a cada segundo da minha vida, sem a sua permissão e proteção, nada disso seria possível.

À minha família, em especial à minha mamãe Aladiennes, que é a minha maior inspiração em tudo, pela mulher preta, forte e guerreira que é, não desistindo dos seus sonhos e sempre lutando por seu espaço na sociedade e pela nossa família. Eu te amo mamãe, e nunca serei grata o suficiente por tudo que fez e faz por mim.

Ao André, meu marido, pelo incentivo, por segurar as pontas mês a mês, pelo companheiro e dedicação a família e a história que estamos construindo juntos. Amo você, e muito obrigada.

À minha pessoa favorita no mundo, meu filho Enrico, que foi uma linda surpresa nessa caminhada. Parece clichê, mas você meu filho, me fez mais forte, despertou a leoa em mim, me fez mais grata, e mais persistente. Eu te amo e te amarei para todo o sempre.

Ao meu pai, Carlos, meu irmão Wesley, e minha sobrinha Sofia, vocês completam o meu mundo, obrigada pela essência que cada um tem e por ocuparem e preencherem espaços e vazios em mim. Eu amo vocês.

À minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Ma. Dayana Keitty Carmo Gonçalves, por toda dedicação, paciência e carinho durante esse processo de orientação. Você tem sido mais que uma orientadora de TCC, tem sido amiga, e orientadora de passos pra seguir pra uma vida.

A cada professor, colaborador e colega do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Avançado Piumhi, sem vocês, esse momento nunca seria possível, a cada um que passou e deixou uma lembrança e um ensinamento, meu eterno obrigada.

Aos integrantes da banca, pela disponibilidade e colaboração.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para que fosse possível a realização deste trabalho.

“Os teus olhos me viram a substância ainda informe, e no teu livro foram escritos todos os meus dias, cada um deles escrito e determinado, quando nem um deles havia ainda”

Salmos 139:16

## RESUMO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo vernacular, que, no entanto, caiu em desuso com o desenvolvimento de estruturas de concreto armado. Esse método construtivo é aplicado, mesmo que empiricamente, desde o início das atividades humanas relacionadas à construção. Atualmente observa-se a recuperação de técnicas vernaculares, que ganham com o avanço da tecnologia, aperfeiçoamentos e normas técnicas estabelecidas a fim de para reger da melhor forma os procedimentos relacionados. Diante disso, é importante a avaliação da qualidade dos blocos cerâmicos estruturais que chegam ao consumidor final. O objetivo deste trabalho é caracterizar os blocos cerâmicos estruturais, disponíveis na região da Canastra, avaliando o seu desempenho estrutural e suas características físicas. Mistura argilosa utilizada e blocos cerâmicos foram avaliados aplicando metodologia estabelecida em normatização nacional e resultados avaliados frente a norma e autores de referência. A mistura argilosa utiliza beneficiar-se-ia da adição de argilas mais magras. Quanto aos blocos estruturais disponíveis na região, esses atendem o preconizado na normativa, exceto quanto a perda de massa ao fogo.

**Palavras-chaves:** Alvenaria. Construção Civil. Bloco Cerâmico Estrutural.

## **ABSTRACT**

Structural masonry is a vernacular construction system that, however, fell into disuse with the development of reinforced concrete structures. This construction method has been applied, albeit empirically, since the early stages of human activities related to construction. Currently, there is a resurgence of vernacular techniques, which benefit from technological advancements, refinements, and established technical standards to govern procedures in the best possible way. In light of this, it is crucial to assess the quality of structural ceramic blocks reaching the end consumer. The objective of this study is to characterize the structural ceramic blocks available in the Canastra region, evaluating their structural performance and physical characteristics. The clay mixture used and ceramic blocks were assessed using a methodology established in national standards, and the results were evaluated against the standard and reference authors. The clay mixture used would benefit from the addition of leaner clays. As for the structural blocks available in the region, they comply with the prescribed standards, except for the loss of mass when exposed to fire.

**Keywords:** Masonry. Civil Construction. Structural Ceramic Block.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Critérios determinantes para a utilização do bloco cerâmico. ....	23
Figura 02: Teatro Municipal de São Paulo entre o final do século XIX e início do século XX. ....	24
Figura 03: Conjunto Habitacional Central Parque Lapa. ....	24
Figura 04: Alvenaria estrutural armada ou parcialmente armada. ....	27
Figura 05: Alvenaria estrutural não armada. ....	28
Figura 06: Alvenaria protendida. ....	28
Figura 07: Esquema do processo de queima. ....	32
Figura 08: Fluxograma geral da metodologia empregada. ....	33
Figura 09: Determinação das características geométricas – sumário dos métodos de ensaio. ....	35
Figura 10: Determinação das características físicas – sumário dos métodos de ensaio. ....	35
Figura 11: Determinação das características físicas – sumário dos métodos de ensaio. ....	35
Figura 12: Aparelho de Casagrande. ....	39
Figura 13: Aspecto da Ranhura. ....	40
Figura 14: Reta de Escoamento. ....	40
Figura 15: Classificação do Índice de Plasticidade. ....	41
Figura 16: Locais para medições de largura (a), altura (b) e comprimento (c) dos blocos. ....	42
Figura 17: Posições para as medições de espessura das paredes externas e septos. ....	43
Figura 18: Medição do desvio em relação ao esquadro. ....	43

Figura 19: Representação Esquemática da planeza das faces.....	44
Figura 20: Compressão axial do bloco estrutural. ....	48
Figura 21: Cidades Pertencentes a Região da Canastra. ....	49
Figura 22: Depósito inicial após extração de argila. ....	50
Figura 23: Caixa Alimentadora. ....	50
Figura 24: Homogeneizador. ....	51
Figura 25: Misturador. ....	51
Figura 26: Laminador. ....	52
Figura 27: Extrusora.....	52
Figura 28: Carrinho Cortador.....	53
Figura 29: Estufa para Secagem.....	53
Figura 30: Forno Semicontínuo Abóboda.....	54
Figura 31: Blocos pós queima no vagão. ....	54
Figura 32: Interior do Forno Vagão. ....	55
Figura 33: Alimentadores do Forno Vagão.....	55
Figura 34: Estoque de Lenha. ....	56
Figura 35: Visor do termopar tipo K.....	56
Figura 36: Sensor do termopar tipo K. ....	57
Figura 37: Ensaio do Limite de Plasticidade.....	58
Figura 38: Ensaio do Limite de Liquidez. ....	60
Figura 39: Sobreposição dos blocos sobre bancada plana em laboratório do IFMG Campus Avançado Piumhi. ....	63
Figura 40: Bloco com trincas. ....	63
Figura 41: Identificações Obrigatórias.....	63
Figura 42: Bloco com quebras.....	64

Figura 43: Medição com o paquímetro.....	65
Figura 44: Medição com régua escalímetro. ....	65
Figura 45: Medição do desvio em Relação ao Esquadro. ....	65
Figura 46: Medição da flecha. ....	66
Figura 47: Planta do bloco estrutural vazado com as indicações mínimas de espessura.....	67
Figura 48: Ensaio de absorção de água.....	69
Figura 49: Capeamento e saturação dos blocos. ....	74
Figura 50: Blocos na prensa para ensaio de resistência.....	74
Figura 51: Resultados do Ensaio a Compressão realizado no Laboratório do SENAI. .....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Interpretação dos Resultados da Perda ao Fogo. ....	47
Tabela 02: Valores para o teor de umidade. ....	57
Tabela 03: Valores do ensaio de teor de umidade. ....	58
Tabela 04: Intervalo de valores recomendados de LL, LP e IP. ....	59
Tabela 05: Valores do ensaio do Limite de Plasticidade. ....	59
Tabela 06: Valores do ensaio do Limite de Liquidez. ....	60
Tabela 07: Dados do ensaio de avaliação visual. ....	62
Tabela 08: Tolerâncias individuais relacionadas à dimensão efetiva. ....	66
Tabela 09: Medidas dimensionais dos blocos. ....	66
Tabela 10: Tolerâncias dimensionais relacionadas à média das dimensões efetivas. .....	67
Tabela 11: Determinações dimensionais dos blocos. ....	67
Tabela 12: Medidas de Septos internos e externos. ....	68
Tabela 13: Valores do ensaio de absorção de água. ....	69
Tabela 14: Medições do corpo de prova pós extrusão e pós secagem. ....	70
Tabela 15: Valores de Retração Linear de Secagem. ....	71
Tabela 16: Medições do corpo de prova pós extrusão e pós queima. ....	71
Tabela 17: Valores de Retração Linear de Queima. ....	72
Tabela 18: Valores da Perda de Massa ao Fogo. ....	73
Tabela 19: Valores de Resistência a Compressão. ....	75
Tabela 20: Determinações da Resistência a Compressão. ....	75

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Relação de avaliações realizadas na massa argilosa e normatização aplicável.....	34
Quadro 02: Relação de avaliações realizadas nos blocos cerâmicos e normatização aplicável.....	36

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Teor de umidade .....	37
Equação 2: Limite de Plasticidade .....	38
Equação 3: Índice de Plasticidade .....	41
Equação 4: Absorção de Água .....	45
Equação 5: Retração Linear de Secagem.....	45
Equação 6: Retração Linear de Queima .....	46
Equação 7: Perda de Massa ao Fogo .....	46
Equação 8: Resistência à Compressão .....	48

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

AA	Absorção de água
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EST	Estrutural
IP	Índice de plasticidade
IPT	Instituto de Pesquisas Técnicas
LL	Limite de Liquidez
LP	Limite de Plasticidade
NBR	Norma Técnica Brasileira
PF	Perda ao fogo
RC	Resistência a compressão
RLQ	Retração linear de queima
RLS	Retração linear de secagem

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
1.1 OBJETIVOS .....	20
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	20
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.2 JUSTIFICATIVA .....	20
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
2.1 DEFINIÇÕES E HISTÓRICO .....	22
<b>2.2 SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3 BLOCOS CERÂMICOS .....</b>	<b>29</b>
2.3.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO .....	29
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 TEOR DE UMIDADE DA ARGILA.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2 ÍNDICES DE ATTERBERG .....</b>	<b>37</b>
3.2.1 LIMITE DE PLASTICIDADE .....	37
3.2.2 LIMITE DE LIQUIDEZ.....	38
3.2.3 ÍNDICE DE PLASTICIDADE .....	41
<b>3.3 AVALIAÇÃO VISUAL E ANÁLISE DIMENSIONAL.....</b>	<b>42</b>
<b>3.4 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA .....</b>	<b>44</b>
<b>3.5 RETRAÇÃO LINEAR DE SECAGEM E DE QUEIMA .....</b>	<b>45</b>
<b>3.6 PERDA DE MASSA AO FOGO .....</b>	<b>46</b>
<b>3.7 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NA ÁREA BRUTA .....</b>	<b>47</b>
<b>4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1 MAPEAMENTO DAS UNIDADES QUE COMERCIALIZAM O BLOCO CERÂMICO ESTRUTURAL.....</b>	<b>48</b>
<b>4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS REQUISITOS DE QUALIDADE NO PROCESSO PRODUTIVO .....</b>	<b>49</b>

<b>4.3 TEOR DE UMIDADE DA ARGILA.....</b>	<b>57</b>
<b>4.4 ÍNDICES DE ATTERBERG .....</b>	<b>58</b>
4.4.1 LIMITE DE PLASTICIDADE .....	58
4.4.2 LIMITE DE LIQUIDEZ.....	60
4.4.3 ÍNDICE DE PLASTICIDADE .....	61
<b>4.5 AVALIAÇÃO VISUAL E ANÁLISE DIMENSIONAL.....</b>	<b>62</b>
<b>4.6 ABSORÇÃO DE ÁGUA DO BLOCO.....</b>	<b>68</b>
<b>4.7 RETRAÇÃO LINEAR DE SECAGEM E DE QUEIMA .....</b>	<b>70</b>
<b>4.8 PERDA DE MASSA AO FOGO .....</b>	<b>72</b>
<b>4.9 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NA ÁREA BRUTA.....</b>	<b>73</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>77</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>79</b>
ANEXO I.....	85
ANEXO II.....	89

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Zake Tacla (1984), sistemas construtivos podem ser definidos como o conjunto das regras práticas, ou o resultado de sua aplicação, com o uso adequado e coordenado dos materiais e da mão-de-obra que se associam para a concretização de espaços previamente planejados. No ramo da construção civil, existem diversos tipos de sistemas construtivos. Dos quais Pilz *et al.* (2015) indicam que a alvenaria é o processo construtivo mais antigo já catalogado, sendo a técnica mais utilizada na construção das civilizações antigas.

A alvenaria pode ser entendida, de acordo com Sabbatini (1984) como uma vedação formada por pedras ou blocos, naturais ou artificiais, conectadas entre si por juntas ou interposição de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso. Em uma definição mais atual, Marinoski (2011) define como um sistema formado por um conjunto coeso e rígido de blocos ou tijolos, unidos entre si, com ou sem um elemento de ligação, em fiadas horizontais que se sobrepõem uma sobre as outras.

Conforme Alves (2008), a alvenaria pode ter função estrutural ou de vedação. As alvenarias de vedação, segundo IPT (2009) podem ser definidas como aquelas que são destinadas a dividir espaços, preenchendo os vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas, devendo suportar somente o peso próprio e das cargas de utilização. Já a alvenaria estrutural, segundo Roman (2014), pode ser definida como um sistema construtivo no qual as paredes e as lajes possuem função estrutural suportando cargas substituindo às vigas e pilares utilizados em construções tradicionais.

A técnica da alvenaria estrutural é empregada, segundo Lindner (2001), há muitas décadas, inicialmente sendo realizada de forma empírica, devido à não existência um método para o dimensionamento correto que aproveitasse todas as vantagens desse método. Com o surgimento de novos materiais e o emprego de novas técnicas, a alvenaria estrutural foi perdendo seu espaço ao longo dos anos como elemento estrutural. Seu ressurgimento, de acordo com Sinha (1970), ocorreu devido à ausência de indústrias de aço na Suíça por volta dos anos 60, com a construção de um edifício de treze pavimentos em alvenaria estrutural, onde Parsekian e Soares (2010) dizem que foram empregados métodos racionalizados de cálculo, bem como a utilização de modulação definida em projeto, caracterização dos

materiais e controle de qualidade na execução, iniciando a partir daí a criação de metodologias para aplicação da técnica de alvenaria estrutural.

De acordo com Salomão *et al.* (2019) o principal sistema construtivo aplicado no Brasil é a alvenaria convencional, e a principal razão disto é esta não necessitar de mão de obra especializada e utilizar insumos de fácil obtenção. Todavia, RICHTER (2007) diz que existe uma tendência na utilização da alvenaria estrutural no processo construtivo, de forma satisfatória e crescente onde inúmeros empreendimentos são lançados com esta tecnologia construtiva, como meio de alcançar a redução dos custos finais dos empreendimentos sem lesar a qualidade.

Dentre diversos materiais que podem ser utilizados como blocos para a alvenaria estrutural, o bloco cerâmico apresenta-se com grande potencial em Minas Gerais e no Brasil, é esse potencial é destacado pela abundância e boa qualidade das jazidas de argila existentes no país. O Brasil possui relevantes jazidas de minerais industriais de uso cerâmico, cuja produção se concentra principalmente nas regiões sudeste e sul, onde se localizam os maiores polos cerâmicos do país. Em contrapartida, outras regiões têm apresentado um significativo desenvolvimento dessa indústria, em especial o Nordeste, devido, principalmente, à existência de matéria-prima, energia viável e mercado consumidor em desenvolvimento (ANFACER, 2012; BNB 2010).

Relacionado ao potencial do bloco cerâmico pode-se ainda destacar, em concordância com Carvalho (2003), o seu baixo custo relativo e a facilidade de adaptação tecnológica à produção. Além da simplificação do processo construtivo, reduzindo etapas, mão de obra e tempo de execução. No entanto, a indústria de cerâmica vermelha enfrenta problemas relacionados à falta de qualidade de seus produtos. Isso deve-se à forma artesanal de fabricação, consequência da falta de conhecimento técnico de quem os produz.

A qualidade da alvenaria estrutural depende dos materiais a serem utilizados e das suas interações. Assim, o desenvolvimento de pesquisas que estudem a geometria e a composição dos produtos cerâmicos para a alvenaria estrutural poderá auxiliar no desenvolvimento deste importante setor industrial. A caracterização de ambos, bloco e matéria prima, atuante no setor constituem este estudo.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Caracterizar os blocos cerâmicos estruturais, disponíveis na região da canastra, avaliando o seu desempenho estrutural e suas características físicas.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos são:

1. Avaliar a resistência à compressão dos blocos;
2. Caracterizar fisicamente os diferentes blocos cerâmicos, avaliando suas dimensões e absorção de água.
3. Estudar a influência do tempo de queima, temperatura de queima, umidade de extrusão da argila e da quantidade de blocos no forno nas características físicas e mecânicas dos blocos;

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

De acordo com Mesenguer (1983) o setor da construção civil destaca-se como um dos mais importantes no Brasil e no mundo, contribuindo no PIB<sup>1</sup> com cerca de 6 a 12% do total mundial e ainda empregando cerca de 10% da população economicamente ativa. Mesmo com essa parcela relevante do PIB mundial, ainda existe um déficit habitacional brasileiro de aproximadamente 7,9 milhões de moradias, segundo o IPEA<sup>2</sup>. Diante desse cenário brasileiro, a busca por novas tecnologias e pela disseminação e popularização de técnicas existentes, como a alvenaria em blocos estruturais, deve ser pauta de estudos recorrentes a fim de minimizar o impacto social gerado pelo déficit de moradias.

“A alvenaria estrutural não armada é, possivelmente, entre os métodos construtivos na área habitacional, o que permite as construções a menores custos” (FRANCO, 1987). Diante disso, tem-se uma grande relevância do tema escolhido visto

---

<sup>1</sup> Produto Interno Bruto

<sup>2</sup> Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

que, a alvenaria estrutural proporciona menores custos, além de trabalho com melhores condições, maior produtividade com qualidade, e tudo isso implicará em grandes vantagens ao setor da construção civil. Comparando a alvenaria estrutural com a alvenaria convencional de vedação, os edifícios que utilizam o processo de alvenaria de vedação são os mais comuns no Brasil, porém os que aplicam a alvenaria estrutural estão conquistando seu espaço no mercado. Isso se dá pela promessa de redução de até 40% no tempo de execução da obra e de 30% no custo total em comparação à estrutura convencional (FRANCISCO, 2002).

Os autores Silva *et al.* (2021) dizem que no Brasil os blocos cerâmicos, blocos estruturais, tijolos à base de terra e paredes de concreto moldadas in loco estão entre os materiais de construção mais utilizados atualmente. Sposto e Paulsen (2014) afirmam que a partir de 2014 ocorreu um crescente aumento no número de edificações habitacionais construídas em alvenaria estrutural, empregando blocos de concreto ou cerâmico.

No Brasil a alvenaria estrutural de blocos ainda carece de revisões que objetivam a racionalização e a maior produtividade da mão-de-obra. Medeiros (1993) cita que o desenvolvimento tecnológico do campo de pesquisa da produção de blocos estruturais é sem dúvida o melhor caminho para o avanço tecnológico desse sistema. Outro fator relevante é a disponibilização do produto avaliado de acordo com a NBR 15270 no mercado.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 DEFINIÇÕES E HISTÓRICO

A alvenaria é, em geral, um sistema utilizado para edificar, esse método é a base para construção há muitos anos. Moliterno (2015) define alvenaria como “o conjunto de materiais pétreos, naturais ou artificiais, juntados entre si por meio de argamassa”, sendo no conceito mais simples do sistema, onde o autor diz que não se utilizam armações de aço ou madeira, apenas pétreos e argamassa.

Já Tauil e Nese (2010) descreve alvenaria como um conjunto de elementos unidos entre si, que possuem finalidade de dividir e vedar ambientes, de forma a promover segurança, proporcionar conforto térmico e proteger todos os ambientes contra fenômenos físicos. Os mesmos autores ainda completam ao dizer que quando a alvenaria possui função de suportar cargas ela é denominada com alvenaria estrutural e quando ela não possui função de suportar cargas ela é denominada alvenaria de vedação.

Dentre os principais componentes da alvenaria estrutural, destaca-se o bloco, que será o tema desta pesquisa. Os blocos, segundo Manzione (2007), são os elementos estruturais básicos do sistema estrutural, pois eles são fatores determinantes para uma boa resistência à compressão. Roman (1999) explica que para serem utilizados em um sistema de alvenaria estrutural ou não os blocos precisam atender critérios básicos (Figura 01).

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo aplicado desde o início das civilizações, porém, de acordo com Hendry (2002) somente por volta do século XVII a alvenaria estrutural estabeleceu-se como tecnologia de construção. Para Antunes (2014) a alvenaria estrutural é um dos sistemas construtivos mais antigos sendo datado desde o surgimento das primeiras civilizações, quando os seres humanos buscavam formas de organizar as pedras formando paredes.

**Figura 01: Critérios determinantes para a utilização do bloco cerâmico.**



**Fonte:** Elaborado pela autora (2023).

Camacho (2006) afirma que no século XIX a alvenaria estrutural era considerada umas das principais técnicas construtivas empregadas pelo homem, onde as construções da época eram erguidas seguindo regras empíricas embasadas no conhecimento popular. No Brasil, de acordo com Duarte (1999) as construções modernas que empregam o bloco com função estrutural são datadas de 1960.

Hoffmann *et al.* (2012, p.2) acrescenta que no Brasil não se construía em alvenaria estrutural no período de 1920 e 1960 em função do surgimento das estruturas de aço e concreto armado, mas de acordo com Ramalho e Corrêa (2003) é a partir de 1970 que esse tipo de alvenaria começou a ser vista como uma tecnologia da engenharia com princípios validados cientificamente, e somente no ano de 1990 que lançou-se o primeiro livro que tinha esse tema como assunto principal e no ano de 1966 a alvenaria estrutural chegou ao seu ápice na época ganhando espaço através da construção de um dos edifícios bastante relevante na história do Brasil: o Teatro Municipal em São Paulo, mostrado na Figura 02.

**Figura 02: Teatro Municipal de São Paulo entre o final do século XIX e início do século XX.**



**Fonte:** Guilherme Gaensly. Teatro Municipal, c. 1915. São Paulo, SP / Acervo IMS

Antunes (2004) diz que na década de 70 esse método ficou associado a obras de conjuntos populares devido a construção em massa de edificações financiadas pelo governo utilizando alvenaria estrutural, como o Conjunto Habitacional Central Parque Lapa, apresentado na Figura 03. Nessa mesma época, de acordo com Camacho (2006) deu-se o surgimento de normas brasileiras para a regulamentação da alvenaria estrutural, porém somente na década de 80 que os blocos cerâmicos começaram a ganhar espaço no cenário brasileiro.

**Figura 03: Conjunto Habitacional Central Parque Lapa.**



**Fonte:** Associação Brasileira de Construção Industrializada (1990).

Com o advento do aço e do concreto armado, Camacho (2006) afirma que teve início uma revolução nos métodos construtivos. Os novos materiais

juntamente com os já preexistentes possibilitaram a construção de obras maiores e também do desenvolvimento e estudo de novas técnicas construtivas, com isso a alvenaria estrutural ficou em segundo plano e os blocos começaram a atuar somente como elemento de fechamento.

A partir da sua entrada no mercado da construção civil, a alvenaria estrutural tornou-se bastante difundida, passando a empregar também blocos cerâmicos e blocos sílico-calcários. Observa-se, com base em Ramalho e Corrêa (2003) que apesar da chegada tardia, esse tipo de processo construtivo acabou instalando-se como uma alternativa econômica e eficiente na execução de edifícios residenciais e industriais.

Atualmente existem normas da ABNT que abrangem cálculo, execução e controle de obras em alvenaria estrutural. A NBR 15812-1:2010 (Alvenaria estrutural: Blocos Cerâmicos - Parte 1: Projetos) estabelecia os requisitos mínimos exigidos para a produção de projeto alvenaria estrutural e também em relação ao desempenho estrutural de elementos de alvenaria de blocos cerâmicos inseridos em sistemas estruturais. Esta norma encontra-se cancelada atualmente, sendo substituída pela NBR 166868-1:2020, explicada mais adiante, sendo ambas aplicadas nos estudos deste trabalho. Já a NBR 16868-2: 2020 (Alvenaria estrutural - Parte 2: Execução e controle de obras) estabelece os requisitos mínimos exigíveis para a execução e controle de obras que apliquem estruturas em alvenaria de blocos cerâmicos estruturais.

Existem ainda normas que determinam a caracterização dos blocos cerâmicos, tanto estruturais quanto de vedação, sendo a NBR 15270-1:2017 (Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos) e a NBR 15270-2:2017 (Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 2: Métodos de Ensaio) estabelecem os métodos para a execução dos ensaios dos blocos cerâmicos estruturais e de vedação.

Conta-se também com a NBR 166868-1:2020 (Alvenaria estrutural – Parte 1: Projeto) que trata dos requisitos para projetos em alvenaria estrutural, a NBR 16868-2:2020 (Alvenaria estrutural – Parte 2: Execução e controle de obras) que estabelece requisitos para controle e execução de obras em alvenaria estrutural e a NBR 16868:2020 – Parte 3: Métodos de ensaio) que apresenta os métodos de ensaio

dos elementos em alvenaria construídos em blocos cerâmicos ou de concreto submetidos a esforços de compressão axial, cisalhamento, flexão e flexocompressão.

Ademais, outras NBR's que figuram neste cenário, são a NBR 10837:2005 (Cálculos de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto) que atualmente foi substituída pela NBR 6136:2016 – (Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos) e ambas fixam as condições para projeto e execução de obras em alvenarias estruturais não armada, parcialmente armada ou armada, exclusivamente de blocos de concreto vazados.

## **2.2 SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

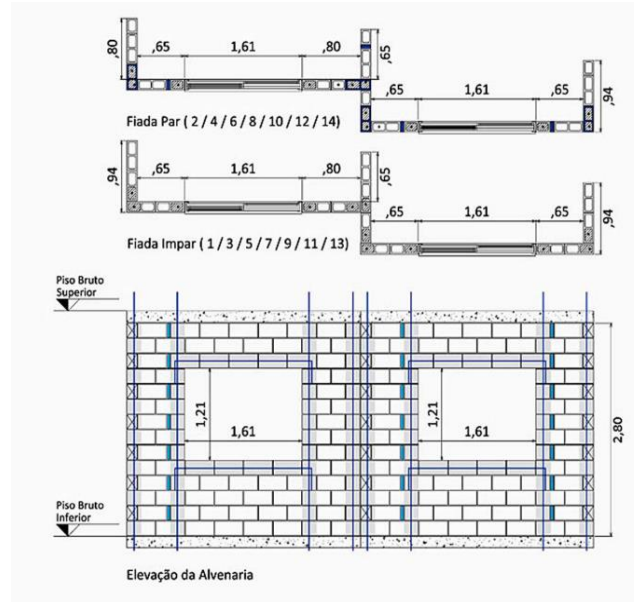
Conceitua-se, de acordo com Romam *et al.* (1999), o sistema construtivo denominado como alvenaria estrutural todo aquele no qual as paredes da edificação são empregadas para resistir às cargas, em substituição aos pilares e vigas utilizados nos sistemas com estrutura de concreto armado, aço ou madeira. Uma parede construída em alvenaria estrutural pode ser definida, segundo Gouveia *et al.* (2006), como um componente estrutural contínuo vertical, retilíneo ou curvilíneo, constituído pela vinculação e por meio de um ligante, em geral argamassa, de um conjunto de elementos resistentes e que podem conter elementos de reforço de outra natureza, como barras de aço, graute ou outros.

A parede que é estrutural é toda aquela que participa da estrutura, servindo de apoio para lajes e outros elementos. Já a parede não estrutural é aquela que não participa da estrutura, gerando carregamentos (PARSEKIAN, 2010). Cabe ressaltar que nem sempre todas as paredes de um projeto são estruturais, isso varia de acordo com cada edificação.

Tauil e Nese (2010) classifica a alvenaria estrutural em 3 tipos: alvenaria estrutural armada ou parcialmente armada, alvenaria estrutural não armada e alvenaria protendida. A alvenaria estrutural armada ou parcialmente armada recebe reforço por necessidade estrutural utilizando armaduras passivas de fios, barras e telas de aço dentro dos vazios dos blocos, com a finalidade de atender os esforços solicitados pela estrutura da edificação. Zonas de vazios dos blocos são

posteriormente preenchidas com graute. A Figura 04 apresenta um exemplo de alvenaria estrutural armada.

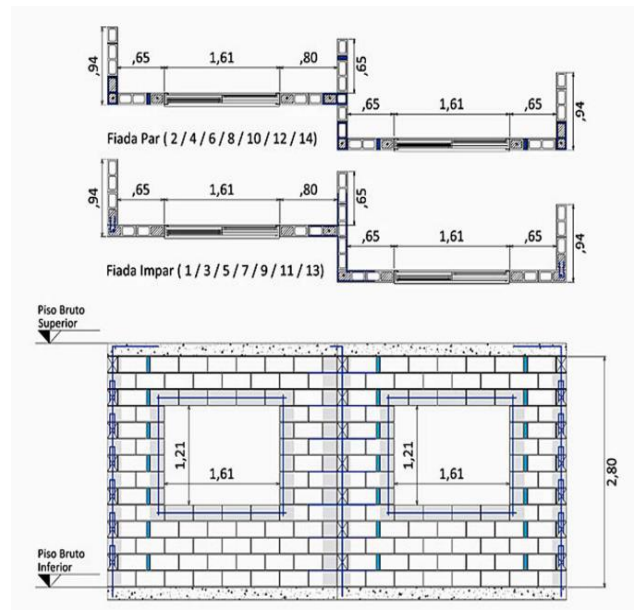
**Figura 04: Alvenaria estrutural armada ou parcialmente armada.**



**Fonte:** Tauil e Nese (2010).

Já a alvenaria estrutural (Figura 05) não armada é um tipo de alvenaria que não recebe graute e os reforços de aços empregados nesse tipo de alvenaria possuem função exclusivamente construtiva a fim de evitar futuras patologias, como trincas e fissuras. Santos (1998) e Lisboa (2008), dizem que as alvenarias do tipo não armada são construídas com blocos estruturais, podendo ser maciços ou vazados, assentados com argamassa. O aço, neste caso, é empregado somente com a finalidade construtiva de amarração, não sendo absorvidos os esforços calculados.

**Figura 05: Alvenaria estrutural não armada.**



**Fonte:** Tauil e Nese (2010).

Tauil e Nese (2010) ainda classifica a alvenaria estrutural como protendida. Esse tipo de alvenaria é reforçado por uma armadura pré tensionada que sujeitam a alvenaria a esforços de compressão. A Figura 06 apresenta uma ilustração de alvenaria protendida.

**Figura 06: Alvenaria protendida.**



**Fonte:** Tauil e Nese (2010).

## 2.3 BLOCOS CERÂMICOS

### 2.3.1 Processo de Fabricação

A cerâmica vermelha, de acordo com Verçoza (1987), é caracterizada por produtos derivados da argila, através da moldagem, secagem e queima. Ikeda (1980) diz que esta é uma indústria de processo químico na qual as matérias primas passam por uma sequência de procedimentos que alteram as suas características físicas e químicas a cada etapa até a obtenção do produto final. A tecnologia de fabricação blocos cerâmicos quase não evoluiu ao longo do tempo, sendo grande parte do processo artesanal, com automação, quando existir, apenas de equipamentos a fim de reduzir custos com a mão de obra (MINEROPAR, 1997)

A produção de blocos cerâmicos estruturais possui, segundo Ikeda (1980), assim como os demais produtos cerâmicos, três etapas fundamentais. Sendo elas a preparação das matérias primas, a conformação e o processamento térmico. A etapa de preparação inicia-se na seleção da matéria prima. As matérias-primas empregadas na fabricação blocos cerâmicos são as argilas e os desengordurantes, sendo as primeiras a matéria ativa, e os segundos, os materiais inertes que diminuem a plasticidade. As argilas são materiais terrosos que apresentam propriedades plásticas quando misturados com água e enrijecem quando secos e cozidos. (PETRUCCI, 1982). O depósito natural de argila é chamado barreira e, para sua exploração retira-se a primeira camada, que normalmente apresenta grande quantidade de matéria orgânica, sendo que as outras camadas, mais puras, são aproveitadas na indústria cerâmica (VERÇOZA, 1987).

A plasticidade é uma característica das argilas empregadas na fabricação de blocos cerâmicos, e pode ser definida segundo Pinatti *et al.* (2010) como a propriedade que as argilas possuem de se deixarem modelar, quando pastosas, pela adição de água. A plasticidade faz com que a argila fique facilmente moldável por compressão ou extrusão conservando sua forma até a completa secagem. As argilas que possuem certa porcentagem de calcário são classificadas, de acordo com Durães (1985), como argilas magras e são estas ideais para serem misturadas as argilas puras ou gordas a fim de reduzir a plasticidade excessiva, sendo a porcentagem de cada argila determinada durante o processo e em pequenas e médias indústrias de acordo com o conhecimento prático das pessoas responsáveis por esse preparo.

Após caracterizada a matéria prima, parte-se para a extração da argila que geralmente é feita a céu aberto com o auxílio de uma retroescavadeira e pá carregadeira, trator de esteira com lâmina ou pá escavadeira e o raspador-carregador (“scraper”). As escavações de uma jazida, segundo Petrucci (1982) podem se dar por duas maneiras. A primeira delas é a escavação por sangas que neste caso procura-se inverter a disposição dos materiais, colocando-se a argila sobre o material estéril. Já a segunda delas é a escavação por rampas que quando a topografia do local permite, usam-se rampas que permitem o fácil escoamento das águas e eliminação dos escombros.

Após a extração, a argila passa pelo processo de sazonalamento, que é o período onde estas ficam sujeitas às intempéries com o objetivo de que ocorra a fermentação e decomposição da matéria orgânica e lavagem dos sais solúveis facilitando assim o processo de moldagem por extrusão e desenvolvendo suas propriedades plásticas (VERÇOZA, 1987; SANTOS & SILVA, 1995). O processo de sazonalamento, conforme Santos e Silva (1995) é essencial para evitar o inchamento das peças após a moldagem, secagem e o desenvolvimento de gases durante o cozimento.

A etapa de preparação da massa, de acordo com Petrucci (1982), compreende vários processos, sendo depuração, divisão, homogeneização e obtenção da umidade adequada da matéria-prima, sendo esta última uma das únicas etapas realizadas pelas indústrias. O processo de homogeneização e mistura dos diferentes tipos de matéria-prima ocorre através da passagem da mesma por um conjunto de várias máquinas. No dosador alimentador, as matérias-primas são dosadas de acordo com as características e os objetivos a que se propõem e em seguida são levadas por meio de uma correia transportadora ao destorroador, que são anéis dentados que têm função de triturar os torrões maiores de argila. Após esse processo a argila passa pelos laminadores que são máquinas com dois cilindros, um liso e um estriado, que transformam os torrões de argila em lâminas e eliminam as pedras que se encontram misturadas as argilas. Por fim, a matéria-prima segue até o misturador horizontal, onde finaliza-se a mistura das argilas e adiciona-se a água necessária para a massa adquirir a plasticidade adequada para a moldagem (SUDENE/ITEP, 1988). O misturador alimenta diretamente a extrusora, onde ocorre a próxima etapa do processo produtivo: a moldagem.

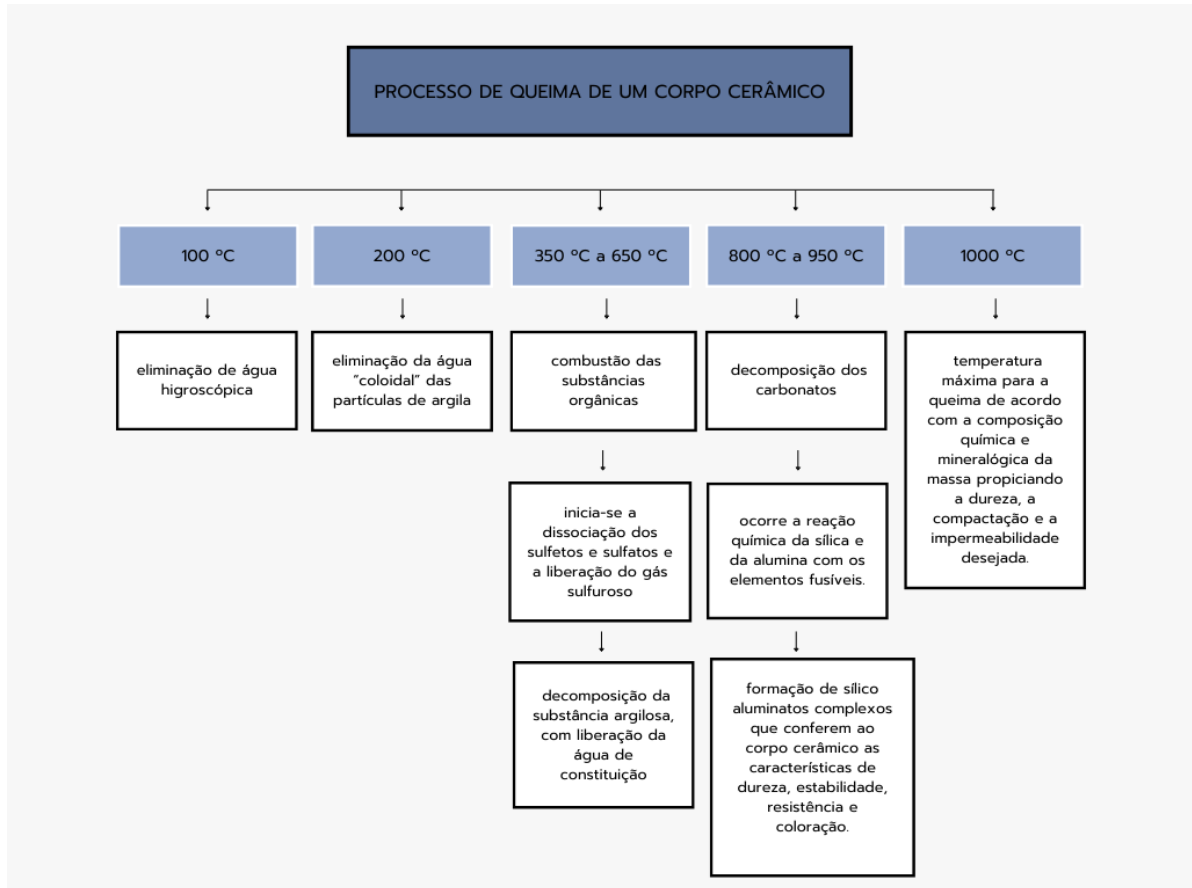
O processo de moldagem está estritamente ligado ao teor de água da pasta de argila. De acordo com Petrucci (1982) quanto maior a porcentagem de água contida na pasta de argila, mais plástica e mais fácil de se moldar ela se torna, diminuindo conseqüentemente o consumo de energia. A moldagem dos blocos cerâmicos estruturais é feita em máquinas chamadas marombas ou extrusoras. Essas máquinas submetem a argila preparada ao vácuo, que é de fundamental importância para eliminar o ar da massa, melhorar a plasticidade e permitir a moldagem com o mínimo de água possível (SANTOS & SILVA, 1995).

Após a moldagem, o bloco já pronto passa pelo processo de secagem. O processo de secagem é uma operação lenta e uniforme, deve ocorrer antes das peças extrudadas passarem para a etapa de queima, pois ao saírem da etapa de moldagem a peça possui cerca de 30% de umidade, sendo o processo de secagem o responsável por fazer a peça atingir os 3% de umidade ideais para início do processo de queima. (SANTOS E SILVA, 1995). Na fabricação de blocos cerâmicos existem, de acordo com Petrucci (1982), dois processos básicos de secagem: natural e artificial. Verçoza (1987) explica que a secagem natural acontece ao ar livre, e é o processo mais comum utilizado pelas indústrias. Esse método exige grandes áreas protegidas do sol e com ventilação natural, geralmente alocada próximo ao forno afim de aproveitar o calor do mesmo. O segundo processo de secagem é o artificial, que pode ser, segundo Petrucci (1982), contínua ou intermitente, realizada em câmaras de alvenaria comum, sendo as peças empilhada com uma face sempre em contato com o ar, e tendo a vantagem sobre o tempo de controle da secagem e da umidade residual.

Por fim os produtos cerâmicos passam pela queima (Figura 07), que foi explicado por Santos e Silva (1995), como o processo que confere ao material as propriedades adequadas ao uso: dureza, resistência mecânica, resistência à água, às intempéries e aos agentes químicos. Santos e Silva (1995) diz que a operação de queima dos produtos pode ser dividida em três etapas: aquecimento, queima e resfriamento. Estas etapas devem ser conduzidas seguindo os parâmetros estabelecidos pelos ensaios realizados com corpos-de-prova afim de se verificar quais as temperaturas adequadas a cada etapa, velocidade e tempo de exposição as condições determinadas.

Segundo Pracidelli (1981), durante a queima de um corpo cerâmico, à medida que a temperatura aumenta, ocorrem os seguintes fenômenos:

**Figura 07: Esquema do processo de queima.**



**Fonte:** Elaborado pela autora (2023).

Aguiar (2022) explica que os fornos cerâmicos são responsáveis pelo processo final de queima das peças cerâmicas, sendo responsáveis diretamente pela qualidade final do produto. Existem diversos modelos de fornos e cada um varia conforme a necessidade de produção da indústria. Os tipos de fornos utilizados na fabricação de produtos de cerâmica vermelha são: fornos intermitentes, semicontínuos e contínuos. Os fornos intermitentes recebem essa classificação porque sua produção é feita por "bateladas", ou seja, eles são carregados de material a ser queimado, que após o forno ser totalmente preenchido, os fornos são fechados para o material sofrer a queima e depois o forno é resfriado e o material descarregado.

Os fornos semicontínuo são assim denominados por ser divididos em compartimentos chamados de câmaras que se interligam por um coletor de gás central. A queima do material é feita câmara por câmara, ou seja, enquanto um está

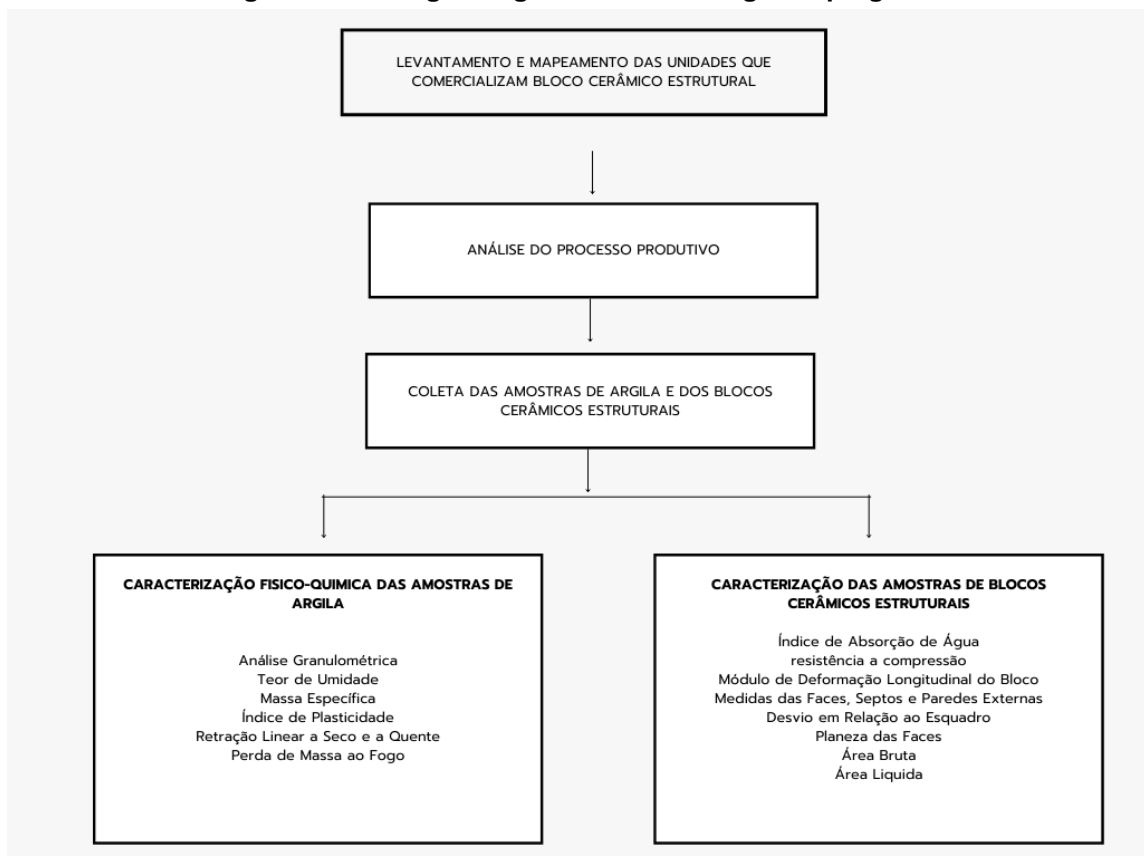
na fase da queima os anteriores estão se resfriando e os posteriores em fase de aquecimento. Já os fornos contínuos são aqueles em que a queima é feita de forma contínua sem interrupção para a carga e descarga do material.

Após finalizado o processo de queima e resfriados naturalmente, os blocos encontram-se aptos para serem empacotados e armazenados ou transportados até o local da edificação.

### 3. METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica sobre as propriedades do bloco cerâmico estrutural e os requisitos exigidos pelas normas para a conformidade do mesmo. A pesquisa também contou com ensaios realizados em laboratório para análise da argila e para o controle de qualidade dos blocos cerâmicos estruturais. A Figura 08 traz as etapas metodológicas empregadas, tendo em vista atingir os objetivos propostos.

**Figura 08: Fluxograma geral da metodologia empregada.**



**Fonte:** Elaborado pela autora (2023).

Na primeira fase, que trata do mapeamento das unidades produtoras de blocos cerâmico estrutural, realizou-se um levantamento de quais cidades compõem a micro região da canastra que produzem blocos cerâmicos estruturais. Esse levantamento foi realizado através de pesquisas na internet e ligações telefônicas.

Na segunda etapa afim realizar a avaliação das empresas selecionadas, onde foi analisando o processo produtivo das empresas selecionadas por meio da aplicação do questionário, que se encontra no Anexo I, elaborado a partir de modelo proposto por Villar (2005), além da observação em campo de cada etapa do processo produtivo.

Na terceira etapa coletou-se amostras de cinco quilos da massa argilosa utilizada na mistura para produção dos blocos, de cada empresa, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos lacrados e conduzidas até os Laboratórios de Engenharia do IFMG - Campus Avançado Piumhi, para a realização da caracterização físico-química dessas amostras. A coleta foi realizada na empresa, onde as argilas já se encontravam misturadas por processo mecânico e com o teor de água já incorporado com a finalidade de obter-se umidade relativa utilizada pela empresa. Quanto aos ensaios de caracterização da massa argilosa, estes seguiram os parâmetros adotados por suas respectivas normas, e estão apresentados no Quadro 01.

**Quadro 01: Relação de avaliações realizadas na massa argilosa e normatização aplicável.**

ENSAIO	REFERÊNCIA NORMATIVA
Teor de Umidade da Argila	NBR 6457:2016
Índice de Plasticidade*	NBR 7180:2016

\* Foi necessário determinar o Limite de Plasticidade e o Limite de Liquidez, regidos pelas NBR 7180 e NBR 6459, respectivamente.

**Fonte:** Elaborada pela autora (2023).

Na quarta etapa os ensaios realizados nos blocos estruturais estes foram determinados de acordo com a obrigatoriedade para a avaliação de conformidade proposta pela NBR 15270-3 (ABNT, 2005) exibidos nas Figuras 09, 10 e 11.

**Figura 9: Determinação das características geométricas – sumário dos métodos de ensaio.**

Determinações	N	I	Anexos	Blocos cerâmicos	
				V	E
Valores das dimensões das faces – dimensões efetivas	X		A	◊	◊
Espessura dos septos e paredes externas do bloco	X			◊	◊
Desvio em relação ao esquadro	X			◊	◊
Planeza das faces	X			◊	◊
Área bruta	X			•	•
Área líquida	X			-	•
V - vedação		N - normativo			
E - estrutural		I - informativo			
◊ - Obrigatório para avaliação de conformidade.					
• - Não obrigatório para avaliação de conformidade.					

Fonte: NBR 15270-3:2005.

**Figura 10: Determinação das características físicas – sumário dos métodos de ensaio.**

Determinações	N	I	Anexos	Blocos cerâmicos	
				V	E
Massa seca	X		B	•	•
Índice de absorção d'água	X			◊	◊
V - vedação		N - normativo			
E - estrutural		I - informativo			
◊ - Obrigatório para avaliação de conformidade.					
• - Não obrigatório para avaliação de conformidade.					

Fonte: NBR 15270-3:2005.

**Figura 11: Determinação das características físicas – sumário dos métodos de ensaio.**

Determinações	N	I	Anexos	Blocos cerâmicos	
				V	E
Resistência à compressão dos blocos estruturais e de vedação	X		C	◊	◊
Diretrizes para seleção de métodos de ensaios para determinação de características especiais		X	D	•	•
Índice de absorção inicial (AAI)		X	E	•	•
V - vedação		N - normativo			
E - estrutural		I - informativo			
◊ - Obrigatório para avaliação de conformidade.					
• - Não obrigatório para avaliação de conformidade.					

Fonte: NBR 15270-3:2005.

Para os ensaios realizados, para cada empresa, coletou-se dois lotes de 13 blocos cerâmicos estruturais, com parede vazada e dimensões de 140 mm x 190 mm x 290 mm. As amostras foram transportadas em estrados de madeira, para o Laboratório de Material de Construção Civil do IFMG - Campus Avançado Piumhi e, logo após, acondicionados sobre superfície plana e limpa. Antes de serem ensaiadas, as amostras foram organizadas, identificadas, preparadas e colocadas em ambiente protegido de intempéries e de agentes contaminantes. Realizou-se alguns ensaios de caracterização que estão apresentados no Quadro 02 com suas respectivas normas regentes.

**Quadro 02: Relação de avaliações realizadas nos blocos cerâmicos e normatização aplicável.**

ENSAIO	REFERÊNCIA NORMATIVA
Avaliação Visual	NBR 15270-1:2017
Análise Dimensional	NBR 15270-3:2005
Planeza das Faces	NBR 15270-3:2005
Desvio em Relação ao Esquadro	NBR 15270-3:2005
Índice de absorção d'água	NBR 15270-3:2005
Retração Linear	NBR 8385:2013
Perda de Massa ao Fogo	NBR 13600:2022
Resistência à Compressão	NBR 15270-3:2005

**Fonte:** Elaborada pela autora (2023).

### 3.1 TEOR DE UMIDADE DA ARGILA

O ensaio de teor de umidade é realizado baseando-se na NBR 6457:2016 - Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Para a realização deste ensaio primeiramente deve-se tomar uma quantidade de material que varia conforme a dimensão dos grãos contidos na amostra, destorroar e colocar no estado fofo em capsulas metálicas adequadas, pesando o conjunto. Em seguida deve-se colocar a capsula em estufa à temperatura de 105 °C a 110 °C onde a mesma deve permanecer até apresentar constância de peso, que acontece normalmente em um intervalo de 16h a 24h. Após a completa secagem deve-se retirar a capsula da estufa e transferi-la para o dessecador, onde o material deve permanecer até atingir a temperatura ambiente, sendo pesado logo em

seguida. Com os dois valores de pesagem, deve-se aplicar a equação do cálculo de teor de umidade:

$$h = \frac{P_{cápsula+solo\ úmido} - P_{cápsula+solo\ seco}}{P_{cápsula+solo\ seco} - P_{cápsula}} \times 100$$

**Equação 1: Teor de umidade**

Onde:

h = teor de umidade (%);

p = peso da amostra (g)

### **3.2 ÍNDICES DE ATTERBERG**

Os Índices de Atterberg, de acordo com Almeida (2005), é descrito a partir dos ensaios de Limite de Plasticidade (LP), Limite de Liquidez (LL) e Índice de plasticidade (IP) sendo estes fundamentais para a determinação da plasticidade de um solo.

Plasticidade pode ser definida, de acordo com a NBR 6484:2001, como a propriedade dos solos argilosos fícos de sofrerem grandes deformações permanentes, sem apresentarem rupturas, fissuras ou grande variação de volume.

#### **3.2.1 Limite de Plasticidade**

O Limite de Plasticidade, definido por Caputo (1988) é compreendido como o teor de umidade em que o solo deixa de ser plástico, sendo caracterizado como a umidade de transição entre os estados plástico e semissólido. A NBR 7180:2016 define os procedimentos para a determinação do LP, que diz que quando realizado sem a secagem prévia, a amostra deve ser previamente preparada na cápsula de porcelana, amassando-a e revolvendo-a rigorosamente, com o auxílio da espátula, a fim de obter uma massa homogênea com consistência plástica. Em seguida, toma-se 10 g da amostra, que deve ser rolada sobre uma placa de vidro até esta obter a forma de um cilindro seguindo alguns critérios.

1. Se a amostra se fragmentar antes de atingir 3 mm de diâmetro, deve retorná-la à cápsula de porcelana, adicionar água destilada, homogeneizá-la por pelo menos 3 minutos e repetir o processo de moldagem;
2. Se a amostra atingir o diâmetro de 3 mm sem se fragmentar, deve-se amassar o material e repetir o processo de moldagem;
3. Se o cilindro se fragmentar, com o diâmetro de 3 mm e comprimento próximo a 100 mm, deve-se transferir os fragmentos para um recipiente adequado e em seguida determinar a umidade conforme procedimento apresentado pela NBR 6457:2016 e descrito anteriormente neste documento.

O limite de plasticidade é obtido fazendo-se a média aritmética dos teores de umidade (Equação 2). Ressalta-se que os valores de umidade utilizados não podem diferir em mais de 5% da média encontrada. Caso os valores de umidade não se situem nessa faixa de  $\pm 5\%$  eles devem ser desprezados e uma nova média realizada.

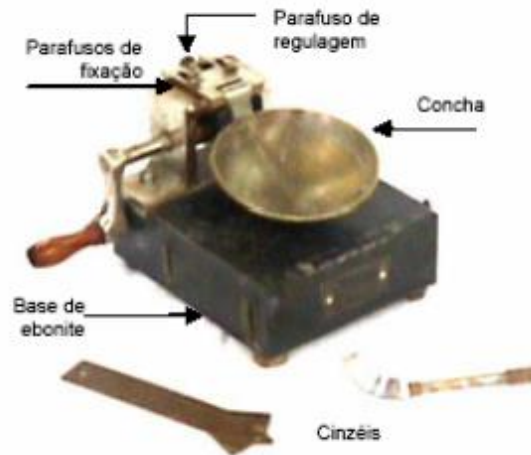
$$LP = \frac{\sum h_i}{i}$$

**Equação 2: Limite de Plasticidade**

### **3.2.2 Limite de Liquidez**

De acordo com Ortigão (2007) Limite de Liquidez pode ser definido como a umidade abaixo do comportamento plástico de um solo, caracterizada como a umidade de transição entre os estados líquido e plástico. Esse ensaio, inicialmente desenvolvido por Atterberg, foi padronizado por Arthur Casagrande, que criou um aparelho denominado como Aparelho de Casagrande (Figura 12).

**Figura 12: Aparelho de Casagrande.**



**Fonte:** ALMEIDA (2005).

O ensaio para a determinação do LL é descrito pela NBR 6459:2017, e diz que inicialmente deve-se tomar metade da amostra preparada conforme a NBR 6457:2016, e seguir os procedimentos descritos a seguir:

1. Coloca-se a amostra em uma cápsula de porcelana adicionando água destilada em pequenas quantidades e revolvendo-a, com o auxílio de uma espátula, de forma a obter uma massa homogênea que possua consistência tal que sejam necessários em média 35 golpes para fechar a ranhura;

2. Após a homogeneização, transfere-se parte da mistura para a concha do aparelho, moldando-a de tal forma que a parte central da concha apresente uma espessura de aproximadamente 1 cm sem que a mesma apresente bolhas de ar;

3. Com o emprego do cinzel, divide-se a massa em duas partes abrindo uma ranhura no centro (Figura 13) perpendicularmente a articulação da concha;

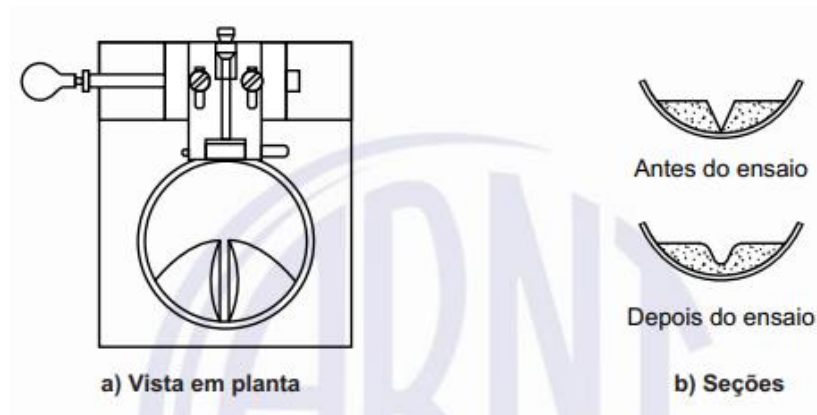
4. Terminado o preparo da amostra, gira-se a manivela golpeando a concha contra a base, à razão de duas voltas por segundo, até que as bordas inferiores da ranhura se unam em 1,3 cm de comprimento, registrando a quantidade de golpes necessário para tal operação;

5. Retira-se uma pequena quantidade de massa plástica do trecho em que ela se uniu e transfere-se imediatamente para uma cápsula para a determinação da umidade conforme a NBR 6457:2016.

6. Depois de terminado o teor de umidade, transfere-se o solo restante na concha para uma cápsula de porcelana e repete-se as operações descritas acima até obter-se pelo menos três pontos de ensaio cobrindo o intervalo de 15 a 35 golpes.

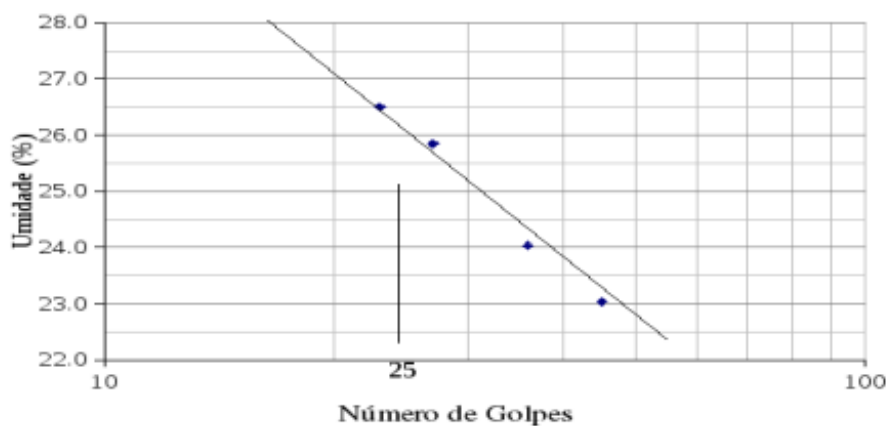
7. Terminado o ensaio, constrói-se um gráfico no qual as abscissas são os teores de umidade e as ordenadas são os números de golpes (Figura 154) ajustando no gráfico uma reta dos pontos obtidos cujo teor de umidade corresponde a 25 golpes, sendo este considerado o limite de liquidez do solo que corresponde ao teor de umidade correspondente a 25 golpes.

**Figura 13: Aspecto da Ranhura.**



Fonte: NBR 6459:2016.

**Figura 14: Reta de Escoamento.**



Fonte: LIMA (2017).

### 3.2.3 Índice de Plasticidade

O Índice de Plasticidade das argilas é encontrado, de acordo com Correia *et al* (2002), de forma indireta através da medição de outras propriedades. Segundo Pinto (2002) o IP representa a quantidade de água a incluir no solo, para que ele mude do estado plástico para o estado líquido, sendo definido como a diferença entre o LL e o LP, portanto tem-se:

$$IP = LL - LP$$

**Equação 3: Índice de Plasticidade**

Onde:

IP = índice de plasticidade (%);

LL= limite de liquidez, determinado de acordo com a ABNT NBR 6459;

LP= limite de plasticidade.

O Índice de plasticidade, conforme explicado por Das (2006), é classificado conforme mostrado na Figura 15.

**Figura 15: Classificação do Índice de Plasticidade.**

<b>IP</b>	<b>Descrição</b>
0	Não-plástico
1 - 5	Ligeiramente plástico
5 - 10	Plasticidade baixa
10 - 20	Plasticidade média
20 - 40	Plasticidade alta
> 40	Plasticidade muito alta

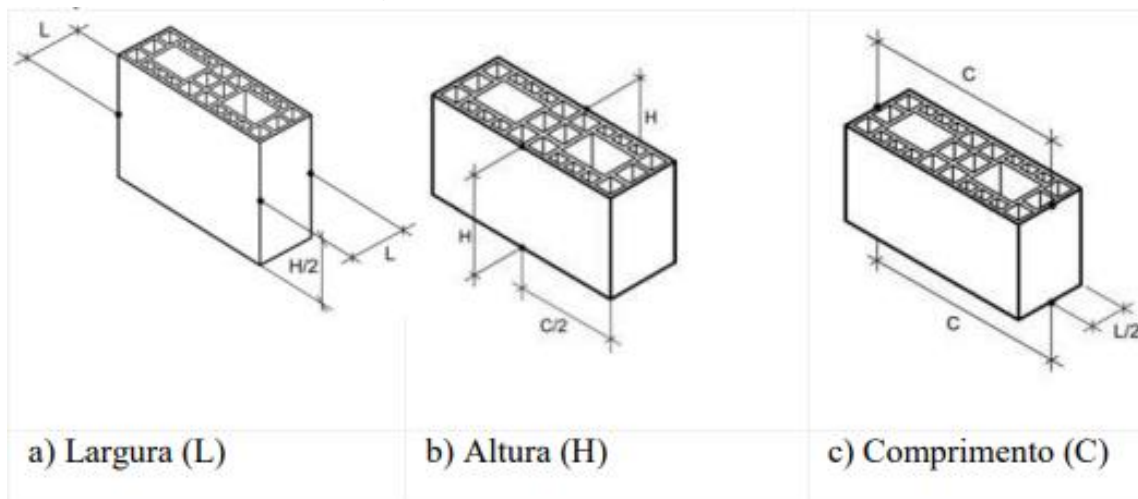
Fonte: DAS (2006).

### 3.3 AVALIAÇÃO VISUAL E ANÁLISE DIMENSIONAL

A primeira etapa do processo foi a avaliação visual realizada conforme recomendação da NBR 15270-1 (ABNT, 2017) aferindo as informações gravadas nos blocos conferindo a identificação da empresa, indicação de dimensões de fabricação na sequência – Largura (L), Altura (H) e Comprimento (C), gravação das letras “EST” (indicando a função estrutural) e indicação de rastreabilidade além da observação se ocorre ou não presença de fissuras, irregularidades de superfície ou deformações afim.

Finalizada a avaliação visual iniciou-se o processo de caracterização geométrica dos blocos, em concordância com a NBR 15270-3 (ABNT, 2005). O primeiro ensaio realizado foi a medida das faces, que foram obtidas conforme indicado na Figura 16. Neste ensaio as dimensões das faces foram verificadas uma a uma, em cada bloco, por um paquímetro manual calibrado e com precisão de 0,01 mm, sendo realizadas 3 medições para cada direção e adotando como medida efetiva a média das mesmas.

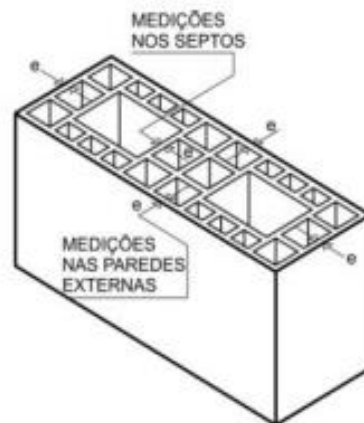
**Figura 16: Locais para medições de largura (a), altura (b) e comprimento (c) dos blocos.**



**Fonte:** NBR 15270-3:2005.

Seguindo a norma, realizou-se também a medição da espessura das paredes externas e septos dos blocos, conforme mostrado na Figura 17.

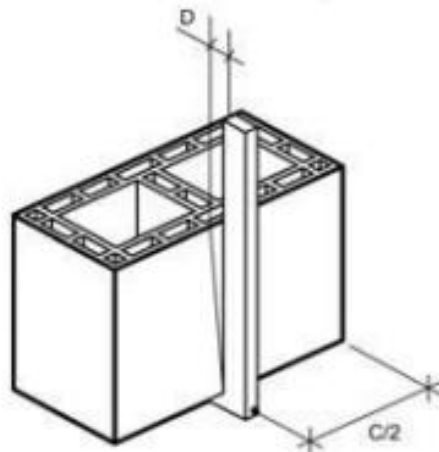
**Figura 17: Posições para as medições de espessura das paredes externas e septos.**



Fonte: NBR 15270-3:2017.

Avaliou-se o desvio em relação ao esquadro entre uma das faces destinadas ao revestimento e ao assentamento, conforme Figura 18, empregando-se o esquadro metálico e a régua metálica.

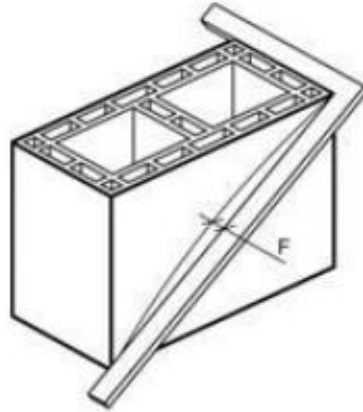
**Figura 18: Medição do desvio em relação ao esquadro.**



Fonte: NBR 15270-3:2005.

E finalizando os ensaios para análise dimensional, realizou-se a planeza das faces, que foi medida através da flecha formada na diagonal, empregando-se o esquadro metálico e a régua metálica, conforme exemplificado na Figura 19.

**Figura 19: Representação Esquemática da planeza das faces.**



Fonte: NBR 15270-3:2005.

### **3.4 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA**

O ensaio para determinação do índice de absorção de água (AA) é realizado conforme a norma NBR 15270-3 (2005) e obtido pela relação entre a massa seca e a massa úmida dos blocos, definida como o peso da água que é absorvida durante a imersão em água por um período de tempo definido em norma como sendo 5 horas em água fervente ou 24 horas em água fria. O índice de absorção de água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%.

Para a realização deste ensaio utilizou-se 13 blocos cerâmicos estruturais que passaram inicialmente por uma análise visual a fim de observar a integridade física das unidades. Logo após a inspeção visual realizou-se uma limpeza com um pano levemente umedecido com o objetivo de eliminar possíveis sujidades e em seguida colocou-se os blocos em estufa à temperatura de  $105^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$  até que as duas pesagens consecutivas realizadas em um intervalo mínimo de uma hora difiram em no máximo 0,25% quando pesados imediatamente após a remoção da estufa para a determinação da massa seca.

Após a determinação da massa seca, os blocos foram totalmente imersos em um recipiente em um recipiente de dimensões apropriadas e preenchido com água à temperatura ambiente onde ficaram imersos por 24 horas. Transcorrido o tempo de imersão, interrompe-se a operação e os e os blocos saturados foram retirados da água

removeu-se o excesso de água com um pano seco e então pesou-se novamente os blocos, obtendo a massa do bloco saturado.

Os valores de absorção de água são expressos, para cada bloco cerâmico, pela seguinte equação:

$$AA = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100$$

**Equação 4: Absorção de Água**

Onde:

AA = absorção de água (%);

$M_u$  = massa do corpo de prova saturado (g);

$M_s$  = massa do corpo de prova após a queima (g).

### 3.5 RETRAÇÃO LINEAR DE SECAGEM E DE QUEIMA

A Retração é definida de acordo com Rodrigues (2002) como a redução dimensional de um corpo quando submetido a secagem.

A NBR 8385:2013 estabelece parâmetros para a obtenção da retração linear de secagem (RLS) e retração linear após a queima (RLQ). Para a determinação da retração linear de secagem, a norma orienta que se deve obter as dimensões de largura, altura e comprimento de cada bloco após a extrusão e após a secagem e em seguida aplica-se os valores obtidos na seguinte expressão:

$$R_S = \frac{L_E - L_S}{L_E} \times 100$$

**Equação 5: Retração Linear de Secagem**

Onde:

$R_S$  = retração linear de secagem (%);

$L_E$  = medida do corpo de prova úmido após a extrusão (mm);

$L_S$  = medida do corpo de prova após secagem (mm).

O maior indicador da variação dimensional do produto é a sua queima, podendo-se entender que no processo de queima de uma argila acontece a contração. (MÁS,2002). Afim de obter a retração linear após a queima ( $R_Q$ ) deve-se obter as dimensões de largura, altura e comprimento de cada bloco, após a queima, e em seguida aplica-las na seguinte expressão:

$$R_Q = \frac{L_S - L_Q}{L_S} \times 100$$

**Equação 6: Retração Linear de Queima**

Onde:

$R_Q$ = retração linear de queima (%);

$L_S$ = medida do corpo de prova após a secagem (mm);

$L_Q$ = medida do corpo de prova após queima (mm).

### 3.6 PERDA DE MASSA AO FOGO

De acordo com a NBR 13600: 2022, durante o processo de queima os blocos tendem a perder massa então pesa-se novamente os blocos após todo o processo de queima e determina-se o parâmetro de perda de massa ao fogo (PF) através da seguinte equação:

$$P_F = \frac{M_{SS} - M_Q}{M_{SS}} \times 100$$

**Equação 7: Perda de Massa ao Fogo**

Onde:

$P_F$ = perda ao fogo (%);

$M_{SS}$ = massa do corpo de prova seco após a secagem (g);

$M_Q$ = massa do corpo de prova após queima (g).

A interpretação dos resultados do ensaio de perda de massa ao fogo, segundo Más (2002) é apresentado na Tabela 01.

**Tabela 01: Interpretação dos Resultados da Perda ao Fogo.**

<b>Perda ao Fogo (%)</b>	<b>Interpretações</b>
<b>4 – 8</b>	Valor baixo, provável presença de magros
<b>10 – 12</b>	Provável predomínio de plásticos
<b>15 – 15</b>	Matéria orgânica ou calcária.

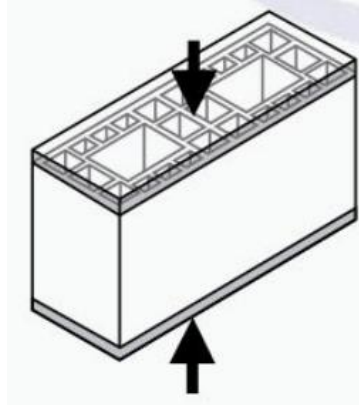
Fonte: Adaptada de Más (2002).

### **3.7 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NA ÁREA BRUTA**

A resistência à compressão é a principal característica da unidade para uso em alvenaria estrutural e deve alvejar os requisitos mínimos descritos na NBR 15270-2:2017 e ao mesmo tempo as exigências do projeto estrutural.

Os métodos de ensaio de compressão dos blocos são explicados conforme a NBR 15270-2:2017 que diz que a resistência é calculada pela relação entre a carga de ruptura pela área bruta do bloco. Para a realização do ensaio deve-se, após medir a largura, altura e o comprimento dos blocos, realizar o capeamento em cada bloco na face que estará em contato com a prensa, afim desta ser regularizada, com pasta de cimento ou argamassa com resistência superior à 70% da resistência dos blocos na área líquida. Após a secagem do capeamento, os corpos de prova precisam ser imersos em água durante 6 horas, sendo em seguida submetidos ao ensaio de compressão. A Figura 20 mostra como o esforço de compressão aplicado no bloco cerâmico.

**Figura 20: Compressão axial do bloco estrutural.**



Fonte: NBR 15270-2 (2017).

A resistência à compressão na área bruta ( $RC_B$ ) dos blocos foi determinada pela expressão:

$$RC_B = \frac{F}{L \times C}$$

**Equação 8: Resistência à Compressão**

Onde,

$RC_B$  = resistência à compressão na área bruta (Mpa);

F = carga máxima de compressão (N);

L = largura do corpo de prova seco após queima (mm);

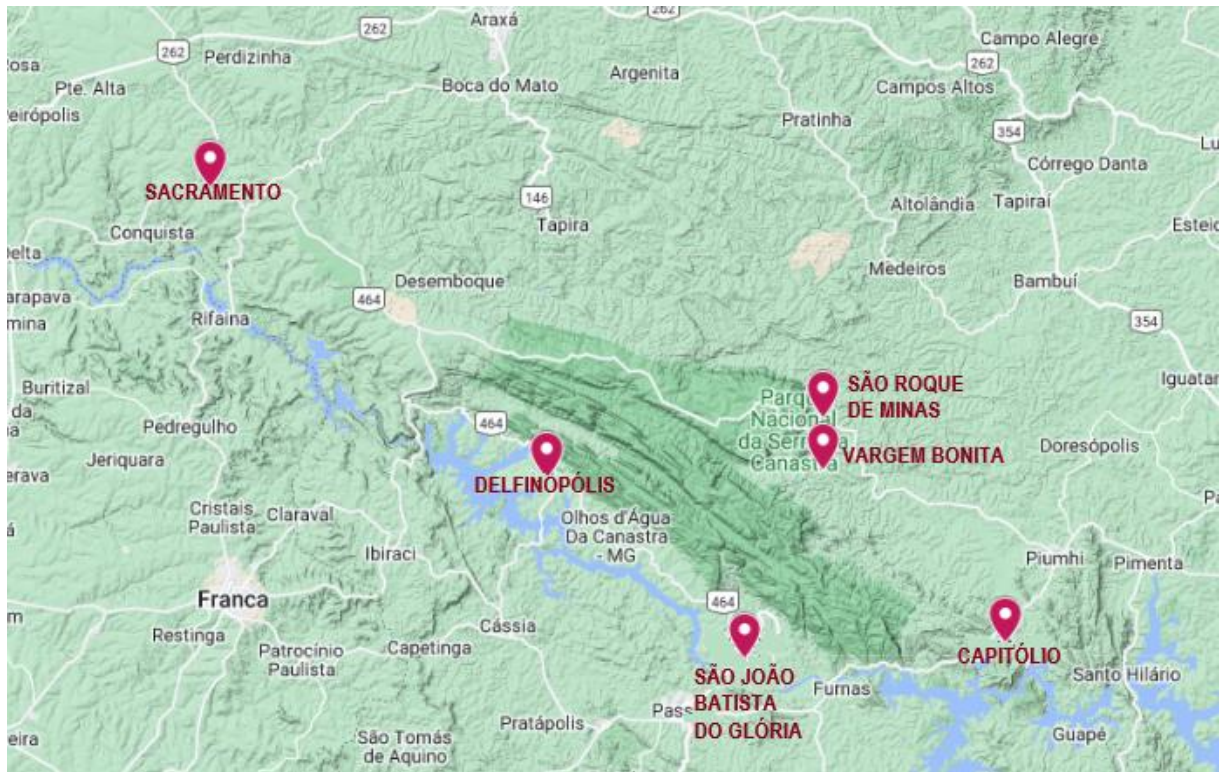
C = comprimento do corpo de prova seco após queima (mm);

## **4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

### **4.1 MAPEAMENTO DAS UNIDADES QUE COMERCIALIZAM O BLOCO CERÂMICO ESTRUTURAL**

A microrregião da Serra da Canastra considerada para esse trabalho baseou-se nas cidades que fazem parte do Parque Nacional da Serrana da Canastra. De acordo com Silva (2016), o Parque foi criado em abril de 1972, com 200 mil hectares de área e abrange seis cidades (Figura 21) em seu entorno sendo São Roque de Minas, Sacramento, Delfinópolis, São João Batista do Glória, Capitólio e Varge Bonita.

**Figura 21: Cidades Pertencentes a Região da Canastra.**



**Fonte:** Elaborado pela Autora (2024).

Fez-se um levantamento via ligação telefônica das unidades de indústria de cerâmica vermelha produtoras de bloco cerâmico estrutural na região da canastra e localizou-se uma única unidade produtora na cidade de Capitólio. Os blocos cerâmicos empregados no trabalho foram doados por esta indústria sendo recolhidos na empresa dois lotes de 13 blocos.

## **4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS REQUISITOS DE QUALIDADE NO PROCESSO PRODUTIVO**

Mediante os dados obtidos pelo questionário aplicado ao gerente da cerâmica, verificou-se que:

Quanto a preparação da argila, após a extração a empresa a estoca em um terreno anexo a cerâmica sem nenhum tipo de abrigo (Figura 22). Posteriormente, esta é levada do primeiro estoque para um segundo estoque que é onde a argila começa a ser preparada para o processo de fabricação dos blocos e este fica próximo ao homogeneizador, sendo denominado de caixa alimentadora (Figura 23). O período médio do sazonalamento é de aproximadamente 30 dias.

**Figura 22: Depósito inicial após extração de argila.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 23: Caixa Alimentadora.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

1. Em relação aos equipamentos utilizados no processo de produção a empresa aplica somente os equipamentos básicos: Caixa alimentadora (Figura 23), Homogeneizador (Figura 24), Misturador (Figura 25), Laminador (Figura 26), Maromba/Extrusora (Figura 27) e Carrinho cortador (Figura 28);

**Figura 24: Homogeneizador.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 25: Misturador.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 26: Laminador.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 27: Extrusora.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 28: Carrinho Cortador.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

2. A secagem das peças é feita de forma natural em um ambiente preparado somente para esta etapa com ventiladores (Figura 29), tendo o período de duração de secagem médio de 07 dias no verão e de 12 dias no inverno;

**Figura 29: Estufa para Secagem.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

3. A empresa não faz mistura de argilas, sendo toda a argila utilizada proveniente de um mesmo barreiro e sem a adição de argila pré-queimada e moída;

4. Sobre a etapa de tratamento térmico a empresa utiliza dois tipos de fornos: o semicontínuo (Figura 30) e o vagão (Figuras 31, 32 e 33). Ambos os fornos operam a uma temperatura média de 900 °C e o semicontínuo faz a queima do produto por 120 horas e o vagão por 80 horas;

**Figura 30: Forno Semicontínuo Abóboda.**



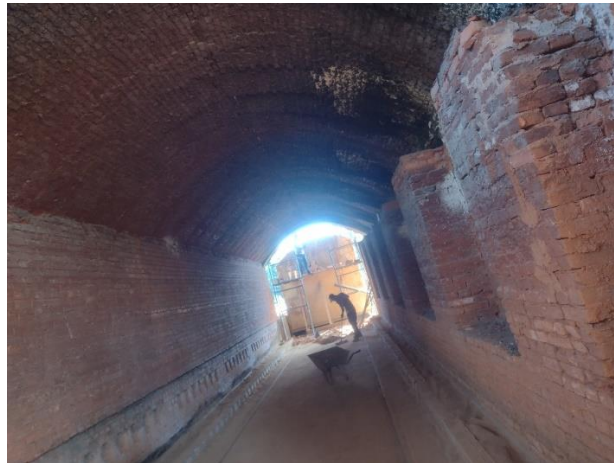
**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 31: Blocos pós queima no vagão.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 32: Interior do Forno Vagão.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 33: Alimentadores do Forno Vagão.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

5. O combustível utilizado pela empresa é a lenha (Figura 34) e ambos fornos utilizam o termopar tipo K (Figura 35 e 36) no controle de temperatura, sendo que o forno semicontínuo utiliza dois termopares localizados a 30 cm e 180 cm do chão do forno e o forno tipo vagão utiliza três termopares localizados a 30 cm e 200 cm do chão e um outro localizado no teto do forno localizado mais ou menos na metade deste.

**Figura 34: Estoque de Lenha.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 35: Visor do termopar tipo K.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 36: Sensor do termopar tipo K.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

### 4.3 TEOR DE UMIDADE DA ARGILA

Más (2002) diz que a absorção de água de uma argila revela informações importantes sobre ela, como apresentado na Tabela 02.

**Tabela 02: Valores para o teor de umidade.**

<b>Teor de umidade</b>	<b>Característica estimada</b>
<b>10-14</b>	Fundente, boa resistência após a queima.
<b>14-16</b>	Poder fundente médio.
<b>16-18</b>	Fraca, quebra de transporte
<b>18-25</b>	Matéria prima imprestável, possível presença de calcário e gesso.

**Fonte:** Adaptada de Más (2002).

Após a realização do ensaio obteve-se os seguintes resultados (Tabela 03).

Tabela 03: Valores do ensaio de teor de umidade.

Amostra	Peso da cápsula (g)	Peso da cápsula + solo úmido (g)	Peso da cápsula + solo seco (g)	Teor de umidade (%)
1	27	107	101	8,11
2	26	106	100	8,11
3	30	110	103	9,59
4	26	106	100	8,11
5	27	109	103	7,89

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Ponderando os resultados, tem-se que o teor de umidade da argila utilizada na fabricação dos blocos encontra-se abaixo do mínimo estabelecido por Más (2002). Esse resultado impacta em diversas propriedades dos blocos e pode ser uma das justificativas para não atendimento de alguns requisitos avaliados a seguir.

#### 4.4 ÍNDICES DE ATTERBERG

##### 4.4.1 Limite de Plasticidade

O Limite de Plasticidade, de acordo com Caputo (1977), é definido como o menor teor de umidade no qual consegue-se moldar um cilindro com 3 mm de diâmetro rolando-se o solo contra a palma da mão. O ensaio de LL (Figura 37) foi realizado moldando os cilindros, a amostra foi seca em estufa por 16 horas e em seguida imediatamente pesadas para a determinação dos teores de umidade, sendo os resultados obtidos apresentados na Tabela 05.

Figura 37: Ensaio do Limite de Plasticidade.



Fonte: Arquivo Próprio (2024).

Macedo et al (2008) apresenta os valores aceitáveis (Tabela 04) dos limites de liquidez, limites de plasticidade e do índice de para argilas utilizadas na produção de cerâmica vermelha.

**Tabela 04: Intervalo de valores recomendados de LL, LP e IP.**

Parâmetro	Intervalo (%)
Limite de Liquidez (LL)	30 < LL < 60
Limite de Plasticidade (LP)	15 < LP < 30
Índice de Plasticidade (IP)	10 < IP < 30

Fonte: Macedo *et al* (2008).

**Tabela 05: Valores do ensaio do Limite de Plasticidade.**

Amostra	Peso da cápsula (g)	Peso da cápsula + solo úmido (g)	Peso da cápsula + solo seco (g)	Teor de umidade (%)
1	26	36	33	42,86
2	24	34	31	42,86
3	28	38	36	25,00
4	26	36	33	42,86
5	27	37	34	42,86

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

$$LP = \frac{42,86 + 42,86 + 25 + 42,86 + 42,86}{5} = 39,29 \%$$

Verificação:

$$LP + (0,05 \times LP) = 39,29 + (0,05 \times 39,29) = 41,25 \%$$

$$LP - (0,05 \times LP) = 39,29 - (0,05 \times 39,29) = 37,32 \%$$

Após a verificação tem-se que a umidade da cápsula 05 não se enquadra na faixa de umidade limitante, então desprezou-se essa amostra e calculou-se uma nova média e fez-se uma nova verificação:

$$LP = \frac{42,86 + 42,86 + 42,86 + 42,86}{4} = 42,86 \%$$

Verificação:

$$LP + (0,05 \times LP) = 42,86 + (0,05 \times 42,86) = 45 \%$$

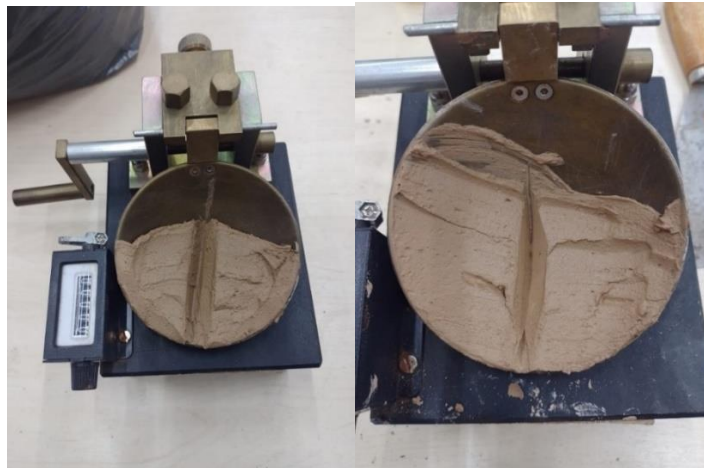
$$LP - (0,05 \times LP) = 42,86 - (0,05 \times 42,86) = 40,71 \%$$

Como os quatro valores de teor de umidade utilizados no cálculo do limite de plasticidade encontram-se dentro do intervalo limite, conclui-se que o limite de plasticidade da argila utilizada neste ensaio é de 42,86% e que este valor se encontra acima do valor aceitável para a fabricação de derivados da cerâmica vermelha, sendo necessário a redução da plasticidade para tornar essa argila adequada, sendo sugerido uma mistura dessa argila com argilas mais magras ou material filler.

#### 4.4.2 Limite de Liquidez

Caputo (1977) ainda diz que, o Limite de Liquidez é o ponto que marca a transição do estado plástico para o líquido. Os resultados obtidos para o ensaio de Limite de Liquidez (Figura 38) estão apresentados na Tabela 06 e no Gráfico 01.

**Figura 38: Ensaio do Limite de Liquidez.**

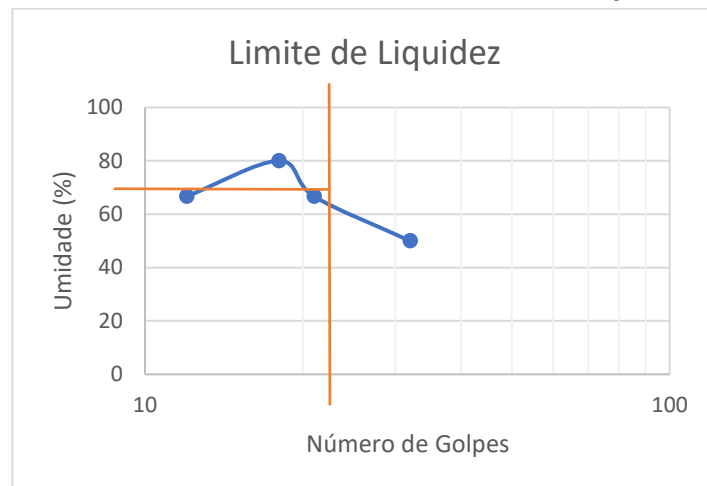


Fonte: Arquivo Próprio (2024).

**Tabela 06: Valores do ensaio do Limite de Liquidez.**

Amostra	Número de golpes	Peso da cápsula (g)	Peso da cápsula + solo úmido (g)	Peso da cápsula + solo seco (g)	h (%)
1	32	13	22	19	50,00
2	21	13	23	19	66,67
3	18	13	22	18	80,00
4	12	14	19	17	66,67

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

**Gráfico 01: Valores do ensaio do Limite de Liquidez.**

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

Através da observação do gráfico, na reta onde o teor de umidade equivale a 25 golpes, o Limite de Liquidez é de 60%, sendo de acordo com os limites apresentados na Tabela 06 e dentro da faixa limite de valores aceitáveis para as matérias primas de cerâmica vermelha.

#### 4.4.3 Índice de Plasticidade

De acordo com Macedo *et al.* (2008) o índice de plasticidade deve-se encontrar dentro da faixa de 10 a 30% para matérias-primas de cerâmicas vermelhas e Caputo *et al.* (2015) diz que quando acima de 15% o material configura-se como altamente plástico. O índice de plasticidade foi obtido através da realização dos ensaios de determinação dos limites de plasticidade (Tabela 05) e de liquidez (Tabela 06) e da aplicação da equação de IP.

$$IP = LL - LP = 60\% - 42,86\% = 17,14\%$$

Comparando o resultado encontrado para o IP com os parâmetros dados pela literatura, pode-se concluir que o IP se encontra dentro da faixa aceitável e que a argila estudada é altamente plástica, devido ao IP encontrado ser maior que 15%. De acordo com Reis *et al.* (2016) o alto índice de IP faz com que as argilas demandem maior quantidade de água na conformação e como consequência maior tempo de

secagem além de que se pode também se relacionar com a presença de grande quantidade de matéria orgânica que influencia nos valores de perda ao fogo.

#### 4.5 AVALIAÇÃO VISUAL E ANÁLISE DIMENSIONAL

O ensaio de inspeção visual constatou que os blocos atendiam a alguns dos requisitos prescritos pela NBR 15270-1:2017, onde os blocos recolhidos apresentavam coloração homogênea em tom alaranjado-avermelhado (Figura 39), com pequenos defeitos estruturais como trincas, rachaduras (Figura 40) e pequenas quebras (Figura 42). O único requisito não atendido pela norma é que nenhum dos blocos apresentavam as identificações obrigatórias “EST” que o classifica com estrutural, apresentando somente o nome da fabricante e as suas medidas efetivas como mostrado na Figura 41. Ressalta-se a importância das inscrições “EST” em cada bloco estrutural para a correta utilização do produto e pra diferenciação dos demais blocos que possam estar dispostos no canteiro de obras evitando dessa forma erros na utilização e prejuízos financeiros inerentes a esse erro.

Os blocos foram posicionados sobre uma bancada e analisados um a um e os dados obtidos estão apresentados na Tabela 07.

**Tabela 07: Dados do ensaio de avaliação visual.**

<b>BLOCO</b>	<b>QUEBRAS</b>	<b>SUPERFICIE IRREGULAR</b>	<b>SOM CAVO</b>	<b>APROVAÇÃO TOTAL</b>
K1	Sim	Sim	Sim	Não ok
K2	Não	Sim	Sim	Não ok
K3	Sim	Sim	Sim	Não ok
K4	Não	Sim	Sim	Não ok
K5	Não	Sim	Sim	Não ok
K6	Sim	Sim	Sim	Não ok
K7	Não	Sim	Sim	Não ok
K8	Não	Sim	Sim	Não ok
K9	Não	Sim	Sim	Não ok
K10	Não	Sim	Sim	Não ok
K11	Não	Sim	Sim	Não ok
K12	Não	Sim	Sim	Não ok
K13	Sim	Sim	Sim	Não ok

**Fonte:** Elaborada pela autora (2023).

**Figura 39: Sobreposição dos blocos sobre bancada plana em laboratório do IFMG Campus Avançado Piumhi.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2024).

**Figura 40: Bloco com trincas.**



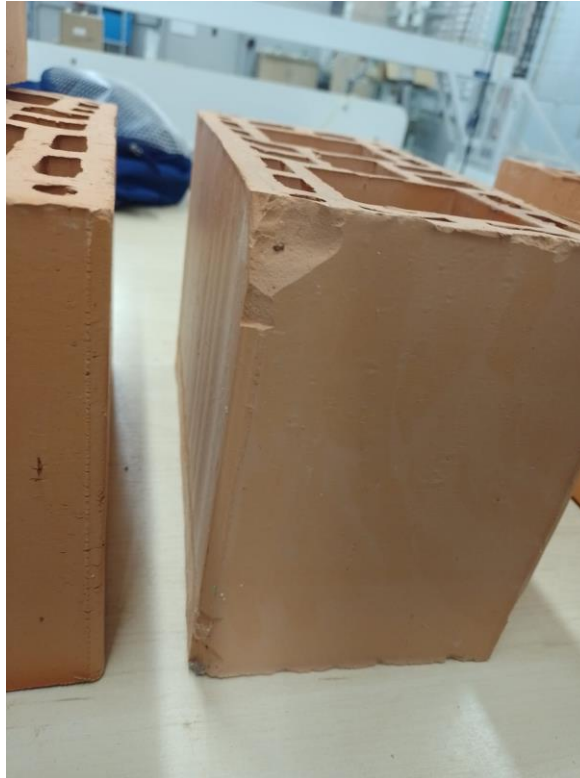
**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 411: Identificações Obrigatórias.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 422: Bloco com quebras.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

Sobre as variações dimensionais a NBR 15270-1:2017 estipula valores de tolerância dimensionais individuais (Tabela 08). Após realizada todas as medições, com a ajuda de um paquímetro (Figura 43) e um escalímetro (Figura 44), alguns blocos apresentaram variação dimensional, conforme apresentado na Tabela 09 e através da observando dos dados apresentados e comparando esses dados com as dimensões nominais dos blocos, conclui-se que ocorreu uma diminuição de largura de até 40 mm e um aumento de até 10 mm. Já quanto a altura observou-se também a diminuição de até 30 mm. No comprimento não houve diminuição, sendo observado somente aumento de até 40 mm. Apesar das variações dimensionais apresentadas, nenhum dos blocos da amostra apresentou um valor maior que o tolerado pela norma, apresentado na Tabela 03, em relação as medidas efetivas. Em relação ao desvio em relação ao esquadro (Figura 45) e a planeza das faces (Figura 46) a norma indica um máximo de 3 mm para ambas, sendo observado que em ambos os casos, tanto no desvio em relação ao esquadro quanto na planeza das faces, todos os blocos

encontram-se de acordo com a norma, não ultrapassando o limite máximo de 3 milímetros.

**Figura 43: Medição com o paquímetro.**



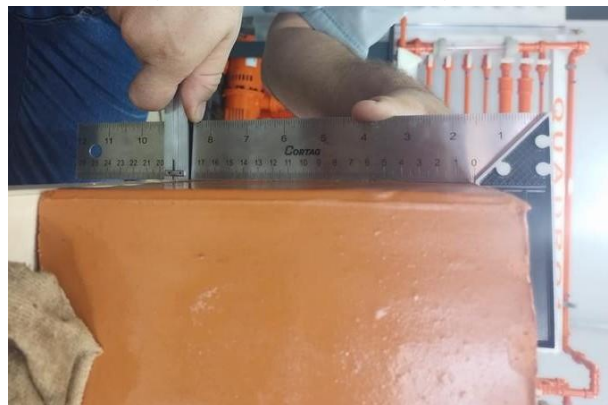
**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 44: Medição com régua escalímetro.**



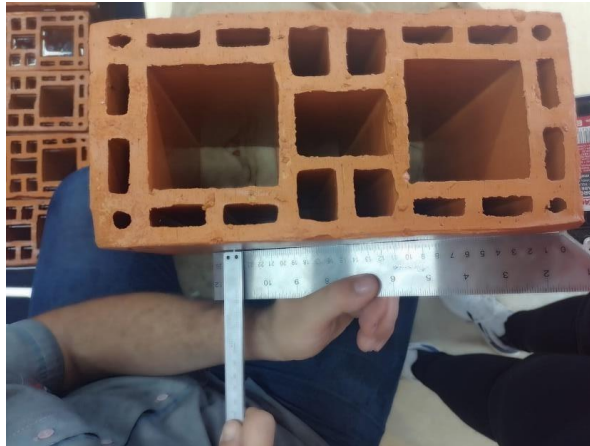
**Fonte:** Arquivo Próprio (2023).

**Figura 45: Medição do desvio em Relação ao Esquadro.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2024).

**Figura 46: Medição da flecha.**



Fonte: Arquivo Próprio (2024).

**Tabela 08: Tolerâncias individuais relacionadas à dimensão efetiva.**

Grandezas Controladas	Tolerância (mm)
Largura (L)	± 5
Altura (H)	
Comprimento (C)	

Fonte: Adaptada de NBR 15270:1:2017.

**Tabela 09: Medidas dimensionais dos blocos.**

Blocos	Comprimento (mm)	Altura (mm)	Largura (mm)	Desvio (mm)	Flecha (mm)	Aceitação
K1	291	188	139	1,9	1,5	Ok
K2	292	188	139	0,8	1,2	Ok
K3	292	189	139	0,9	1,0	Ok
K4	292	190	139	0,2	0,5	Ok
K5	292	188	139	1,3	1,1	Ok
K6	292	187	140	0,7	2,0	Ok
K7	291	187	139	1,1	1,1	Ok
K8	294	188	137	2,0	1,1	Ok
K9	292	190	136	0,4	1,3	Ok
K10	293	189	139	0,4	0,4	Ok
K11	293	187	140	0,2	1,5	Ok
K12	293	187	141	1,1	1,2	Ok
K13	293	188	137	1,0	1,1	Ok

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Em relação à média das dimensões o valor tolerado afim de garantir estabilidade é apresentado pela NBR 15270-1: 2017 (Tabela 10), sendo que esse valor não foi ultrapassado por nenhuma das grandezas, conforme dados apresentados na Tabela 11.

**Tabela 10: Tolerâncias dimensionais relacionadas à média das dimensões efetivas.**

Grandezas Controladas	Tolerância (mm)
Largura (L)	± 3
Altura (H)	
Comprimento (C)	

Fonte: Adaptada de NBR 15270:1:2017.

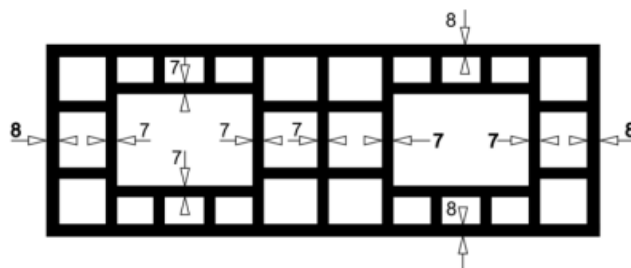
**Tabela 11: Determinações dimensionais dos blocos.**

	Largura	Altura	Comprimento	Desvio	Flecha
<b>Média (mm)</b>	138,77	188,15	292,31	0,92	1,15
<b>Desvio Padrão</b>	1,36	1,07	0,85	1,07	1,36
<b>C.V (%)</b>	0,98	0,57	0,29	115,72	118,16

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Em relação as medidas das paredes externas e dos septos a norma estabelece valores para as espessuras mínimas em milímetros para ambos, apresentados na Figura 47.

**Figura 47: Planta do bloco estrutural vazado com as indicações mínimas de espessura.**



Fonte: NBR 15270-2:2005.

Após realizada as medições com um paquímetro digital calibrado os valores encontrados estão expostos na Tabela 12.

Tabela 12: Medidas de Septos internos e externos.

Bloco	Paredes Externas (mm)				Septos (mm)				Aceitação
	E1	E2	E3	E4	S1	S2	S3	S4	
K1	8,9	9,1	9,1	8,9	10,0	9,9	10,8	12,9	Ok
K2	9,2	9,1	8,0	10,0	9,9	10,0	12,9	10,0	Ok
K3	8,1	8,0	8,9	9,0	9,5	11,0	11,8	12,0	Ok
K4	10,1	9,0	9,1	10,1	9,9	10,0	12,0	9,1	Ok
K5	8,8	9,2	8,0	9,1	10,1	10,0	10,0	11,4	Ok
K6	7,9	9,3	8,5	9,3	9,9	10,0	10,0	12,1	Ok
K7	9,1	7,9	9,0	9,5	11,0	10,3	12,0	9,8	Ok
K8	9,8	9,9	9,1	9,9	10,2	9,9	11,5	11,7	Ok
K9	9,5	10,2	8,9	9,5	10,0	9,8	10,5	10,5	Ok
K10	9,1	9,1	8,0	9,9	9,7	10,1	12,5	10,0	Ok
K11	9,2	10,7	8,8	10,0	10,0	10,0	11,0	10,1	Ok
K12	9,0	8,5	10,2	9,1	10,0	10,7	10,2	11,5	Ok
K13	8,0	9,1	8,1	9,5	10,0	10,2	10,1	11,0	Ok

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Analisando os resultados e comparando com o estabelecido em norma, tem-se que todos os blocos atendem aos requisitos mínimos de espessura dos septos e das paredes externas.

#### 4.6 ABSORÇÃO DE ÁGUA DO BLOCO

Paes *et al* (2005) afirma que a absorção de água deriva da disposição dos poros e influencia diretamente na resistência dos blocos. Para blocos cerâmicos as normas NBR 15270-1:2017 e NBR 15270-2:2017 indicam os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos necessários para a sua utilização em obras de alvenaria e estabelecem para o índice de absorção de água valores entre 8% e 22%.

Os valores encontrados após o término do ensaio (Figura 48) e aplicação da fórmula estão apresentados nas Tabela 13.

**Figura 48: Ensaio de absorção de água.**



**Fonte:** Arquivo Próprio.

**Tabela 13: Valores do ensaio de absorção de água.**

<b>Bloco</b>	<b>Massa seca (g)</b>	<b>Massa úmida (g)</b>	<b>Teor de Umidade (g)</b>	<b>Aceitação</b>
K1	5420	6510	20,111	Ok
K2	5380	6470	20,260	Ok
K3	5560	6750	21,403	Ok
K4	5550	6700	20,721	Ok
K5	5350	6440	20,374	Ok
K6	5480	6620	20,803	Ok
K7	5460	6610	21,062	Ok
K8	5520	6630	20,109	Ok
K9	5490	6620	20,583	Ok
K10	5470	6560	19,927	Ok
K11	5400	6490	20,185	Ok
K12	5500	6650	20,909	Ok
K13	5480	6630	20,985	Ok

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

Após a análise dos resultados obtidos, constatou-se que todos os blocos estão de acordo com os valores estabelecidos em norma, ressalta-se a importância desse valor estar dentro do estabelecido visto que, de acordo com Gomes Junior (2017), quando o índice de absorção se encontra abaixo do valor a argamassa não consegue penetrar os poros do bloco e não há a correta ancoragem dos produtos cimentícios hidratados entre o bloco e a argamassa prejudicando a aderência. Já os

blocos não conformes com alto índice de absorção de água, de acordo com Silva (2020), tem sua vida útil afetada além de consequências estéticas com a perda de aderência e o descolamento do revestimento tem-se a diminuição da resistência da alvenaria.

#### 4.7 RETRAÇÃO LINEAR DE SECAGEM E DE QUEIMA

Afim de serem comercializadas com segurança, os materiais cerâmicos precisam atender algumas exigências expostas em normas e recomendados por literaturas, e uma dessas exigências é a porcentagem permitida de retração linear. A NBR 7170:1983 exige que a retração linear em blocos estruturais tenha valor máximo de 12%.

Abaixo estão apresentadas as medições obtidas para os ensaios de Retração Linear de Secagem (Tabela 14) e Retração Linear de Queima (Tabela 15) e os valores pós aplicação da fórmula de retração linear nas Tabela 16 e Tabela 17.

**Tabela 14: Medições do corpo de prova pós extrusão e pós secagem.**

<b>Corpo de prova</b>	<b>Altura pós extrusão (mm)</b>	<b>Largura pós extrusão (mm)</b>	<b>Comprimento pós extrusão (mm)</b>	<b>Altura pós secagem (mm)</b>	<b>Largura pós secagem (mm)</b>	<b>Comprimento pós secagem (mm)</b>
K1	200	147	307	189	140	294
K2	199	149	310	189	141	294
K3	200	149	308	189	140	294
K4	200	149	309	190	141	294
K5	200	148	308	188	140	294
K6	198	147	309	187	136	294
K7	197	149	309	187	140	294
K8	198	148	309	187	140	294
K9	199	146	310	191	137	295
K10	200	147	308	190	141	296
K11	198	148	309	188	141	296
K12	198	147	308	188	142	296
K13	197	148	310	189	139	295

**Fonte:** Elaborada pela autora (2023).

Tabela 15: Valores de Retração Linear de Secagem.

Corpo de prova	Retração linear da largura (%)	Retração linear da altura (%)	Retração linear do comprimento (%)	Aceitação
K1	5,50	4,76	4,23	Ok
K2	5,03	5,37	5,16	Ok
K3	5,50	6,04	4,55	Ok
K4	5,00	5,37	4,85	Ok
K5	6,00	5,41	4,55	Ok
K6	5,56	7,48	4,85	Ok
K7	5,08	6,04	4,85	Ok
K8	5,56	5,41	4,85	Ok
K9	4,02	6,16	4,84	Ok
K10	5,00	4,08	3,90	Ok
K11	5,05	4,73	4,21	Ok
K12	5,05	3,40	3,90	Ok
K13	4,06	6,08	4,84	Ok

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Analisando os resultados obtidos para a Retração Linear de Secagem, tem-se que, em todas as medições, os valores não ultrapassaram o valor máximo orientado pela norma. A retração linear de secagem se manifesta de maneira mais acentuada em produtos cerâmicos que apresentam um teor de água mais elevado para a conformação.

Tabela 16: Medições do corpo de prova pós extrusão e pós queima.

Corpo de prova	Altura pós secagem (mm)	Largura pós secagem (mm)	Comprimento pós secagem (mm)	Altura pós queima (mm)	Largura pós queima (mm)	Comprimento pós queima (mm)
K1	189	140	294	188	139	291
K2	189	141	294	188	139	292
K3	189	140	294	189	139	292
K4	190	141	294	190	139	292
K5	188	140	294	188	139	292
K6	187	136	294	187	140	292
K7	187	140	294	187	139	291
K8	187	140	294	188	137	294
K9	191	137	295	190	136	292
K10	190	141	296	189	139	293
K11	188	141	296	187	140	293
K12	188	142	296	187	141	293

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Tabela 17: Valores de Retração Linear de Queima.

Corpo de prova	Retração linear da largura (%)	Retração linear da altura (%)	Retração linear do comprimento (%)	Aceitação
K1	0,53	0,71	1,02	Ok
K2	0,53	1,42	0,68	Ok
K3	0,00	0,71	0,68	Ok
K4	0,00	1,42	0,68	Ok
K5	0,00	0,71	0,68	Ok
K6	0,00	-2,94	0,68	Ok
K7	0,00	0,71	1,02	Ok
K8	-0,53	2,14	0,00	Ok
K9	0,52	0,73	1,02	Ok
K10	0,53	1,42	1,01	Ok
K11	0,53	0,71	1,01	Ok
K12	0,53	0,70	1,01	Ok
K13	0,53	1,44	0,68	Ok

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Melchiades *et al* (2001) diz que para garantir a estabilidade dimensional de um produto deve-se obter a menor retração linear de queima possível e de maneira constante durante a produção e isso foi observado nos resultados obtidos que não ultrapassaram os valores limites estabelecidos pela NBR 7170:1983 e são próximos e muito baixos, garantindo a estabilidade.

#### 4.8 PERDA DE MASSA AO FOGO

A perda de massa ao fogo, de acordo com Lima (2021) está relacionada à perda de água adsorvida na superfície e tem relação direta com a porosidade. Por esse motivo quanto maior o teor de argilominerais a argila maior será a perda de massa ao fogo porque haverá a presença de água de constituição e de umidade residual. (MAGALHÃES,2021).

Após realizadas as pesagens pós extrusão, pós secagem e pós queima, em balança digital calibrada, as medições encontradas foram tabuladas e tratadas. A Tabela 18 apresenta as medições obtidas após a queima dos blocos ensaiados e o se valor de perda de massa ao fogo.

Tabela 18: Valores da Perda de Massa ao Fogo.

Bloco	Massa após a secagem (g)	Massa após a queima (g)	Perda ao fogo (%)	Aceitação
K1	6480	5413	16,47	Não ok
K2	6481	5410	16,53	Não ok
K3	6441	5437	15,59	Não ok
K4	6418	5442	15,21	Não ok
K5	6527	5411	17,10	Não ok
K6	6501	5429	16,49	Não ok
K7	6494	5366	17,37	Não ok
K8	6479	5490	15,26	Não ok
K9	6459	5548	14,10	Não ok
K10	6637	5527	16,72	Não ok
K11	6399	5421	15,28	Não ok
K12	6518	5560	14,70	Não ok
K13	6445	5475	15,05	Não ok

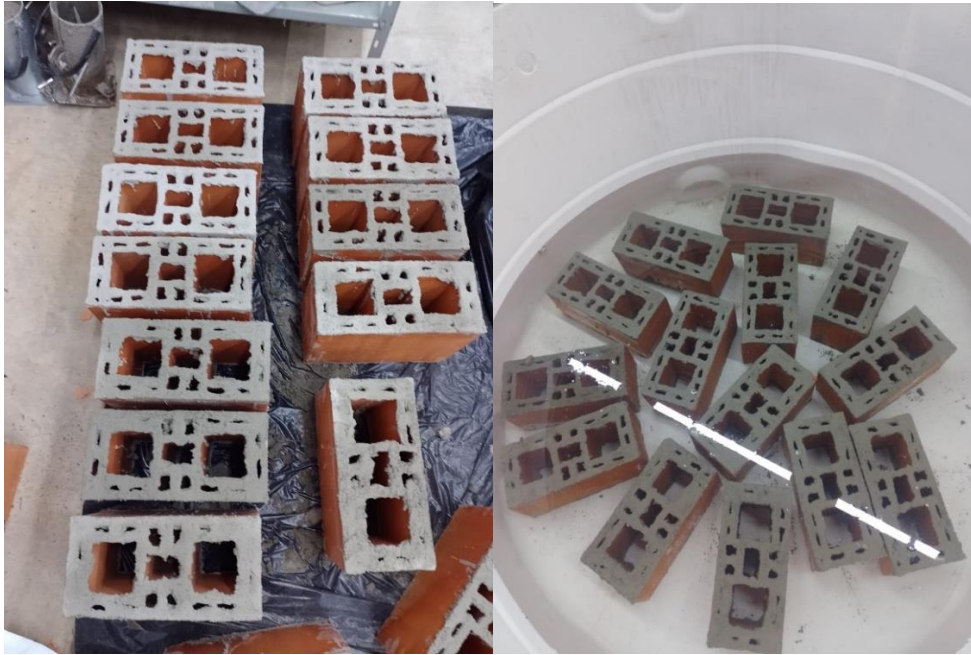
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

O IPT (1985) recomenda que a perda ao fogo para blocos cerâmicos deve ser de, no máximo, 10% e observando os valores encontrados verificou-se que todos os blocos ultrapassaram o valor limite. Sendo analisada de acordo com Más (2002) a amostra contém uma quantidade expressiva de matéria orgânica ou calcária, podendo concluir que essa perda de massa alta possivelmente se relaciona com o excesso de água estrutural existente na amostra e com a presença de matéria orgânica nas argilas que pode ser um contaminante da amostra.

#### 4.9 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NA ÁREA BRUTA

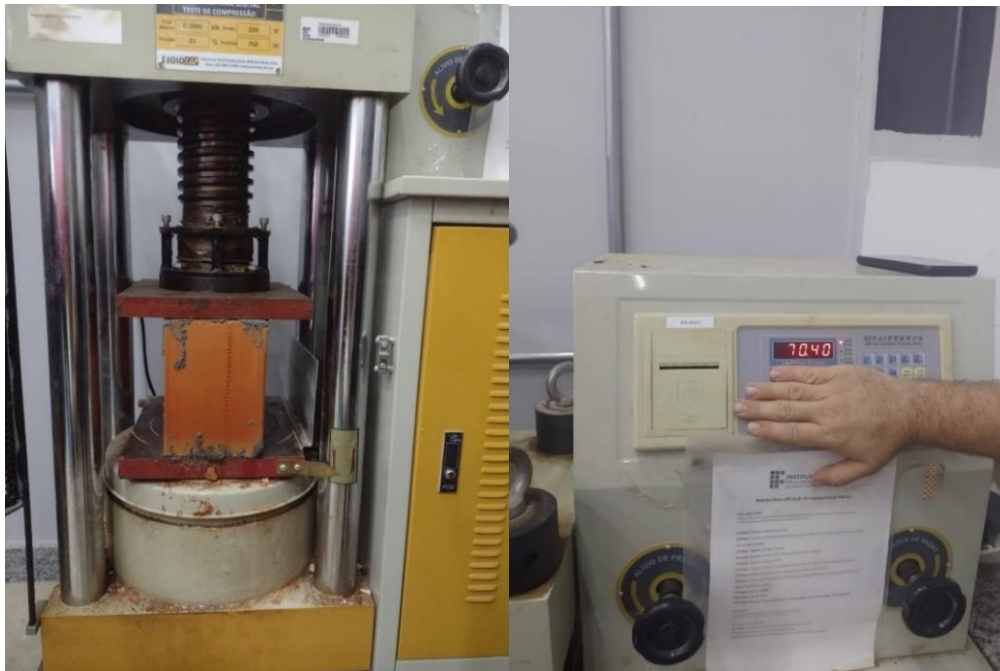
O ensaio de Resistência à Compressão, devido a sua complexidade e a importância dos seus resultados, foi realizado em dois laboratórios diferentes. O primeiro ensaio apresentado foi realizado pela autora (Figuras 49 e 50) no Laboratório de Engenharia do IFMG Campus Avançado Piumhi e os resultados apresentados nas Tabelas 19 e 20. Já o segundo ensaio foi realizado por Débora Campos de Araújo Gomes no Laboratório SENAI de Ensaio em Sistemas e Materiais para a Construção e o resultado apresentado na Figura 51.

**Figura 49: Capeamento e saturação dos blocos.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2024).

**Figura 50: Blocos na prensa para ensaio de resistência.**



**Fonte:** Arquivo Próprio (2024).

**Tabela 19: Valores de Resistência a Compressão.**

Bloco	Comprimento (mm)	Altura (mm)	Largura (mm)	Área Bruta (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (N)	Resistência (Mpa)
K1	292	187	140	40880	68670	1,680
K2	291	192	137	39867	71920	1,804
K3	290	190	138	40020	80740	2,017
K4	293	188	137	40141	62410	1,555
K5	292	189	139	40588	98820	2,435
K6	292	190	136	39712	84450	2,127
K7	293	190	137	40141	74750	1,862
K8	292	190	139	40588	80720	1,989
K9	294	188	137	40278	91740	2,278
K10	291	187	139	40449	70400	1,740
K11	292	188	139	40588	97800	2,410
K12	292	191	137	40004	96220	2,405
K13	291	188	139	40449	97380	2,407

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

**Tabela 20: Determinações da Resistência a Compressão.**

Desvio Padrão (MPa)	Resistência a Compressão Média (MPa)	Coefficiente de Variação (%)	Resistência a Compressão Característica (MPa)
0,312	2,055	15,182	1,54

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

**Figura 51: Resultados do Ensaio a Compressão realizado no Laboratório do SENAI.**

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS ESTRUTURAIS					
Identificação do CP		Valor Médio das Dimensões			$f_{bi}$ (MPa)
Cliente	LMC	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	
N/D	315/4286-01	139,0	190,9	289,6	8,7
N/D	315/4286-02	139,6	187,9	289,9	10,3
N/D	315/4286-03	140,6	190,7	291,2	7,6
N/D	315/4286-04	139,2	191,4	291,6	6,2
N/D	315/4286-05	140,7	191,2	291,8	7,4
N/D	315/4286-06	140,3	192,4	292,0	4,7
N/D	315/4286-07	140,5	189,2	292,0	8,2
N/D	315/4286-08	139,8	191,6	292,0	5,9
N/D	315/4286-09	139,7	190,1	292,0	5,2
N/D	315/4286-10	138,8	190,7	290,5	8,8
N/D	315/4286-11	139,0	188,3	290,0	8,9
N/D	315/4286-12	139,6	188,9	290,2	6,6
N/D	315/4286-13	140,1	189,4	291,5	8,2
<b>S (MPa)</b>		<b><math>C_v</math> (%)</b>		<b><math>f_{bm}</math> (MPa)</b>	<b><math>f_{bk}</math> (MPa)</b>
1,6		22,1		7,4	4,6

S – Desvio Padrão |  $C_v$  – Coeficiente de Variação |  $f_{bi}$  – Resistência à Compressão Individual |  $f_{bm}$  – Média da Resistência à Compressão Média |  $f_{bk}$  – Resistência à Compressão Característica

**Fonte:** SENAI<sup>3</sup> (2023).

As normas NBR 15270-1:2017 e 15270-2:2017 recomendam uma resistência à compressão mínima de 3,0 MPa para blocos de estruturais. Analisando os valores de resistência encontrados pela autora tem-se que nenhum dos blocos apresentou a resistência mínima exigida pela norma. Já nos ensaios realizados pelo SENAI a resistência encontrada foi acima do exigido em norma. Adotou-se como o valor para a Resistência a Compressão dos blocos a resistência característica de 4,6 Mpa, que é o valor obtido pelo SENAI, visto que a prensa utilizada pela autora pode interferir negativamente no ensaio pois a mesma não se encontra calibrada além de ser uma presa manual.

Ressalta-se a importância do emprego de blocos com a resistência em concordância com a norma visto que resistência abaixo do indicado pode ocasionar

<sup>3</sup> Ensaio Completo no Anexo II.

manifestações patológicas no revestimento que pode ocasionar em custos adicionais além de colocar a edificação, a depender do grau da patologia, em risco de colapso.

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho constituiu em caracterizar o bloco cerâmico estrutural salientando a importância de todas as etapas de fabricação do bloco que vai desde a qualidade da argila empregada passando pela fabricação até o produto final. Com o levantamento das fábricas de bloco cerâmico estrutural na região da canastra, verificou-se que há uma baixa adesão deste tipo de produto quanto as indústrias fabricantes, sendo encontrada somente uma cerâmica produtora.

Avaliou-se também a conformidade do bloco de acordo com a NBR 15270, realizando os ensaios descrito pela norma como obrigatórios para a conformidade além de alguns ensaios com a argila utilizada para a fabricação, todos realizados com o cuidado e o controle necessários para obter resultados com a menor interferência possível.

As principais conclusões obtidas foram que a etapa de preparação da matéria prima é de extrema importância, visto que, uma boa preparação da argila trará um produto final de melhor qualidade e com menor desperdício. Deve-se atentar para a correta regulagem das boquilhas, visto que se observou diversos defeitos nas peças moldadas que podem se associar a má regulagem de tal peça.

Sobre a caracterização da argila, esta apresentou um teor de umidade um Limite de Plasticidade acima dos padrões recomendados. Já o Limite de Liquidez e o Índice de Plasticidade do material encontram-se dentro do aceitável, porém caracterizando a argila estudada como altamente plástica, fazendo com que essa argila demande de uma maior quantidade de água na conformação e um maior tempo de secagem, sugere-se um blend de argilas, com a incorporação de argilas magras para pequenos ajustes dessas propriedades.

A avaliação visual e dimensional mostrou-se satisfatória, tendo todos os requisitos atendidos, como superfícies regulares e coloração homogênea, exceto pela ausência da identificação obrigatória para bloco estrutural. Ressalta-se que alguns

blocos apresentaram pequenos defeitos, mas que estes não implicaram na perda de qualidade dos mesmos.

A respeito dos ensaios realizados a partir dos blocos cerâmicos estruturais, em geral, todos apresentaram bons resultados, exceto pela perda de massa ao fogo que ultrapassou o valor limite sendo inferido que há na argila utilizada para a fabricação o excesso de matéria orgânica visto que esse fato também se relaciona com o IP encontrado.

O ensaio de Resistência a Compressão dos blocos, um dos mais importantes para sua conformidade, apresentou discrepância quanto aos resultados encontrados em dois laboratórios distintos, sendo adotado como válido os valores encontrados pelo Laboratório do SENAI devido a correta calibragem da prensa. Dado esse fato, os valores de resistência estão de acordo com o proposto pela norma podendo o bloco ser classificado como EST 40, que é quando os blocos estruturais possuem uma resistência acima de 4 Mpa.

Com isso conclui-se que a caracterização da argila e os ensaios realizados com os blocos cerâmicos forneceram dados relevantes que possibilitam o entendimento, análise e melhoria da matéria prima e aprimoramento das técnicas de produção visando um melhor aproveitamento econômico e mais regularidade do produto acabado.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 6457: Amostra de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2016.
- ABNT. **NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Especificação. Rio de Janeiro. 1986.
- ABNT. **NBR 7180: Determinação do limite de plasticidade de solos-** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Especificação. Rio de Janeiro. 2016.
- ABNT. **NBR 8385: Materiais refratários não conformados – Determinação da variação linear dimensional permanente.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2013.
- ABNT. **NBR 13600: Solo – Determinação do teor de matéria orgânica por queima a 440°C.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2022.
- ABNT. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2005.
- ABNT. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: requisitos.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2017.
- ABNT. **NBR 15270-2: Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural - Terminologia e requisitos -** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2005.
- ABNT. **NBR 15270-2: Componentes cerâmicos - Blocos cerâmicos para alvenaria – Parte 2: - Métodos de ensaios -** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2017.
- ABNT. **NBR 15270-3: Componentes cerâmicos Parte 3: Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio -** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2005.
- ABNT. **NBR 16868-1: Alvenaria Estrutural – Parte 1: Projeto -** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Especificação. Rio de Janeiro. 2020.
- ABNT. **NBR 16868-2: Alvenaria Estrutural – Parte 2: Execução e controle de obras -** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Especificação. Rio de Janeiro. 2020.
- ABNT. **NBR 16868-3: Alvenaria Estrutural – Parte 3: Métodos de ensaio -** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Especificação. Rio de Janeiro. 2020.
- AGUIAR, M. C. *et al.* **Processos de fabricação de cerâmica vermelha.** CETEM. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2621>. Acesso em 18 jun. 2023.

ALMEIDA, G. C. P. **Caracterização física e classificação dos solos**. Departamento de Transportes, Universidade Federal de Juiz de Fora. 2005. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/solos/livros/CARACTERIZACAO%20FISICA%20E%20CLASSIFICACAO%20DOS%20SOLOS.pdf>. Acesso em 18 jun. 2023.

ANTUNES, B. **Alvenaria estrutural: sistema em evolução**. Revista Construção Mercado. São Paulo, n. 41, p. 151-156, dez. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual Técnico de Alvenaria**. São Paulo: ABCI, 1990.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO. **Panorama da indústria cerâmica brasileira**. São Paulo, 1999.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/projeto-de-edificios-de-alvenaria-estrutural.pdf>. Acesso em: 22 abril. 2023.

CAPELLI, R. B. **Comparação de métodos na análise granulométrica de rejeitos de mineração**. Monografia (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Ouro Preto, 2016. Disponível em: <http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/506>. Acesso em: 08 de jan. 2024.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Vol. 2. São Paulo, SP, 3ª edição revista e ampliada, Editora LTC, 456 p.1977.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações**. Rio de Janeiro, RJ, 6ª edição, Editora LTC, 1988.

CARVALHO, J.M. **Desempenho Estrutural de Prismas de Blocos Cerâmicos com Diferentes Formas e Dimensões**. 2003. 154 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/84609/206348.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 jan. 2024.

CORREIA, S.L. et. al., **Modelagem estatística da plasticidade Pfefferkorn de massas cerâmicas triaxiais utilizando delineamento de misturas em rede simplex**. In: Congresso brasileiro de Engenharia e ciência dos materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 542. Novembro, 2002. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2003/artigos/47cbc-6-05.doc>. Acesso em 08 jan. 2024.

DAS, B. M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 6 Ed. Tradução All Tasks. Revisão Técnica Pérsio Leister de Almeida Barros. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

FERNANDES, M. M. **Mecânica dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

FRANCO, L.S. **Desempenho estrutural do elemento parede de alvenaria empregado na alvenaria estrutural não armada, quando submetidas a 126**

**esforços de compressão.** São Paulo: USP, 1987. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1987. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-18092018-084730/publico/LuizSergioFrancoMestrado.pdf>. Acesso em 26 nov. 2023.

GOMES JÚNIOR, F.C.N.; CARVALHO, Y. N. P.; LÊU, A. A. M.; LEANDRO, F. S. **Conferência Da Qualidade Dos Blocos Cerâmicos Vazados Para Alvenaria De Vedação Produzidos Pelas Fábricas Da Cidade Do Crato** - CE. Artigo publicado: Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas, Recife-PE, 2017. Disponível em: <http://revistas.poli.br/index.php/CONPAR/article/view/626>. Acesso em 26 nov. 2023.

GOUVEIA, J. P. *et al.* **Alvenaria Estrutural: aplicação a um caso de estudo.** In: JORNADAS PORTUGUESAS DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS, 4., 2006, Lisboa. Anais. Lisboa, 2006. Disponível em: Microsoft Word - JPEE2006-comunicação 1.doc (uminho.pt) . Acesso em: 08 julho de 2023.

HENDRY, A.W. **Engineered design of masonry buildings: fifty years development in Europe.** *Prog. Struct. Eng. Mater*, University of Edinburgh, Scotland, v. 4, n. 3, p.291–300. jul./set. 2003. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/230328416\\_Engineered\\_design\\_of\\_masonry\\_buildings\\_50\\_years\\_development\\_in\\_Europe](https://www.researchgate.net/publication/230328416_Engineered_design_of_masonry_buildings_50_years_development_in_Europe). Acesso em: 07 julho de 2023.

IKEDA, S. **Conservação de energia na indústria cerâmica: manual de recomendações.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Secretaria de Economia e Planejamento do Estado de São Paulo (SEPLA), 1980. 214p.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Ensaio de argila visando à utilização em cerâmica vermelha.** São Paulo: IPT, 1985.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Parede de vedação em blocos cerâmicos.** São Paulo: IPT, 2009.

LIMA, A. **No Laboratório: Ensaio de Liquidez do solo.** Disponível em: <http://engenheirocaicara.com/no-laboratorio-ensaio-de-liquidez-do-solo/>. Acesso em: 03 jan. 2024.

LIMA, S. K. B. **Reaproveitamento de cinzas de madeira para a produção de cerâmica vermelha e estudo das propriedades mecânicas e tecnológicas pós sinterização.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Ceará, Russas, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/57891>. Acesso em 04 jan. 2024.

LINDNER, G. **Uso de modelo reduzido para pesquisa e desenvolvimento de blocos cerâmicos estruturais.** 2001. 95 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/81692>. Acesso em: 27 julho 2023.

MACEDO, R. S. *et al.* **Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha.** *Cerâmica*, 54, p. 411-417. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/N3MLsnTPzCKxKWYy6rQtnt7w/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 29 nov. 2023.

MAGALHÃES, J. **Incorporação do resíduo de vidro plano em cerâmica vermelha.** Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, v. 9, n. 207, 2021. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/incorporacao-do-residuo-devidro-plano-em-ceramica-vermelha>. Acesso em: 04 jan. 2024.

MARINOSKI, D. **Alvenarias: conceitos, alvenaria de vedação, processo executivo.** 2011. 63 slides. Color. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula%20-%20Alvenarias\\_%20introducao+vedacao.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula%20-%20Alvenarias_%20introducao+vedacao.pdf). Acesso em: 27 julho 2023.

MÁS, E. **Diagnóstico das matérias primas e metodologia de extração das matérias primas.** Qualidade e tecnologia em cerâmica vermelha. São Paulo, Pólo Produções, 2002.

MEDEIROS, J. S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto.** São Paulo: EPUSP, 1993. V.1 e 2, 449p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000852271>. Acesso em 05 dez. 2023.

MELCHIADES, F. G. *et al.* **Controle Dimensional e do Formato de Revestimentos Cerâmicos.** Parte I: Dimensões. Cerâmica Industrial, v. 6. p 1-7, 2001. Disponível em: <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/5876570e7f8c9d6e028b4656/pdf/ci-6-5-5876570e7f8c9d6e028b4656.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2023.

MESEGUER, A. G. **Para una teoria de la calidad en construcción.** Madrid. Informes de la Construcción. n.º 348, p. 5-22. 1983. Disponível em: <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/2042/2243/2683>. Acesso em 05 dez. 2023.

MINEROPAR – Minerais do Paraná. **O setor da cerâmica vermelha no paraná.** Curitiba: Instituto Paranaense para o Desenvolvimento (IPARDES), 1997. 185p. Disponível em: <https://www.documentador.pr.gov.br/documentador/pub.do?action=d&uuid=@gtf-escriba-minerop@a606a38a-16a5-46b4-ad47-7584127a3f95>. Acesso em: 15 out. 2023.

ORTIGÃO, J. A. R. **Introdução à Mecânica dos Solos dos Estados Críticos.** 3ª Edição. Editora Terratek, 2007.

PAES, I. L.; BAUER, E.; CARASEK, H. **Influência Da Estrutura De Poros De Argamassas Mistas E De Blocos De Concreto E Cerâmico No Desempenho Dos Revestimentos.** Artigo publicado: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Florianópolis, 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/314389203\\_INFLUENCIA\\_DA ESTRUTURA DE POROS DE ARGAMASSAS MISTAS E DE BLOCOS DE CONCRETO E CERAMICO NO DESEMPENHO DOS REVESTIMENTOS INFLUENCE OF P OROS STRUCTURE ON MORTAR BEHAVIOUR](https://www.researchgate.net/publication/314389203_INFLUENCIA_DA ESTRUTURA DE POROS DE ARGAMASSAS MISTAS E DE BLOCOS DE CONCRETO E CERAMICO NO DESEMPENHO DOS REVESTIMENTOS INFLUENCE OF P OROS STRUCTURE ON MORTAR BEHAVIOUR). Acesso em 15 out. 2023.

PARSEKIAN, G A.; SOARES, M. M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção.** 6ª ed. Porto Alegre: Globo, 1982. 435p.

PILZ, S. E. et al. **Verificação da qualidade dos blocos cerâmicos conforme NBR 15270 comercializados em Santa Catarina.** Revista de Engenharia Civil IMED. Santa Catarina, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/281970669\\_Verificacao\\_da\\_Qualidade\\_dos\\_Blocos\\_Ceramicos\\_Conforme\\_NBR\\_15270\\_Comercializados\\_em\\_Santa\\_Catarina](https://www.researchgate.net/publication/281970669_Verificacao_da_Qualidade_dos_Blocos_Ceramicos_Conforme_NBR_15270_Comercializados_em_Santa_Catarina). Acesso em: 26 nov. 2023.

PINATTI, A.A. *et al.* - Disciplina de Ensaios cerâmicos / Centro de tecnologia da Cerâmica “Wildson Gonçalves” - SENAI/DR – PI. Teresina, 2010.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas.** 2ª Edição Ampliada. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

REIS, A. S; SAGRILLO, V. P. D; DIAZ, F. R. V. **Caracterização e Propriedades Cerâmicas de Argilas Usadas em Cerâmica Vermelha no Estado do Espírito Santo.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Natal, RN, 2016. Anais.RN. Disponível em: <https://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/104-069.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2023.

RODRIGUES, M.M.B. **Proposta de modelo de qualificação evolutiva para empresas fabricantes de bloco e telhas cerâmica vermelha (Estado de Santa Catarina).** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2002. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/83684>. Acesso em: 07 jan. 2024.

ROMAN, H. PARIZOTTO FILHO, S. **Manual de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos.** Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABGP8AF/manual-alvenaria-estrutural>. Acesso em: 27 julho. 2022.

SALOMAO, P. E. A. *et al.* **Conventional masonry and light steel framing comparative analysis: a case study in unifammary residence in Teófilo Otoni, MG.** Research, Society and Development, vol. 8, n. 9, p. 01-26, 2019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1268>. Acesso em 07 jan. 2024.

SANTOS, I. S. S.; SILVA, N. I. W. **Manual de cerâmica vermelha.** Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1995. 56p.

SANTOS, M. D. F. **Técnicas construtivas em alvenaria estrutural: contribuição e uso.** 1998. 130, xix f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998. Disponível em: (Microsoft Word - Disserta\347\343o marcus teste) (anicerpro.com.br). Acesso em: 06 set. de 2023.

SILVA, E. C. **Serra da Canastra: Uma história ambiental.** Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20079/1/SerraCanastraHistoria.pdf>. Acesso em: 18 jan. de 2024.

SILVA, F. J. G. *et al.* **Comparative analysis of the thermal behavior of masonry constructions: raw ground x ceramic blocks.** Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 1, p. 8810-8825. 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/348733212\\_Comparative\\_analysis\\_of\\_the](https://www.researchgate.net/publication/348733212_Comparative_analysis_of_the)

thermal behavior of masonry constructions raw ground x ceramic blocks.  
Acesso em 07 jan. 2024.

SILVA, F.B. **Paredes de concreto armado moldadas in loco.** Revista Técnica, São Paulo: Pini, ano 19, n. 167, fev. 2011. Acesso em: 13 junho 2023.

SILVA, F. R. S. **Análise de Manifestações Patológicas em Sistemas de Vedação Vertical Interno E Externo (SVVIE) Em Alvenaria De Blocos Cerâmicos Em Edificações De Pequeno Porte: Um Estudo De Caso Na Cidade De Crateús-Ce.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Ceará. 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/54833/1/2020\\_tcc\\_frssilva.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/54833/1/2020_tcc_frssilva.pdf). Acesso em: 18 jan. 2024.

SPOSTO, R. M.; PAULSEN, J. S. **Energia Incorporada em Habitações de Interesse Social na Fase de Pré-Uso: o caso do programa minha casa minha vida no Brasil.** Oculum Ensaios. Revista de Arquitetura e Urbanismo, v. 11, n.1, p. 40-49. 2014. Disponível em: <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/oculum/article/view/2278/1815>. Acesso em: 18 dez. 2023.

SUDENE / ITEP. **Conservação de energia no setor industrial – cerâmica estrutural.** Recife: SUDENE / ITEP, 1988. 113p.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural.** 1ª ed. São Paulo, PINI, 2010. 183 p.

**ANEXO I**

DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA PRODUTIVO DOS BLOCOS CERÂMICOS  
ESTRUTURAIS

EMPRESA PRODUTORA: Cerâmica União LTDA  
 ENDEREÇO: Fazenda Engenho da Serra, SN, Zona Rural  
 ENTREVISTADO: Wagner Rezende Moraes  
 DATA: 24/05/2023

1) Quanto a preparação da matéria prima:

A argila é estocada após a extração (sazonamento)?

SIM

NÃO

Duração do sazonalamento:  meses..

Qual o percentual de argila plástica/fraca utilizadas na massa de fabricação?

Plástica (gorda) 100%

Fraca (magra)

A argila é misturada a uma argila pré-queimada e moída, "Chamote", para diminuir a retração durante a queima?

SIM

NÃO

2) Quanto a conformação:

O sistema utilizado na conformação da massa possui algum equipamento além desses? (Caixão – Misturados – Laminador – Maromba/Extrusora – Cortadeira)

Não

- Dupla Laminação
- Preparação de argila
- Outro: \_\_\_\_\_

3) Quanto ao tratamento térmico:

A secagem é feita através de:

Forma natural

Estufa / Secador

Mista

usa estufa com cobertura de plástico  
usa-se também ventiladores

Caso utilize estufa, qual a fonte de calor utilizada?

Ar livre

Calor de recuperação dos fornos

Fornalha

estufa → ventilador móvel no chão

Galpão telha brasileira  
ventilador no teto.

Galpão telha de barro  
ventilador no teto

Período de duração da secagem:

dias - verão

dias - inverno

Tipo de forno utilizado na queima:

Intermitente comum

Semicontínuo (paulista / abóboda)

Intermitente (chama invertida)

Hoffmann tipo câmara

Tipo túnel Forno vagão, ou tipo vagão

Outro: \_\_\_\_\_

Temperatura de queima: 900 °C

Tempo de queima: Abóboda 120 Horas  
Vagão (Túnel) 80 Horas

Combustível utilizado na queima (%)

Lenha

Biomassa

Óleo

Combinado

Outro: \_\_\_\_\_

Como é feito o controle de temperatura? Termopar Tipo K.

Abóboda 2 Termopar próximos a uma porta,  
ao lado de porta.  
↓ Termopar a 30 cm do chão do forno  
↓ Termopar a 1,80 m do chão do forno

Vagão Túnel são 3 Termopar

↓ - no teto no meio do forno  
↓ - na porta a 30 cm do chão do forno  
↓ - na porta a 2,00 m do chão do forno.

**ANEXO II**





**LABORATÓRIO SENAI DE ENSAIOS EM SISTEMAS  
E MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO**



**RELATÓRIO DE ENSAIOS Nº 29471**

**Solicitante**

**CERÂMICA UNIÃO LTDA**  
Fazenda Engenho de Serra, s/nº – Zona Rural  
37930-000 – Capitólio – Minas Gerais  
[ce.uniao@hotmail.com](mailto:ce.uniao@hotmail.com)

**Produto** Bloco Cerâmico para Alvenaria Estrutural

**Informações Fornecidas pelo Solicitante**

<b>Dimensões Nominais</b>	14x19x29 cm
<b>Resistência</b>	N/D
<b>Data de Fabricação</b>	N/D
<b>Lote</b>	11/2023

**DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS ESTRUTURAIS**

Identificação do CP		Valor Médio das Dimensões			$f_{bi}$ (MPa)
Cliente	LMC	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	
N/D	315/4286-01	139,0	190,9	289,6	8,7
N/D	315/4286-02	139,6	187,9	289,9	10,3
N/D	315/4286-03	140,6	190,7	291,2	7,6
N/D	315/4286-04	139,2	191,4	291,6	6,2
N/D	315/4286-05	140,7	191,2	291,8	7,4
N/D	315/4286-06	140,3	192,4	292,0	4,7
N/D	315/4286-07	140,5	189,2	292,0	8,2
N/D	315/4286-08	139,8	191,6	292,0	5,9
N/D	315/4286-09	139,7	190,1	292,0	5,2
N/D	315/4286-10	138,8	190,7	290,5	8,8
N/D	315/4286-11	139,0	188,3	290,0	8,9
N/D	315/4286-12	139,6	188,9	290,2	6,6
N/D	315/4286-13	140,1	189,4	291,5	8,2

S (MPa)	$C_v$ (%)	$f_{bm}$ (MPa)	$f_{bk}$ (MPa)
1,6	22,1	7,4	4,6

S – Desvio Padrão |  $C_v$  – Coeficiente de Variação |  $f_{i}$  – Resistência à Compressão Individual |  $f_{m}$  – Média da Resistência à Compressão Média |  $f_{s}$  – Resistência à Compressão Característica

Este documento tem significação restrita e diz respeito tão somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).  
Sua reprodução só poderá ser total e depende da aprovação formal deste Laboratório.

Rua Humaitá, 1275 – Padre Eustáquio – Belo Horizonte – Minas Gerais – 30720-410  
(31) 3419-0900 – [lmc@fiemg.com.br](mailto:lmc@fiemg.com.br)

FO – 014 - REV 04  
Aprovado em: 07/07/2021- Página 1 de 2



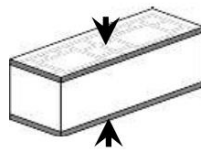
**LABORATÓRIO SENAI DE ENSAIOS EM SISTEMAS  
E MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO**



**RELATÓRIO DE ENSAIOS Nº 29471**

Data e Local de Coleta	16/11/2023 – Fábrica	<b>Referências</b> ABNT NBR 15270-1:2017 ABNT NBR 15270-2:2017
Data de Recebimento	16/11/2023	
Data de Início dos Ensaios	24/11/2023	
Data de Término dos Ensaios	01/12/2023	

**Compressão Axial**



**Valor de Referência da Resistência Característica à Compressão ( $f_{bk}$ )**

Classe	$f_{bk}$ mínimo (MPa)
EST 40	4,0 MPa
EST 60	6,0 MPa
EST 80	8,0 MPa
EST 100	10,0 MPa
EST 120	12,0 MPa
EST 140	14,0 MPa

**Equipamentos e Instrumentos**

**Paquímetro, Mitutoyo** – Identificação LMC-03 – Calibrado em 01/03/2023, conforme certificado de calibração 1218570 emitido pelo Instituto SENAI de Tecnologia Metalmeccânica, válido até março/2024.

**Prensa Hidráulica, Emic** – Identificação LMC-19 – Calibrado em 09/10/2023, conforme certificado de calibração 23100901MC e 23100902MC emitido pela INSTRON Brasil Equipamentos Científicos, válido até outubro/2024.

**Observações**

Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

A amostra continha somente o nome do fabricante e telefone de contato.

Belo Horizonte, 06 de dezembro de 2023.

DEBORA CAMPOS DE ARAUJO  
GOMES:06864196690

Assinado de forma digital por  
DEBORA CAMPOS DE ARAUJO  
GOMES:06864196690

**Signatário**

Este documento tem significação restrita e diz respeito tão somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).  
Sua reprodução só poderá ser total e depende da aprovação formal deste Laboratório.

Rua Humaitá, 1275 – Padre Eustáquio – Belo Horizonte – Minas Gerais – 30720-410

(31) 3419-0900 – [lmc@fiemg.com.br](mailto:lmc@fiemg.com.br)

FO – 014 - REV 04  
Aprovado em: 07/07/2021- Página 2 de 2