

**118**

# Série Tecnologia Ambiental

## **Processos de fabricação de cerâmica vermelha**

**Mariane Costalonga de Aguiar  
Mônica Castoldi Borlini Gadioli  
Maria Angélica Kramer Sant'Anna  
Kayrone Marvila de Almeida  
Ana Júlia Nali Giori**

**CETEM**  
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL



# **SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**Processos de fabricação de cerâmica vermelha**

## **PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

**Jair Messias Bolsonaro**

Presidente

## **MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES**

**Paulo Cesar Rezende de Carvalho Alvim**

Ministro de Estado

**Sergio Freitas de Almeida**

Secretário-Executivo

**Alex Fabiano Ribeiro de Magalhães**

Subsecretário de Unidades Vinculadas

**Cesar Augusto Rodrigues do Carmo**

Coordenação-Geral de Unidades de Pesquisa e Organizações  
Sociais – CGPS

## **CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL**

**Silvia Cristina Alves França**

Diretora

**Marcelo Peres Lopes**

Coordenador Substituto de Administração - COADM

**Andréa Camardella de Lima Rizzo**

Coordenadora de Planejamento, Gestão e Inovação - COPGI

**Paulo Fernando Almeida Braga**

Coordenador de Processamento e Tecnologias Minerais - COPTM

**Marisa Nascimento**

Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais - COPMA

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

Coordenador de Rochas Ornamentais - CORON

**Arnaldo Alcover Neto**

Coordenador de Análises Minerais - COAMI

# SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

ISSN 0103-7374

STA - 118

## Processos de fabricação de cerâmica vermelha

**Mariane Costalonga de Aguiar**

Química, D.Sc. Bolsista PCI/CETEM/MCTI

**Mônica Castoldi Borlini Gadioli**

Engenheira Química, D.Sc., Pesquisadora Titular do CETEM/MCTI

**Maria Angélica Kramer Sant'Anna**

Engenheira de Minas, Mestranda em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, IFES

**Kayrone Marvila de Almeida**

Engenheiro de Minas, Mestrando em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, IFES

**Ana Júlia Nali Giori**

Engenheira Química, M.Sc.

**CETEM/MCTI**

2022

## **SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**Luis Gonzaga Santos Sobral**

Editor

**Andréa Camardella de Lima Rizzo**

Subeditora

### **CONSELHO EDITORIAL**

Marisa Bezerra de M. Monte (CETEM), Paulo Sergio M. Soares (CETEM), Saulo Rodrigues P. Filho (CETEM), Silvia Gonçalves Egler (CETEM), Vicente Paulo de Souza (CETEM), Antonio Carlos Augusto da Costa (UERJ), Fátima Maria Zanon Zotin (UERJ), Jorge Rubio (UFRGS), José Ribeiro Aires (CENPES), Luis Enrique Sánches (EPUSP), Virginia Sampaio Ciminelli (UFMG).

A Série Tecnologia Ambiental divulga trabalhos relacionados ao setor minerometalúrgico, nas áreas de tratamento e recuperação ambiental, que tenham sido desenvolvidos, ao menos em parte, no CETEM.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

**Valéria Cristina de Souza**

Coordenação Editorial e Editoração Eletrônica

**André Luiz Costa Alves**

Capa

CIP – Catalogação na Publicação

P963

Processos de fabricação de cerâmica vermelha / Mariane Costalonga de Aguiar ... [et al.]. – Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2022.  
53p. – (Série Tecnologia Ambiental; 118).

ISBN 978-65-5919-051-5

1. Cerâmica vermelha. 2. Argila. 3. Processos de fabricação.  
I. Aguiar, Mariane Costalonga de. II. Gadioli, Mônica Castoldi Borlini.  
III. Sant'Anna, Maria Angélica Kramer. IV. Almeida, Kayrone Marvila de.  
V. Giori, Ana Júlia Nali. VI. Centro de Tecnologia Mineral. VII. Série.

CDD 666.4

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do CETEM/MCTI  
Bibliotecário(a) Rosana Silva de Oliveira CRB7 - 5849

# SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1   INTRODUÇÃO	9
2   OBJETIVO	12
3   FABRICAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA	13
4   ARGILAS	16
5   SAZONAMENTO	18
6   MOLDAGEM DOS MATERIAIS (EXTRUSÃO E PRENSAGEM)	20
7   SECAGEM	23
8   QUEIMA	25
9   TIPOS DE FORNOS	32
9.1   Fornos Intermitentes	32
9.2   Fornos Contínuos e Semi Contínuos	39
10   CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48



## **RESUMO**

A cerâmica vermelha é um importante setor da economia nacional e representa 4,8% das indústrias de construção civil e cerca de 90% das alvenarias e coberturas são construídas com esses materiais. O processo produtivo da cerâmica vermelha é padrão em todas as indústrias, em fases sucessivas, diferenciando apenas a tecnologia utilizada. A primeira etapa, que não é propriamente um processo de produção, é a extração da argila, que em grande parte das cerâmicas é utilizado o produto natural. Em geral, as argilas são materiais muito heterogêneos, cujas características dependem da sua formação geológica e da localização da extração. As propriedades do produto final estão estreitamente relacionadas às características das matérias-primas. Os materiais relacionados à cerâmica vermelha englobam diversos materiais que são frequentemente utilizados na construção civil, como blocos, telhas, tijolos maciços entre outros. O objetivo deste trabalho é levantar os processos utilizados na fabricação de cerâmica vermelha, material muito utilizado na construção civil.

### **Palavras-chave**

Cerâmica vermelha, argila, processos de fabricação.

## **ABSTRACT**

Red ceramics are an important sector of the national economy and represent 4.8% of the civil construction industries and around 90% of masonry and roofing are built with these materials. The production process for red ceramics is standard in all industries, in successive stages, differing only in the technology used. The first step, which is not exactly a production process, is the extraction of clay, which in most ceramics uses the natural product. In general, clays are very heterogeneous materials, whose characteristics depend on their geological formation and location of extraction. The properties of the final product are closely related to the characteristics of the raw materials. The materials related to red ceramics include several materials that are frequently used in civil construction, such as blocks, tiles, solid bricks and others. The objective of this work is to survey the processes used to manufacture red ceramics, a material used in civil construction.

## **Keywords**

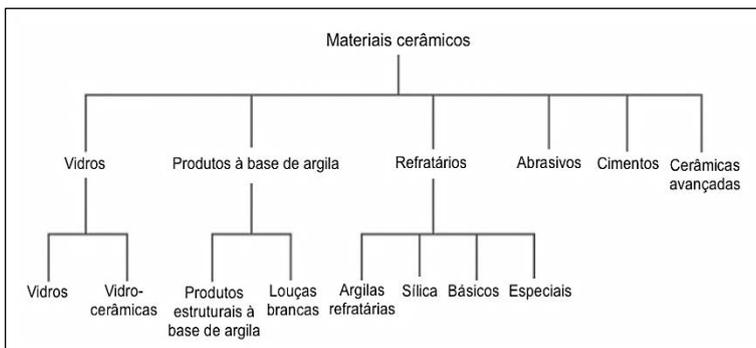
Red ceramics, clay, manufacturing processes.

## 1 | INTRODUÇÃO

A palavra cerâmica vem do grego *keramos* que significa “matéria queimada”, indicando que as propriedades desejáveis desses materiais são obtidas normalmente por meio de um processo de tratamento térmico em altas temperaturas. Segundo a definição de KINGERY et al. (1976), as cerâmicas são sólidos inorgânicos e não metálico, nas quais as ligações interatômicas ou são totalmente iônicas ou são predominantemente iônicas, mas com alguma natureza covalente (CALLISTER e RETHWISCH, 2012).

Algumas propriedades comuns entre cerâmicas são a má condução elétrica e térmica, devido ao fato de os elétrons de valência estarem presos em ligações e não livres como em metais; a força compressiva, pois a cerâmica é mais forte na compressão do que na tensão, enquanto os metais têm resistência à tração e à compressão comparáveis; a fragilidade, pois a maior parte das cerâmicas é quebradiça à temperatura ambiente devido a ligação iônico-covalente mista que mantém os átomos constituintes juntos; e a insensibilidade química, visto que um grande número de cerâmicas é estável em ambientes químicos e térmicos agressivos (CARTER e NORTON, 2013).

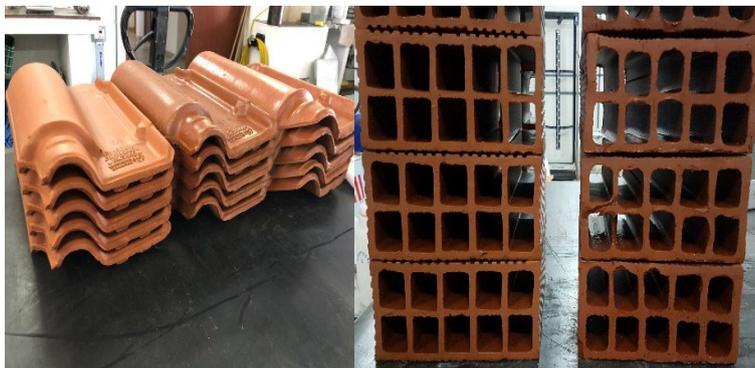
Contudo, os produtos cerâmicos também possuem características que os diferem, pois englobam um conjunto diversificado de materiais, cada qual com características individuais devido às suas diferentes aplicações. Dessa forma, os materiais cerâmicos podem ser divididos em categoriais conforme ilustrado na Figura 1. A cerâmica vermelha, foco dessa pesquisa, faz parte da categoria de produtos estruturais a base de argila.



Fonte: Callister e Rethwisch, 2012.

**Figura 1.** Categorias de materiais cerâmicos.

Segundo a ABCERAM (2020), cerâmica vermelha compreende os materiais caracterizados pela cor avermelhada empregados na construção civil, como tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos e argilas expandidas e utensílios de uso doméstico, demonstrados na Figura 2.

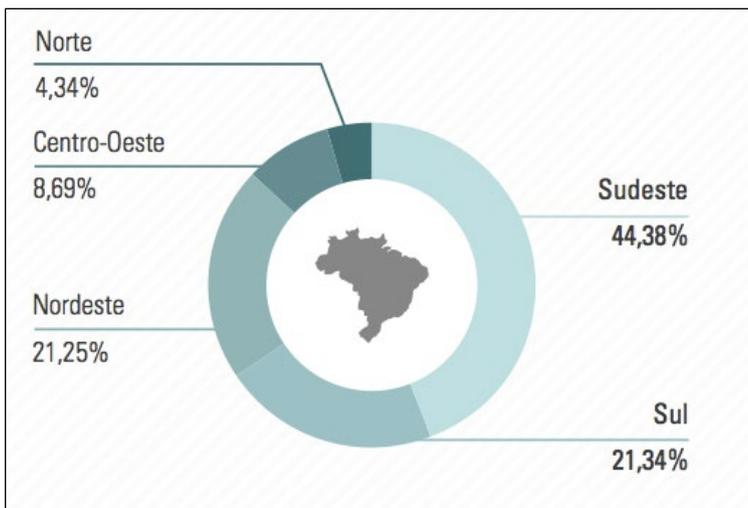


Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 2.** Telhas e blocos cerâmicos.

Existem, aproximadamente, 5.600 empresas cerâmicas vermelha no Brasil, a maioria de pequeno e médio porte, gerando cerca de R\$ 18 bilhões de faturamento anual, 293 mil empregos diretos e 900 mil empregos indiretos. A indústria de cerâmica vermelha representa 4,8% das indústrias de construção civil e cerca de 90% das alvenarias e coberturas são construídas com esses materiais (ANICER, 2020).

Dentre as regiões brasileiras, o sudeste é a que representa maior produção de cerâmica vermelha, como pode ser observado na Figura 3.



Fonte: SEBRAE, 2015.

**Figura 3.** Produção nacional de cerâmica vermelha por região.

## **2 | OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho foi levantar os processos utilizados na fabricação de cerâmica vermelha, material muito utilizado na construção civil.

### 3 | FABRICAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA

O processo de fabricação de cerâmica vermelha engloba diversas etapas e podem ser divididas em preparação das matérias-primas e da massa cerâmica, formação e fabricação das peças, tratamento térmico e acabamento ou finalização.

A primeira etapa compreende os processos de beneficiamento das matérias-primas, a argila “dura” precisa passar pelo processo de britagem e moagem para que possa ser desaglomerada e adquirir granulometria adequada para a preparação das massas.

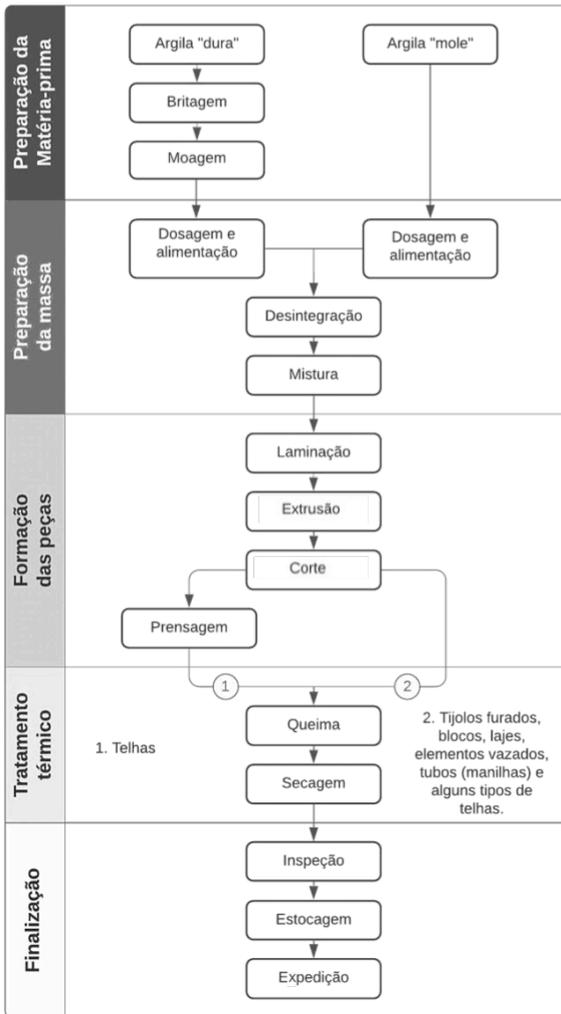
A etapa de preparação das massas inclui a dosagem, na qual as massas argilosas industriais são formuladas usando, geralmente, dois tipos de argilas com características diferentes, a alimentação e a mistura das mesmas com o objetivo de propiciar condições favoráveis de conformação e propriedades finais.

A formação das peças é a etapa responsável por dar forma às peças cerâmicas, e compreende as operações de laminação, extrusão, corte e prensagem. O processo de laminação consiste em introduzir o material entre os rolos laminadores, submetendo o material a tensões compressivas elevadas.

A extrusão se resume no processo de adicionar a massa cerâmica em uma extrusora, na qual a massa é compactada e pressionada através de um bocal com o formato desejado. Dessa forma, obtêm-se a coluna extrudada que será cortada para obter as peças cerâmicas. Na fabricação das telhas, após o processo de extrusão, ocorre a prensagem, que se baseia em adicionar a peça em um molde que será comprimido.

O tratamento térmico inclui a secagem e queima dos corpos cerâmicos, possuindo fundamental importância no processo de fabricação das peças. A secagem retira, de forma lenta e gradual, a água em excesso, evitando tensões e defeitos; e a queima ou sinterização consiste em submeter a peça a elevadas temperaturas, nas quais uma série de transformações e reações irão ocorrer para que a peça possa adquirir suas características finais.

Ao término das etapas descritas, os materiais cerâmicos são inspecionados, estocados e expedidos para a destinação final. Algumas das principais etapas do processo de fabricação de cerâmica vermelha serão descritas de forma mais detalhada nos próximos tópicos. As etapas podem ser observadas no fluxograma da Figura 4.



Fonte: ABCERAM, 2020.

**Figura 4.** Processo de fabricação de cerâmica vermelha.

## 4 | ARGILAS

As argilas são constituídas majoritariamente por argilominerais que dão características primordiais no material cerâmico, podendo conter outros minerais que vão agir como fundentes, outros que geralmente são inertes e servem de enchimento, como também pode conter matéria orgânica e impurezas. Ainda classifica os argilominerais como silicatos de alumínio hidratados, possuindo em alguns casos outros elementos como magnésio, cálcio, sódio, potássio, ferro, lítio entre outros.

O setor brasileiro de cerâmica vermelha utiliza, basicamente, argila como matéria prima na produção de peças, no qual, a partir da produção cerâmica anual do Brasil, estima-se que cerca de 140 Mt de argila sejam utilizadas (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2020).

As argilas utilizadas na fabricação da cerâmica vermelha são geologicamente distinguidas entre argilas quaternárias (*i.e.*, planícies aluvionares e planícies costeiras) e argilas de bacias sedimentares (LUZ e LINS, 2008).

As argilas quaternárias possuem características de alta umidade e plasticidade e encontram-se acumuladas: nas planícies aluvionares (ou de várzea), que são mais comuns nas regiões interiores, e nas planícies costeiras junto às regiões litorâneas. Já as argilas de bacias sedimentares são as relacionadas a formações geológicas mais antigas e com variações, por exemplo, em sua granulometria, de composição química e de composição de argilominerais, que podem influenciar na atuação cerâmica (MOTTA et al., 2004).

Por ser uma matéria prima de baixo valor agregado, normalmente as minerações de argila são empresas de pequeno e médio porte e em sua maioria pertencem aos próprios ceramistas (CABRAL JR et al., 2019).

A fim de estruturar as lavras de argila são desenvolvidos projetos com as seguintes condições: as particularidades dos depósitos, critérios técnicos e operacionais no desenvolvimento da lavra, o aproveitamento do depósito (econômico) e condições de caráter ambiental e logístico (LUZ e LINS, 2008).

A lavra de argila na produção cerâmica é a céu aberto, com auxílio de equipamento como carregadeiras e escavadeiras hidráulicas, e a escavação é realizada em encostas, planície aluvionar ou bacias sedimentares.

## 5 | SAZONAMENTO

A primeira etapa do tratamento da argila é denominada sazonamento. A prática consiste na estocagem e na exposição de toda a argila extraída de uma jazida ao meio ambiente por um período determinado de tempo, que pode ser de poucos meses ou mesmo até de muitos anos. O principal objetivo desse tipo de tratamento é a homogeneidade do material, aumento da plasticidade, a minimização de trincas durante a secagem, bem como a redução ou eliminação do conteúdo de material orgânico dessas matérias-primas (CERÂMICA CONSTRULAR, 2020).

A Figura 5 mostra o sazonamento em uma indústria de cerâmica vermelha.



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 5.** Sazonamento em uma empresa de cerâmica vermelha.

Quanto ao preparo da matéria prima, tem-se que todas as operações, antes da extrusão, podem ser realizadas por operações mecânicas, que compreendem normalmente: trituração, peneiramento, misturadores, amassadores e laminadores. A maior parte dos defeitos dos blocos cerâmicos é em razão desta fase, que influencia todas as outras fases do processo, muitas vezes confundindo o fabricante que não identifica a sua causa (FONSECA et al., 1994).

Os mecanismos atuantes durante o processo de sazonalamento de argilas ainda não são suficientemente conhecidos. Acredita-se que fatores químicos, como a troca catiônica e oxidação da matéria orgânica e fatores biológicos, possuam importância neste processo (ABAJO, 2000; BARANOV et al., 1985; GROUDEVA e GROUDEV, 1995; VAIBERG et al., 1980).

A falta do sazonalamento compromete a fase de preparação da argila, por não ter uma plasticidade adequada (necessitando de mais água de amassamento) e favorece a presença de matéria orgânica, que pode ocasionar, posteriormente, maior índice de vazios nos blocos (SPOSTO et al., 2007).

## 6 | MOLDAGEM DOS MATERIAIS (EXTRUSÃO E PRENSAGEM)

A massa cerâmica depois de preparada passa para o processo de modelagem na indústria e assim os produtos ganham forma (*i.e.*, tijolos, telhas, bloco estrutural, etc.), passando por operações de extrusão e/ou prensagem.

A extrusão trata-se de uma operação de conformação plástica no qual a massa cerâmica é inserida em uma extrusora (também conhecida por maromba) onde sofre compactação e é forçada por um pistão ou eixo helicoidal por entre um molde (boquilha), formando assim uma coluna extrudada com seção transversal, formato e dimensões desejados. Em seguida, a coluna é cortada produzindo as peças. A Figura 6 apresenta um bloco de vedação sendo extrudado na indústria de cerâmica vermelha.



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 6.** A massa já conformada saindo da boquilha.

É importante mencionar que para cada tipo de produto há uma boquilha específica e como exemplos podemos citar: boquilha para tijolos maciços, blocos estruturais, blocos de vedação, de telha, laje, entre outras.

A produtividade do processo e qualificação dos produtos dependem de coeficientes como a composição, preparação e plasticidade das massas cerâmicas, os moldes de extrusão, o tipo de extrusora e a qualidade do vácuo (WIECK e DUALIBI, 2013).

O processo de prensagem trata-se da compactação e conformação simultânea da massa cerâmica enclausurada à uma matriz rígida ou molde flexível (NECKEL Jr., 2008). Neste processo utilizam-se massas com baixo ou 0% teor de umidade. Diversos tipos de prensas podem ser utilizados, como fricção, hidráulica e hidráulica mecânica.

A escolha para o método de conformação das peças se adapta, normalmente, aos interesses do fabricante, pois existem diferenças entre cerâmicas extrudadas ou prensadas. Resultados obtidos em laboratório por GELVES et al. (2013) mostram que as peças prensadas possuem menor variação dimensional na fase de secagem do que as extrudadas.

A pressão total exercida na prensagem dos materiais pode variar de 20 a 100 MPa. A taxa de prensagem é variável, mas em prensas múltiplas e rotatórias pode chegar a produção de 5000 peças por minuto, e a capacidade varia em centenas de toneladas (NECKEL Jr., 2008).

A escolha de um método de modelagem pode variar conforme o tipo de produto final desejado, mas também devido a fatores financeiros, isso porque a operação de prensagem é mais cara. Sendo assim, na maioria das vezes são utilizados para a produção de peças com maior valor agregado.

Portanto, de acordo com ABAJO (2000, apud GELVES, 2013, p. 48) “Embora os aspectos econômicos sejam de grande influência na escolha do sistema produtivo e tecnológico a ser utilizado, a natureza das matérias-primas utilizadas desempenha um papel muito importante na qualidade dos produtos produzidos e no sucesso financeiro da unidade produtiva implementada.”

## 7 | SECAGEM

Depois de formadas as peças, ainda possuem teor de umidade proveniente da preparação da massa. Sendo assim, faz-se necessário eliminar a água para evitar que tensões e defeitos possam surgir durante a queima das peças.

O objetivo da secagem é eliminar a água, utilizada na etapa de conformação, necessária para a obtenção de uma massa plástica. A eliminação de água ocorre por evaporação através do aporte de calor, efetuado mediante uma corrente de ar (ABAJO, 2000).

O processo térmico da fabricação de cerâmica vermelha se inicia pela secagem da peça. O termo “secagem” é utilizado para descrever o processo de remoção higroscópica de um sólido (YATAGANBABA E KURTBAŞ, 2016).

Esta é uma etapa bastante delicada e complexa, pois é comum nesta etapa ocorrerem defeitos de secagem nas peças e que são perceptíveis somente após a queima. A compreensão dos mecanismos envolvidos na secagem permite, por exemplo, uma melhor compreensão dos defeitos e da forma como evitá-los (SANTOS, 1975).

A secagem e queima dos materiais costumam ser uma das etapas mais custosas da produção de cerâmica vermelha; por isso, ainda que arcaico, muitas empresas ainda utilizam a secagem natural das peças com auxílio de estufas. Além da forma natural, muitas empresas aproveitam o próprio calor que sai do forno e direcionam para a secagem das peças. Em secadores (rotativos tipo torre ou túnel) intermitentes ou contínuos as temperaturas são variáveis entre 50°C e 150°C (ABCERAM, 2020).

Argilas muito plásticas requerem muita água para conformação, implicando em uma retração de secagem elevada. A secagem deve ser feita de maneira lenta e controlada para que não ocorram defeitos (TUBINO e BORBA, 2006).

Portanto, a secagem é uma etapa muito importante do processo de produção e contribui significativamente para a qualidade do produto final, pois durante a secagem são geradas tensões que podem levar ao aparecimento de defeitos que comprometem a qualidade das peças.

## 8| QUEIMA

Após a etapa de secagem do corpo cerâmico, o mesmo é submetido a altas temperaturas no processo denominado queima. De todos os estágios do processo de produção, o de queima é o mais importante, pois é ele que concede as características do material cerâmico.

A queima de uma massa cerâmica reúne um conjunto bastante complexo de reações físico-químicas que envolvem diversas transformações na composição e na estrutura pela aplicação de energia térmica. O conhecimento das transformações que acontecem é de grande interesse tecnológico visto que, após a queima, os produtos devem apresentar propriedades finais adequadas (SANTOS, 1989; PINHEIRO e HOLANDA, 2010).

A temperatura de queima é um parâmetro que depende da composição e das propriedades desejadas para a peça. A cerâmica vermelha é queimada em uma faixa de temperatura entre 800°C a 1000°C; contudo, a maior parte das empresas de cerâmica vermelha no Brasil não utiliza temperatura de queima adequada na fabricação de seus produtos, o qual resulta em produtos de baixa qualidade. Os tijolos de construção são queimados normalmente em torno de 900°C e são relativamente porosos (PINHEIRO e HOLANDA, 2010; SANTOS, 1989; CALLISTER e RETHWISCH, 2012).

A cerâmica é constituída por argilominerais e minerais. Durante a queima, estes minerais sofrem diversas reações e transformações complexas, uma delas é a vitrificação. A vitrificação consiste na formação gradual de uma fase líquida que flui para o interior da peça, escoando ao redor das partículas não fundidas remanescentes e preenche os poros devido às

forças de tensão superficial ou por ação da capilaridade (CALLISTER e RETHWISCH, 2012).

O grau de vitrificação depende da temperatura, do tempo de queima e da composição. A temperatura na qual a fase líquida se forma é reduzida pela adição de agentes fundentes, que agem como aglutinantes entre as partículas e promovem as reações sólido-sólido (CALLISTER e RETHWISCH, 2012, RIELLA et al., 2002).

Desse modo, a importância de um material fundente na massa cerâmica está relacionada com sua capacidade de diminuir a temperatura de formação de fase líquida durante o processo de queima. Os elementos mais eficientes para promover a formação de fase líquida são os óxidos alcalinos,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , e alcalino-terrosos,  $\text{CaO}$  e  $\text{MgO}$ . A viscosidade desta fase líquida é uma função da proporção entre os óxidos formadores de vidro,  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , e óxidos modificadores,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  e a sua formação também é influenciada pela proporção entre  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , pois enquanto o  $\text{K}_2\text{O}$  forma eutéticos em temperaturas mais baixas, o  $\text{Na}_2\text{O}$  é responsável por valores de viscosidade menores (RIELLA et al., 2002).

Durante o resfriamento do corpo cerâmico, a fase líquida forma uma matriz vítrea ao redor das partículas de outras fases cristalinas que praticamente não se alteram durante o processo térmico, como o  $\text{SiO}_2$ , formando um corpo denso e resistente. Assim, a microestrutura final consiste em uma fase vitrificada com partículas de quartzo que não tenham reagido e em alguma porosidade (CALLISTER e RETHWISCH, 2012, RIELLA et al., 2002).

A temperatura determina a extensão em que a vitrificação ocorre, a qual aumenta conforme a temperatura aumenta e o

grau de vitrificação controla as propriedades da peça cerâmica, como a resistência, a durabilidade e a massa específica, que são melhoradas conforme a vitrificação aumenta. Contudo, há um limite nesse processo de vitrificação, pois com o aumento desse processo os poros fechados podem gerar tensões internas no material, resultando no surgimento de trincas e, dessa forma, diminuindo a resistência mecânica do corpo cerâmico. Nesse sentido, a vitrificação completa também é evitada, uma vez que o corpo se torna muito mole e irá colapsar (CALLISTER e RETHWISCH, 2012; FERRARI et al., 2000).

Logo, o conhecimento do comportamento das matérias-primas usadas permite estabelecer especificações para as matérias-primas com o objetivo a manter estáveis as condições de processo. Segundo SOUZA e SANTOS (1989) e RIELLA et al. (2002), as propriedades físico-mecânicas dos materiais constituintes da cerâmica vermelha dependem, de forma expressiva, da mulita formada a partir da caulinita existente nas argilas utilizadas

As transformações da caulinita foram estudadas por SANTOS (1989). A 100°C ocorre perda de água de umidade, em 450°C inicia-se o processo de desidroxilação da caulinita, que é completada a 600°C. Nessas condições forma-se a metacaulinita. A formação de mulita pode ocorrer a partir de 1100°C. A presença de ferro, boro e titânio facilitam a formação de mulita e, portanto, esta pode se formar a uma temperatura mais baixa e em maiores quantidades. A retração de queima da caulinita atinge o valor máximo a cerca de 950°C e a vitrificação se inicia entre 950°C e 1225°C devido a liberação de cristobalita.



Quando a temperatura de queima foi elevada para 950°C, os autores constataram o aparecimento de mulita primária e/ou de uma fase tipo espinélio Al:Si. Acima de 950°C, a ilita/mica e feldspato desapareceram, mas a mulita primária, espinélio Al:Si e quartzo permaneceram. Observaram, também, indícios da presença da cristobalita em 1050°C e a presença de hematita em todas as temperaturas de queima.

Os autores concluíram que até cerca de 950°C ocorreu fraca sinterização sólida das partículas associada à alta porosidade aberta, que tende a favorecer, em termos de propriedades físico-mecânicas, a produção de tijolos e blocos cerâmicos. Acima de 950°C, os autores observaram que a porosidade aberta se fechou de forma mais significativa, devido à presença de uma pequena quantidade de finos filamentos de vidro, que tendem a favorecer a produção de telhas e tubos cerâmicos.

Os fornos cerâmicos são os responsáveis pelo processo final de queima na fabricação das peças cerâmicas. Eles são diretamente responsáveis pelo consumo de energia e qualidade final do produto criado. Os modelos de fornos usados variam conforme a necessidade que a indústria cerâmica tem para produzir o seu produto final acabado. As indústrias tentam adequar, constantemente, os seus fornos cerâmicos para produzir produtos com melhor qualidade.

Algumas indústrias do setor utilizam o calor pós queima do forno para ajudar na secagem das peças cerâmicas. O calor é direcionado aos secadores por tubulações instaladas, assim ajuda na secagem e contribui com a economia de energia do processo de produção. A, etapa, de queima e sinterização nos fornos são sucessoras desse processo de secagem. O produto proveniente da secagem chega até o forno com água residual. Esta água é a primeira a ser eliminada, logo no início do processo de queima. Por fim, acontece o resfriamento das peças cerâmicas dentro do próprio forno.

No interior dos fornos cerâmicos acontece a transmissão de calor no processo de queima por meio de fontes externas (SANTOS, 2001). O material utilizado na combustão varia de indústria para indústria, podendo ser gás natural, madeiras e até mesmo resíduos da indústria de papel e de outros seguimentos industriais. A transmissão de calor ocorre por condução entre materiais criando-se, portanto, o gradiente de temperatura entre o interior e o exterior das peças e também entre as pilhas de peças cerâmicas.

De acordo com HENRIQUES JÚNIOR e RODRIGUES (2017), a curva de aquecimento mais utilizada na indústria cerâmica ocorre entre 850°C e 950°C, variando conforme a matéria-prima, tipo de forno, modelo de peça cerâmica e horas de queimada.

Os fornos utilizados nas indústrias de cerâmica vermelha podem ser classificados em dois grupos principais, são eles: fornos intermitentes e fornos contínuos. Os fornos intermitentes são modelos construtivos mais antigos. As cerâmicas brasileiras utilizam bastante este modelo de fornos. Eles possuem variabilidade na produção, com isso podem queimar materiais comuns e especiais. Sua instalação e confecção é mais rápida e simples quando comparados ao modelo de forno contínuo, a manutenção pode ser realizada de forma rápida e sem parar a produção (HENRIQUES JÚNIOR e RODRIGUES, 2017). Os pontos negativos destes modelos de fornos são o rendimento e a produção inferiores aos fornos contínuos. Alguns deles possuem um aquecimento irregular durante o processo de queima. Seu processo de aquecimento e resfriamento tem um gasto energético maior e também ocorre perda de calor durante o processo de queima. Os fornos intermitentes podem ser de chama invertida, que possui um

fluxo de queima ascendente, ou de chama reversível, que possui um fluxo de queima descendente. Os modelos mais conhecidos dos fornos intermitentes são: Caipira, Caieira, Abóbada ou Redondo, Garrafão, Forno Vagão Metálico, Paulistinha, Igrejinha, Plataforma e outros (HENRIQUES JÚNIOR e RODRIGUES, 2017).

O grupo de fornos contínuos são os que possuem um processo de queima sem a interrupção para carregamento e retirada de peças cerâmicas. Os contínuos ainda se dividem em semi contínuos. O semi contínuo possui câmaras de queima sequenciadas, ao contrário do contínuo que segue um fluxo livre. A geometria do forno contribui para que enquanto uma câmara está queimando o produto, as outras estão aquecendo, conseqüentemente em sequência, sem descontinuidade do processo de aquecimento e queima.

O calor da queima é sempre aproveitado para aquecer a sequência seguinte de queima de peças cerâmicas. Seu calor também pode ser reaproveitado para ajudar na secagem das peças cerâmicas dentro dos secadores. Ele possui menor consumo de energia, controle no processo de aquecimento e queima, menor tempo de queima e melhor qualidade do produto final. Porém, a construção deste forno é mais demorada e com custo elevado. A produção tem que ser paralisada durante seu tempo de manutenção. Os modelos mais conhecidos de fornos contínuos são: Hoffmann anular de arco longitudinal (semi contínuo), Hoffmann de arco transversal (semi contínuo), Túnel convencional, Túnel de queima rápida, Forno Federico (semi contínuo) e Forno de Câmaras Cedan (semi contínuo).

## 9 | TIPOS DE FORNOS

### 9.1 | Fornos Intermitentes

#### 9.1.1 | Forno caieira

O forno Caieira é um dos mais antigos modelos de fornos utilizado no Brasil, desde o período do Brasil colonial. Ele possui uma tecnologia antiga e rudimentar, composto na maioria das vezes, por uma só câmara e fornalha, e as peças queimadas ficam próximas à fornalha. Os gases de combustão saem pelo topo do forno. Ele possui alto consumo de material combustível de queima. Não apresenta altas temperaturas, pode chegar a aproximadamente 600°C. O seu processo de queima é do tipo chama invertida que apresenta um fluxo de queima ascendente.

Uma de suas vantagens é o baixo custo para a construção do forno, porém seu layout não contribui para uma boa eficiência energética. Segundo HENRIQUES JÚNIOR e RODRIGUES (2017), este tipo de forno tem uma grande perda de calor, aproximadamente 70%. Com isso, ele possui alto custo de produção, baixa produção, muita perda e qualidade inferior das peças cerâmicas produzidas. Este forno gera bastante fuligem durante o processo de queima, isso devido à falta de chaminés na maioria deles.

A Figura 7 apresenta o Forno Caieira da Cerâmica Sardinha no município de Campos dos Goytacazes – RJ.



Fonte: Acervo Pessoal.

**Figura 7.** Forno Caieira, Cerâmica Sardinha em Campos dos Goytacazes - RJ.

### 9.1.2 | Forno abóbora ou redondo

Segundo HENRIQUES JÚNIOR e RODRIGUES (2017), os fornos abóbora são um dos mais utilizados no Brasil, representando, aproximadamente, 40%. Porém, apresenta um desempenho térmico baixo. Este forno possui formato redondo e o seu teto em formato de cúpula. Apresenta, na maioria das vezes, duas portas grandes para alimentação das peças cerâmicas, e também quatro fornalhas nas laterais.

As fornalhas é onde se introduz lenha ou outro material para combustão do forno. Ele não necessita de muita tecnologia para operação. A fornalha aquece e manda todo o calor para o interior do forno. Ele é conhecido por ser do tipo chama reversível, que possui um fluxo de queima descendente. O calor sobe por um compartimento pela lateral, e depois desce em contato com o material cerâmico, realizando assim a queima.

O forno abóbada pode atingir uma temperatura de aproximadamente 900°C, o tempo médio de queima depende do artefato cerâmico que será queimado.

As principais vantagens são, facilidade e baixo custo para construir, uso de vários tipos de materiais de combustão, fácil operação, produção ampla, pode-se aplicar a vários tipos de artefatos e possibilidade de reutilização do calor para ajudar na secagem das peças cerâmicas.

As desvantagens são: alto consumo de material para combustão, aquecimento irregular dentro do forno, perda de material por conta da irregularidade da queima e baixa produção, pois o forno deve ser paralisado para descarga e recarga as peças cerâmicas. A Figura 8, a seguir, mostra o forno abóbada da cerâmica Sardinha no município de Campos dos Goytacazes – RJ.



Fonte: Acervo Pessoal.

**Figura 8.** Forno abóbada, Cerâmica Sardinha em Campos dos Goytacazes - RJ.

### 9.1.3 | Forno paulistinha

O Forno Paulistinha é muito utilizado no setor cerâmico do país. Sua alta procura por ceramistas é pelo fato de possuir baixo custo para sua construção. Seu uso é bastante aplicado no processo de queima de telhas cerâmicas, um detalhe particular é sua baixa eficiência térmica (HENRIQUES JÚNIOR e RODRIGUES, 2017). Dependendo do processo, pode consumir muito material na combustão. Por isso, é importante observar o consumo energético e a distribuição de calor por igual durante a queima dos produtos cerâmicos utilizados no Forno Paulistinha (BRITO, 2011).

Ele possui uma estrutura em formato retangular e o teto em forma de abóbada de berço, todo feito em alvenaria. As fornalhas para abastecimento do material combustível são localizadas nas laterais. O seu chão possui crivos para a passagem dos gases. Na maioria das vezes, trabalha de forma gemina, dividindo uma parede lateral em comum com outro forno Paulistinha. Essa junção de dois fornos dividindo uma mesma parede lateral ajuda no processo de aproveitamento de calor de um forno para o outro. Seu processo de queima é de chama reversível, por isso possui o fluxo de calor descendente. Ele pode atingir temperaturas de até 800°C, isso dependendo do processamento de cada região.

As principais vantagens desse modelo de forno são: baixo custo para construção do forno, recuperação do calor para canalizar e enviar aos secadores, pode ser utilizado para queima de diversos tipos de artefatos cerâmicos e possui uma fácil operação. Uma das principais desvantagens é a distribuição irregular de calor, isso pode ocasionar diferença de coloração e resistências nas peças cerâmicas. Ele também possui alto consumo de combustível para queima e seu produto final não tem uma boa qualidade quando comparado a outros modelos de fornos, como por exemplo os contínuos. A Figura 9 apresenta um forno Paulistinha utilizado na Cerâmica Arco-Íris, localizada no município de São Roque do Canaã-ES.



Fonte: Acervo Pessoal.

**Figura 9.** Forno Paulistinha, Cerâmica Arco-Íris em São Roque do Canaã – ES.

#### 9.1.4 | Forno vagão metálico

De acordo com HENRIQUES JÚNIOR e RODRIGUES (2017), o Forno Vagão Metálico começou a ser utilizado no Brasil a partir do ano de 2015. Isso colaborou para uma maior competitividade e redução final dos custos do setor de cerâmica vermelha.

A tecnologia deste contribui para um melhor isolamento térmico durante a queima dos artefatos acarretando, com isso, um ganho no desempenho. Sua estrutura é formada por uma

câmara fixa, suas laterais possuem estruturas metálicas e revestidas internamente com fibra cerâmica. Os vagões são ligados por trilhos e caminham para o interior do forno.

A combustão acontece nas fornalhas nas laterais do forno. Os gases de combustão entram e realizam a queima dos artefatos cerâmicos de forma descendente, chamado de chama reversível. O chão possui crivos para melhor circulação do ar quente. Sua temperatura de queima pode chegar até a 950°C, dependendo da indústria e condições de operação.

As principais vantagens do Forno Vagão Metálico são: maior produtividade, isso porque enquanto um vagão está queimando o outro fica preparado aguardando para ser o próximo da sequência e o processo de resfriamento segue na mesma sequência, não precisando parar por inteiro a queima para retiradas das peças cerâmicas de dentro do forno.

Este forno é fácil de ser construído, também possui facilidade no processo de operação e consegue gerar uma boa condição de trabalho para os operadores, pois não precisam entrar no forno para retirada dos artefatos cerâmico (NASCIMENTO, 2015). Além de possuir consumo de energia de queima menor, isso comparado aos outros fornos cerâmicos intermitentes. Possui uma maior velocidade de produção, queima homogeneia e recuperação do calor para utilização na secagem. As desvantagens são: cuidados no sistema de tracionamento dos vagões, os artefatos cerâmicos devem estar bastantes secos para o processo de queima e possui limitação para produzir grandes quantidades mensais (HENRIQUES JÚNIOR e RODRIGUES, 2017). A Figura 10 apresenta um Forno Vagão Metálico.



Fonte: Júnior e Rodrigues, p. 42. 2017.

**Figura 10.** Forno Vagão Metálico.

## 9.2 | Fornos Contínuos e Semi Contínuos

### 9.2.1 | Forno hoffmann

O forno Hoffmann é um modelo de forno utilizado pela maioria das indústrias de grande porte de cerâmica vermelha no país. Ele é considerado um forno Semi contínuo, possui um alto rendimento energético, isso devido ao seu sistema de queima. Segundo BRITO (2011), este modelo de forno foi criado na Alemanha no século XIX, por Friedrich Hoffmann, sendo, assim, o primeiro forno contínuo criado para indústrias cerâmicas. Ele foi difundido no Brasil nos anos 60. Seu funcionamento utiliza o calor de exaustão para pré-aquecer as câmaras posteriores, que com isso contribui para redução nos custos com combustíveis. Ele atinge temperaturas de aproximadamente 1000°C. Sua estrutura é composta por câmaras interligadas que variam de quantidades. Sua estrutura

é construída em alvenaria, também possui paredes grossas para resistir ao choque térmico durante o aquecimento e resfriamento contínuo (HENRIQUES JÚNIOR e RODRIGUES, 2017). Ele pode ser operado com lenha ou gás natural. Sua temperatura de queima pode chegar a valores aproximados de 1000°C. Seu sistema de queima é no teto, em cima das câmaras. O sistema de resfriamento utiliza o ar ambiente, que quando entra em contato com as peças, aquece novamente, sendo assim possível sua utilização no sistema de secagem da empresa cerâmica.

As vantagens de utilizar o Forno Hoffmann são: o aproveitamento do calor para pré-aquecer as câmaras em sequência que proporciona menor custo energético. O seu produto final possui alta qualidade e tem pouca perda durante o processo. O calor pode ser recuperado para utilizar em secadores e o material para queima pode ser variados combustíveis. As principais desvantagens são: construção e instalação com elevados custos, grande valor de investimento e operação de queima mais complexa que os fornos convencionais. Ele pode apresentar, as vezes, vazamentos de calor nas laterais e manchas em alguns produtos queimados. A Figura 11, mostra um forno Hoffmann utilizado na cerâmica vermelha do Grupo Tavares em Caucaia-CE.



Fonte: Acervo Pessoal.

**Figura 11.** Forno Hoffmann, Grupo Tavares em Caucaia - CE.

### 9.2.2 | Forno câmaras - Cedan

O Forno de Câmara Cedan foi desenvolvido no Brasil, mais especificamente no município de Russas – CE. Considerado como semi contínuo, este modelo de forno foi criado para reduzir o consumo de matéria prima energética no processo de combustão. Segundo BRITO (2011), este modelo de forno reduz tal consumo em até 75% comparado aos fornos convencionais. Sua estrutura é formada por câmaras interligadas por crivos que contribuem para o aproveitamento do calor entre as mesmas. A alimentação com a matéria prima energética é realizada pelo teto do forno. Ela pode ser de forma contínua ou em bateladas (HENRIQUES JÚNIOR e

RODRIGUES, 2017). O forno, na maioria das vezes, possui doze ou dezesseis câmaras acopladas de forma interligadas. Esta sequência ajuda na transferência de calor de forma contínua entre as câmaras. Durante a queima, é aproveitado o fluxo de calor nas câmaras que estão na sequência. É este aproveitamento de calor que contribui na redução da matéria prima energética.

A temperatura de queima é sempre monitorada durante o seu processo de operação, isso faz com que o aproveitamento do calor possa ser melhor reciclado (SOUSA, 2010).

As principais vantagens desse forno são: boa transferência de calor, redução da matéria prima energética, redução no tempo de queima, uniformidade da temperatura de queima, tendo, como consência, uma qualidade maior no produto final. Ele também possui alta eficiência e pequena quantidade de perda dos produtos. As desvantagens ocorrem devido a operação um pouco mais complexa que os fornos convencionais e custo mais elevado para sua construção. A Figura 12 apresenta o Forno de Câmaras Cedan utilizado pela indústria Cerâmica Torres em Sobral – CE.



Fonte: Acervo Pessoal.

**Figura 12.** Forno de Câmaras Cedan na Cerâmica Torres – CE.

### 9.2.3 | Forno federico

O Forno Cerâmico Federico foi desenvolvido na década de 90 por Federico Forlivesi. O principal objetivo da criação foi para obter uma melhor adaptação de funcionamento do Forno Hoffmann (HENRIQUES JÚNIOR e RODRIGUES, 2017). Esse modelo de forno também é considerado como semi contínuo. Quando utilizado em forma sequencial possui alta eficiência. Sua temperatura aproximada de queima é de 1000°C. Sua estrutura é composta por câmaras. O processo de queima se inicia na primeira câmara, com isso as outras seguintes vão sendo aquecidas em sequência. Este processo ajuda no pré-aquecimento das outras câmaras. Isso contribui diretamente na economia da matéria prima de combustão. O aproveitamento

do calor é um dos pontos primordiais da qualidade deste modelo de forno. Ele possui uma ótima relação econômica entre produto final e consumo de combustível quando comparado ao Forno Hoffmann. A alimentação do material de combustão é realizada na parte superior do forno. Na estrutura existe uma parede que separa o material em combustão dos artefatos cerâmicos que estão em processo de queima. Isso contribui para um produto final mais resistente, maior homogeneidade e conseqüentemente com qualidade superior.

As principais vantagens são, eficiência e alta produção quando comparado aos fornos antigos tradicionais. As desvantagens estão relacionadas ao maior ciclo de queima, isso quando comparado aos fornos mais modernos; ele também apresenta zonas neutras dentro do forno onde o material cerâmico não consegue obter uma queima completa. A Figura 13 apresenta o Forno Cerâmico Federico na empresa São José Telhas em Campos dos Goytacazes – RJ.



Fonte: Acervo Pessoal.

**Figura 13.** Forno Federico na cerâmica São José Telhas – RJ.

#### 9.2.4 | Forno túnel

O forno Túnel foi inventado em 1877 e sua utilização no Brasil é de apenas algumas décadas, isso pelo seu alto custo de investimento no seu processo de instalação (SPOSTO et al., 2007a). Ele é muito utilizado em indústrias cerâmicas de grande porte, isso porque apresenta maior capacidade de produção e melhor rendimento. Ele é um modelo de forno contínuo e possui alta eficiência, aproximadamente superior a 2.000 t/mês. Sua temperatura aproximada de queima é de 900°C. Sua estrutura é em forma de túnel com corpo fixo único e subdividido em três zonas em sequência: zona de preaquecimento, zona de queima e por último a zona de resfriamento.

O modelo desse forno contribui para o aproveitamento de calor entre as zonas. Os artefatos cerâmicos são colocados em vagonetas que atravessam por dentro do forno ao longo do seu comprimento, com isso passando pelas três zonas (HENRIQUES JÚNIOR e RODRIGUES, 2017). O aquecimento é realizado por fornalhas que ficam nas laterais do corpo do Túnel. Os gases da zona de queima são aproveitados, pois seguem um fluxo inverso voltando para o início do processo na zona de preaquecimento.

Suas principais vantagens são: redução do consumo energético, maior produtividade, aproveitamento dos gases, melhor controle operacional, homogeneidade dos produtos cerâmicos e maior automação tecnológica. As principais desvantagens são: grande investimento inicial para construção do forno, maior cuidado em sua manutenção, parada total do forno em caso de manutenção, mão de obra qualificada para operação do forno e o alto custo de investimento, que com isso

exige uma alta produção para compensar o valor aplicado. A Figura 14 apresenta o Forno Túnel da Cerâmica Volpini na empresa São José Telhas em Campo Grande – MS.



Fonte: Acervo Pessoal.

**Figura 14.** Forno Túnel da Cerâmica Volpini - MS.

## 10 | CONCLUSÃO

Por meio dos dados desse estudo, pode-se constatar que o Brasil tem importância marcante no setor da economia nacional de cerâmica vermelha.

Os produtos cerâmicos também possuem características que os diferem, pois englobam um conjunto diversificado de materiais, cada qual com características individuais devido às suas diferentes aplicações.

A utilização do conhecimento de processos de fabricação de cerâmica vermelha para estudar o comportamento dos materiais e suas características e, com isso, saber exatamente como trabalhar com as misturas, velocidade de queima e a temperatura adequada para fabricação dos produtos, obtendo-se, com isso, produtos de qualidade evitando o desperdício de matérias-primas, gerando retorno econômico positivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAJO, M.F. Manual sobre fabricación de baldosas, tejas y ladrillos, Beralmar, Colômbia (2000), p.360.

ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica. Informações Técnicas: Processos de Fabricação. In: ABCERAM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (São Paulo, SP). Disponível em: <https://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>. Acesso em: 30 abr. 2020.

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Dados do setor. Disponível em: <<http://www.anicer.com.br>>. Acesso em: abr. 2020.

BARANOV, V.V.; VAINBERG, S.N.; VLASOV, A.S.; YASHCHENKO, O.I.; SIDOROVA, V.A.V.P. Effect of biological treatment of the ceramic mass on the drying and firing of facing tiles. *Glass and Ceramics* 42. 239-241, 1985.

BRITO, A.W.L. Máquinas e Equipamentos Cerâmicos. Apostila do curso técnico em cerâmica vermelha da Escola Estadual de Educação Profissional – EEEP. Ensino Médio Integrado à Educação Profissional. Governo do Estado do Ceará: Secretaria da Educação, 2011.

CABRAL JR, M.; AZEVEDO, P.B.M.; CUCHIERATO, G.; MOTTA, J.F.M. (2019). Estudo estratégico da cadeia produtiva da indústria cerâmica no Estado de São Paulo: Parte I – Introdução e a Indústria de Cerâmica Vermelha. *Cerâmica Industrial*, vol. 24, n° 1, p. 20-34.

CALLISTER, W.D., RETHWISCH, D.G. Ciência e engenharia de materiais: Uma introdução. New York: Springer. Verlag, 8 ed. 2012. 716 p.

CARTER, C.B., NORTON, M.G. Ceramic Materials: Science and Engineering. New York: Springer. Verlag, 2 ed. 2013. 716 p.

CERÂMICA CONSTRULAR. Descubra como o sazonalamento da argila contribui para a qualidade dos blocos cerâmicos. 2020. Disponível em: <https://ceramicaconstrular.com.br/sazonamento-da-argila-contribui-qualidade-dos-blocos-ceramicos/>. Acesso em: Agosto 2021.

FERRARI, K.R.; FIGUEIREDO FILHO, P.M.; MACHADO, L.A.; PASCHOAL, J.O.A. Transformações das matérias-primas do suporte durante a queima de revestimento cerâmico. *Cerâmica Industrial*, v. 5, n. 2, p. 53-58, 2000.

FONSECA, J.F. et al. Manual para a produção de cerâmica vermelha. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina/Sebrae-SC, 1994, 81p.

GELVES, J.; MONROY, R.; SÁNCHEZ, J.Y.; RAMIREZ, R. (2013). Estudio comparativo de las técnicas de extrusión y prensado como procesos de conformado de productos cerámicos de construcción en el Área Metropolitana de Cúcuta. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. 52. 48-54. 10.3989/cyv.62013.

GROUDEVA V.I., GROUDEV S.N., *American Ceramic Society Bulletin* 74, 6 June (1995), 85.

HENRIQUES JÚNIOR, M. F.; RODRIGUES, J. A. P. *Cerâmica Vermelha: Projeto EELA no Brasil*. 1. ed. Rio de Janeiro: INT/ MCTIC, 2017, 135 p.

KINGERY, W.D.; BOWEN, H.K.; UHLMANN, D.R. *Introduction to ceramic*. 2. ed. New York: Wiley-Interscience, 1976. 700 p.

LUZ, A.B. (Ed.); LINS, F.A. F.(Ed). *Rochas & minerais Industriais: usos e especificações*. 2.Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008, 990p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Anuário estatístico do setor metalúrgico e do setor de transformação de não metálicos (ano base 2019). Brasília, DF, 2020.

MOTTA, J.F.M.; ZANARDO, A.; CABRAL JR., M.; TANNO, L.C. e CUCHIERATO, G. (2004). As matérias-primas plásticas para a cerâmica tradicional: argilas e caulins. *Cerâmica Industrial*, vol. 9, n° 2, p. 33-46.

NASCIMENTO, C.A. Estudo da reengenharia de fornos cerâmicos com crivamento: Uma oportunidade real de melhoria da sustentabilidade. Guarapuava PR, 2015. 68 p. Dissertação

(Bioenergia) – Universidade Federal do Paraná, Guarapuava - PR, 2015.

NECKEL JUNIOR, L. Processamento de telhas cerâmicas por compactação de pós e queima em forno a rolo. Orientador: Orestes Alarcon. 2008. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/91500>. Acesso em: 29 abr. 2020.

PINHEIRO, B.A.C.; HOLANDA, J.N.F. Efeito da temperatura de queima em algumas propriedades mecânicas de cerâmica vermelha. *Cerâmica*, v. 56, n. 339, p. 237-243, 2010.

REED, J.S. Principles of ceramics processing. 2ª Ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1994.

RIELLA, H.G.; FRANJNDLICH, E.U.C.; DURAZZO, M. Caracterização e utilização de fundentes em massas cerâmicas. *Cerâmica Industrial*, v. 7, n. 3, p. 33-36, 2002.

SANTOS, G.M. Estudo do comportamento térmico de um forno túnel aplicado à indústria de cerâmica vermelha. *Florianópolis*, v. 1, 2001. 113 p. Dissertação (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

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

SANTOS, P.S. Tecnologia de argilas. Aplicação às argilas brasileiras. São Paulo: Edgar Blücher, v. 1. 340p, 1975.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Boletim de inteligência. Construção Civil: Cerâmica Vermelha. Dezembro, 2015.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Construção Civil. Cerâmica vermelha. Panorama do mercado no Brasil. 2015. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/arquivos\\_chronus/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/\\$file/5846.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/arquivos_chronus/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/$file/5846.pdf). Acessado em: maio de 2021.

SOUSA, C.F.O. Análise do forno cedan enquanto inovação tecnológica no setor de cerâmica vermelha. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 30. 2010. Anais eletrônicos [...] São Carlos - SP, 2010.

SPOSTO, R.M. et al. Análise da conformidade de blocos cerâmicos sinterizados em fornos intermitentes e contínuos no Distrito Federal. Cerâmica Industrial, São Paulo - SP, v. 12, 2007a.

SPOSTO, R.M.; MORAIS, D.M; PEREIRA, C.H.F. A qualidade do processo de produção de blocos cerâmicos fornecidos para o Distrito Federal. Cerâmica Industrial, 12 (3) Maio/Junho, 2007.

TUBINO, L.C.B., BORBA, P. SENAI (2006). Dossiê Técnico: Etapas do processo cerâmico a sua influência no produto final-massa, extrusão, secagem e queima. SENAI-RS.

VAIBERG. S.N., VLASOV. A.S., SKRIPNIK, V.P. Glass and ceramics 37, 7-8 (1980) 387.

WIECK, R.; DUAILIBI, J. (2013). Extrusão em cerâmica vermelha: Princípios básicos, problemas e soluções. Cerâmica Industrial, vol. 18, nº 3, p. 16-23.

YATAGANBABA, A.; KURTBAŞ, I. Renew. Sustain. Energy Rev. 59 (2016) 206–224

## SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2021, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 380 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <https://www.gov.br/cetem/pt-br/assuntos/repositorio-mineralis-e-biblioteca>.

### Últimos números da Série Tecnologia Ambiental

STA-117 – **Efeito da poluição atmosférica nas rochas das fachadas do Paço Imperial do Rio de Janeiro.** Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Caroline Martins de Souza, Amanda Menezes Ricardo, 2021.

STA-116 – **Fertilização e correção de solos utilizando resíduos de rochas ornamentais – Estado da Arte** Maiccon Martins Barros, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, 2021.

STA-115 – **Rochas aglomeradas: Uma alternativa tecnológica e ambiental para a utilização dos resíduos de rochas ornamentais.** Mônica Castoldi Borlini Gadioli, Mariane Costalonga de Aguiar, Ana Júlia Nali Giori, Abiliane de Andrade Pazeto, Maria Carolyna Sopeletti Fernandes, 2021.

## **INFORMAÇÕES GERAIS**

Centro de Tecnologia Mineral - CETEM  
Avenida Pedro Calmon, 900 - Cidade Universitária  
21941-908 - Rio de Janeiro - RJ  
Geral: (21) 3865-7222  
Biblioteca: (21) 3865-7218  
E-mail: [biblioteca@cetem.gov.br](mailto:biblioteca@cetem.gov.br)  
Homepage: <https://www.gov.br/cetem/pt-br>

## **NOVAS PUBLICAÇÕES**

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.



## Missão Institucional

Desenvolver tecnologias inovadoras e sustentáveis, e mobilizar competências visando superar desafios nacionais do setor mineral.

## O CETEM

O Centro de Tecnologia Mineral - CETEM é um instituto de pesquisas, vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações - MCTI, dedicado ao desenvolvimento, à adaptação e à difusão de tecnologias nas áreas minerometalúrgica, de materiais e de meio ambiente.

Criado em 1978, o Centro está localizado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, na Cidade Universitária, no Rio de Janeiro e ocupa 20.000m<sup>2</sup> de área construída, que inclui 25 laboratórios, 4 plantas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 44 anos de atividade, o CETEM desenvolveu mais de 800 projetos tecnológicos e prestou centenas de serviços para empresas atuantes nos setores minerometalúrgico, químico e de materiais.