



Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas

FABRICAÇÃO DE PRODUTOS MINERAIS NÃO METÁLICOS

dossiê técnico

Louças e porcelanas de uso doméstico

Cecília Chicoski da Silva
Jefferson Chicoski da Silva
Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR

Dezembro/2007
Edição atualizada em Junho/2022





Serviço Brasileiro de **Respostas Técnicas**

dossiê técnico

Louças e porcelanas de uso doméstico

O Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT fornece soluções de informação tecnológica sob medida, relacionadas aos processos produtivos das Micro e Pequenas Empresas. Ele é estruturado em rede, sendo operacionalizado por centros de pesquisa, universidades, centros de educação profissional e tecnologias industriais, bem como associações que promovam a interface entre a oferta e a demanda tecnológica. O SBRT é apoiado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI e de seus institutos: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT.



Dossiê Técnico	SILVA, Cecilia Chicoski da; SILVA, Jefferson Chicoski da Louças e porcelanas de uso doméstico Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR 18/12/2007
Resumo	Este dossiê aborda sobre a fabricação de cerâmicas de uso doméstico: matérias-primas, processo de fabricação (preparação da massa, formação das peças, tratamento térmico, acabamento, esmaltação e decoração), equipamentos, tecnologia de produção, aditivos químicos utilizados e tipos de utensílios produzidos.
Assunto	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS CERÂMICOS NÃO REFRATÁRIOS NÃO ESPECIFICADOS ANTERIORMENTE
Palavras-chave	Argila; cerâmica; fabricação; faiança; louça; porcelana; utensílio doméstico
Atualizado por	SILVA, Mariela Thiane



Salvo indicação contrária, este conteúdo está licenciado sob a proteção da Licença de Atribuição 3.0 da Creative Commons. É permitida a cópia, distribuição e execução desta obra - bem como as obras derivadas criadas a partir dela - desde que criem obras não comerciais e sejam dados os créditos ao autor, com menção ao: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - <http://www.respostatecnica.org.br>

Para os termos desta licença, visite: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>

Sumário

1 INTRODUÇÃO	03
2 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR	04
3 MATÉRIAS-PRIMAS	05
3.1 Matérias-primas naturais	05
3.1.1 Argilas.....	05
3.1.2 Bauxito.....	06
3.1.3 Dolomita.....	07
3.1.4 Feldspato	07
3.1.5 Andalusita – cianita – silimanita	07
3.1.6 Filitos cerâmicos	07
3.1.7 Grafita.....	08
3.1.8 Materiais fundentes diversos.....	08
3.1.9 Quartzo.....	08
3.1.10 Talco.....	09
3.2 Matérias-primas sintéticas	09
3.2.1 Alumina.....	09
3.2.2 Alumina eletrofundida branca (óxido de alumínio eletrofundido branco)	10
3.2.3 Alumina eletrofundida marrom (óxido de alumínio eletrofundido marrom).....	10
3.2.4 Alumina calcinada para cerâmica	10
3.2.5 Alumina tubular	11
3.2.6 Carbetto de silício	11
3.2.7 Óxido de zinco	11
4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO	11
4.1 Louças e porcelanas	12
4.2 Fabricação de porcelanas	13
4.2.1 Características e produção de porcelana	13
4.2.2 Matéria-prima.....	13
4.2.3 Processo de fabricação.....	13
4.3 Processo de fabricação de porcelanas e faianças (louças)	15
4.4 Esmaltação e decoração	16
4.4.1 Tipos de esmaltes.....	17
4.4.2 Preparação do esmalte (vidrado)	17
4.4.3 Corantes	17
5 EQUIPAMENTOS	17
5.1 Moinho de bolas	18
5.2 Agitador	19
5.3 Forno	19
5.4 Cabine de pintura	21
5.5 Peneiras	21
5.6 Queimadores	21
5.7 Tornos	22
6 FATORES RELAVANTES À QUALIDADE DO PRODUTO	22
7 NORMAS TÉCNICAS	23
8 TIPOS DE UTENSÍLIOS PRODUZIDOS	24
Conclusões e recomendações	25
Referências	25
Anexo 1 - Padronização e nomenclatura de peças de louça	27
Anexo 2 – Associações de cerâmica.....	34
Anexo 3 – Fornecedores de matéria-prima	35

Conteúdo

1 INTRODUÇÃO

A cerâmica é o material artificial mais antigo produzido pelo homem, existindo a mais de dez mil anos. Do grego "kéramos" (terra queimada ou argila queimada) é um material de imensa resistência, sendo frequentemente encontrado em escavações arqueológicas. Quando saiu das cavernas e se tornou um agricultor, o homem necessitava não apenas de um abrigo, mas de vasilhas para armazenar a água, os alimentos colhidos e as sementes para a próxima safra. Tais vasilhas tinham que ser resistentes ao uso, impermeáveis a umidade e de fácil fabricação, tais facilidades foram encontradas na argila (ANFACER, [201-?]a).

A cerâmica é uma atividade de produção de artefatos a partir da argila, que se torna muito plástica e fácil de moldar quando umedecida e, depois da secagem em altas temperaturas, oferece rigidez e resistência através da fusão de certos componentes na massa (ANFACER, [201-?]a).

A cerâmica passou a substituir a pedra trabalhada, a madeira e mesmo as vasilhas (utensílios domésticos) feitas de frutos como o choco ou a casca de certas cucurbitáceas (porungas, cabaças e catutos). As primeiras cerâmicas que se tem notícia são da Pré-História: vasos de barro, sem asa, que tinham cor de argila natural ou eram escurecidas por óxidos de ferro (ANFACER, [201-?]a).

No Brasil, a cerâmica tem seus primórdios na Ilha de Marajó. A cerâmica marajoara tem sua origem na avançada cultura indígena que floresceu na ilha. Estudos arqueológicos, contudo, indicam que a presença de uma cerâmica mais simples ocorreu, ainda, na região amazônica por volta de 5.000 anos atrás. Era considerada altamente elaborada e de uma especialização artesanal que compreendia várias técnicas: raspagem, incisão, excisão e pintura (ANFACER, [201-?]a).

Mesmo desconhecendo o torno e operando com instrumentos rudimentares, o índio conseguiu criar uma cerâmica de valor, que dá a impressão de superação dos estágios primitivos da Idade da Pedra e do Bronze (ANFACER, [201-?]a).

A tradição ceramista não chegou, então, ao Brasil com os portugueses ou veio na bagagem cultural dos escravos. Os índios aborígenes já tinham firmado a cultura do trabalho em barro quando Cabral aqui aportou. Por isso, os colonizadores portugueses, instalando as primeiras olarias nada de novo trouxeram, mas estruturaram e concentraram a mão de obra (ANFACER, [201-?]a).

O rudimentar processo aborígene, no entanto, sofreu modificações com as instalações de olarias nos colégios, engenhos e fazendas jesuítas, onde se produzia além de tijolos e telhas, também louça de barro para consumo diário (ANFACER, [201-?]a).

A introdução de uso do torno e das "rodadeiras", parece ser a mais importante dessas influências, que se fixou especialmente na faixa litorânea dos engenhos, nos povoados, nas fazendas, permanecendo nas regiões interioranas as práticas manuais indígenas. Com essa técnica passaram a haver maior simetria na forma, acabamento mais perfeito e menor tempo de trabalho (ANFACER, [201-?]a).

Do calor do sol, para os fornos atuais utilizados para tornar as peças mais firmes, a história da cerâmica percorreu e auxiliou no cotidiano de todos os povos. Da Era Neolítica aos dias de hoje, os artistas continuam com seus dedos ágeis transformando blocos de argila e criando novas utilidades para a população (ANFACER, [201-?]a).

Com a prosperidade da cerâmica, cada povo descobriu seu estilo próprio e, com isso, surgiram novas técnicas. Foi assim, que os artífices chineses, desde a metade do terceiro milênio antes de Cristo, criaram objetos de design, pintados e esmaltados. Foram justamente eles os primeiros a usar, a partir do segundo século antes da nossa era, um

finíssimo pó branco, o caulim, que permite fabricar vasos translúcidos e leves. Nasce, então, a porcelana (ANFACER, [201-?]a).

A difusão da porcelana não foi notável antes do século XVIII. Com a utilização da porcelana, a cerâmica alcançou níveis elevados de sofisticação. Na China, a porcelana se desenvolveu dando origem a produtos de decoração e de utilização à mesa (ANFACER, [201-?]a).

2 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR

A cerâmica tem um papel importante para economia do país, com participação no PIB (Produto Interno Bruto) estimado em 1%, correspondendo à cerca de 6 bilhões de dólares. A abundância de matérias-primas naturais, fontes alternativas de energia e disponibilidade de tecnologias práticas embutidas nos equipamentos industriais, fizeram com que as indústrias brasileiras evoluíssem rapidamente e muitos tipos de produtos dos diversos segmentos cerâmicos atingissem nível de qualidade mundial com apreciável quantidade exportada (BENTO, 2011).

O setor industrial da cerâmica é bastante diversificado e pode ser dividido nos seguintes segmentos: cerâmica vermelha, materiais de revestimento, materiais refratários, louça sanitária, isoladores elétricos de porcelana, louça de mesa, cerâmica artística (decorativa e utilitária), filtros cerâmicos de água para uso doméstico, cerâmica técnica e isolantes térmicos (TCHÊ QUÍMICA, [201-?]).

No Brasil, existem todos estes segmentos, com maior ou menor grau de desenvolvimento e capacidade de produção. Além disso, existem fabricantes de matérias-primas sintéticas para cerâmica (alumina calcinada, alumina eletrofundida, carbetos de silício e outras), de vidrados e corantes, gesso, equipamento e alguns produtos químicos auxiliares (TCHÊ QUÍMICA, [201-?]).

A produção é concentrada em algumas regiões. A região de Criciúma, em Santa Catarina, que tem reconhecimento como polo internacional, concentra as maiores empresas brasileiras. Nessa região, as empresas produzem com tecnologia via úmida e competem por design e marca, em faixas de preços mais altas (MOTTA *et al.*, 2018).

Em São Paulo, a produção está distribuída em dois polos: Mogi Guaçu e Santa Gertrudes. A região metropolitana de São Paulo conta com algumas empresas, mas não se configura um polo. As empresas da capital e Mogi Guaçu produzem com tecnologia via úmida, enquanto em Santa Gertrudes a tecnologia utilizada pela maioria das empresas é via seca (MOTTA *et al.*, 2018).

O Nordeste brasileiro pode se tornar um polo em futuro próximo, devido às condições favoráveis de existência de matéria-prima, energia viável e um mercado consumidor em desenvolvimento, além de boa localização geográfica para exportação (MOTTA *et al.*, 2018).

O Brasil é um dos principais no ramo de revestimentos cerâmicos, ocupando a 3ª posição em produção e a 2ª posição em consumo no mundo, além de ser o 7º do ranking das exportações (ANFACER, [201-?]b).

Em 2020 a exportação brasileira de revestimentos cerâmicos totalizou 94 milhões de m², o que equivale a uma receita de US\$ 330 milhões (FIG. 1). Exportando para mais de 110 países, tendo como principais destinos: América do Sul, América Central, América do Norte e Caribe (ANFACER, [201-?]b).



Figura 1 – Evolução da exportação brasileira de revestimentos cerâmicos dos anos de 2003 a 2021
Fonte: (ANFACER, [201-?]b)

3 MATÉRIAS-PRIMAS

3.1 Matérias-primas naturais

São aquelas utilizadas como são extraídas da natureza ou que foram submetidas a algum tratamento físico para eliminação de impurezas indesejáveis, ou seja, sem alterar a composição química e mineralógica dos componentes principais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]b).

3.1.1 Argila

Argila é um material natural, de textura terrosa, de granulação fina, constituída essencialmente de argilominerais, podendo conter outros minerais que não são argilominerais (quartzo, mica, pirita, hematita, etc.), matéria orgânica e outras impurezas. Os argilominerais são os minerais característicos das argilas; quimicamente são silicatos de alumínio ou magnésio hidratados, contendo em certos tipos outros elementos como ferro, potássio, lítio e outros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Graças aos argilominerais, as argilas na presença de água desenvolvem uma série de propriedades tais como: plasticidade, resistência mecânica a úmido, retração linear de secagem, compactação, tixotropia e viscosidade de suspensões aquosas que explicam sua grande variedade de aplicações tecnológicas. Os principais grupos de argilominerais são caulinita, illita e esmectitas ou montmorilonita (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

O que diferencia estes argilominerais é basicamente o tipo de estrutura e as substituições que podem ocorrer, dentro da estrutura, do alumínio por magnésio ou ferro, e do silício por alumínio ou ferro, principalmente e consequente neutralização das cargas residuais geradas pelas diferenças de cargas elétricas dos íons por alguns cátions. Dessa forma, na caulinita praticamente não ocorre substituição, na illita ocorre substituição e o cátion neutralizante é o

potássio; na montmorilonita também ocorrem substituições e os cátions neutralizantes podem ser sódio, cálcio, potássio e outros. Isto implica em diferenças nas características de interesse para as diversas aplicações tecnológicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Como exemplo, argilas constituídas essencialmente pelo argilomineral caulinita são as mais refratárias, pois são constituídas essencialmente de sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3), enquanto que os outros, devido à presença de potássio, ferro e outros elementos, têm a refratariedade sensivelmente reduzida. A presença de outros minerais, muitas vezes considerados como impurezas, pode afetar substancialmente as características de uma argila para uma dada aplicação; daí a razão, para muitas aplicações, de se eliminar por processos físicos os minerais indesejáveis. Processo este chamado de beneficiamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Em função principalmente das possibilidades de emprego tecnológico, que são influenciadas pela gênese e pela composição mineralógica do material, em muitos casos as argilas recebem designações como: caulins, bentonitas, argilas refratárias, *flint-clays* e *ball clays* (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Aplicações: as argilas apresentam uma enorme gama de aplicações, tanto na área de cerâmica como em outras áreas tecnológicas. Pode-se dizer que em quase todos os segmentos de cerâmica tradicional a argila constitui total ou parcialmente a composição das massas. De um modo geral, as argilas que são mais adequadas à fabricação dos produtos de cerâmica vermelha apresentam em sua constituição os argilominerais illita, de camadas mistas illita-montmorilonita e clorita-montmorilonita, além de caulinita, pequenos teores de montmorilonita e compostos de ferro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

As argilas para materiais refratários são essencialmente caulínicas, devendo apresentar baixos teores de compostos alcalinos, alcalinos-terrosos e de ferro; podendo conter ainda em alguns tipos a gibbsita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). As argilas para cerâmica branca são semelhantes às empregadas na indústria de refratários; sendo que para algumas aplicações a maior restrição é a presença de ferro e para outras, dependendo do tipo de massa, além do ferro a gibbsita. No caso de materiais de revestimento são empregadas argilas semelhantes às utilizadas para a produção de cerâmica vermelha ou as empregadas para cerâmica branca e materiais refratários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

3.1.2 Bauxito

Bauxito é um material heterogêneo composto principalmente de minerais de hidróxido de alumínio, gibbsita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), diásporo ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e boemita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). As impurezas mais comuns presentes nos depósitos de bauxitos são óxidos de ferro, silicatos de alumínio (argila e outros) e titânia. Sua composição é variável, por exemplo os bauxitos europeus são constituídos predominantemente de diásporo e boemita com teores elevados de ferro, enquanto que os da América do Sul são compostos principalmente de gibbsita e teores mais baixos de óxidos de ferro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Aplicações: o bauxito é uma importante matéria-prima para obtenção de alumina (óxido de alumínio), que é indispensável para a produção de alumínio metálico, alguns compostos químicos, grãos abrasivos, materiais refratários e outros produtos cerâmicos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Exemplos de produtos obtidos através de composições constituídas com bauxito:

- hidróxido de alumínio, alumina calcinada e sulfato de alumínio;
- cimento aluminoso;
- grãos eletrofundidos marrons destinados a indústria de abrasivos (lixas, rebolos, etc.)

e de materiais refratários;

- mulita sintética escura;
- materiais refratários. Neste caso, os bauxitos devem ter baixos teores de ferro e sílica e são utilizados após calcinação na faixa de 1450° C a 1800° C (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]b).

3.1.3 Dolomita

É o carbonato duplo de cálcio e magnésio, ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), correspondendo a um teor teórico de cerca de 54,5% de carbonato de cálcio e 45,5% de carbonato de magnésio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Aplicações: pode ser aplicado em massas calcárias em teores de até 30%, tendo comportamento semelhante ao da calcita; na fabricação de materiais refratários, isolada ou em mistura com a magnésia; na composição de fritas e esmaltes (vidrados) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

3.1.4 Feldspato

O termo feldspato cobre uma série de alumino-silicatos alcalinos ou alcalinos terrosos. Os feldspatos naturais são normalmente uma mistura em diversas proporções de alumino-silicatos de potássio, de sódio, de cálcio, de lítio e, ocasionalmente, de bário e de cério (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Para a indústria cerâmica, os feldspatos de maior importância são o potássico ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) e o sódico ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$), por terem temperatura de fusão relativamente baixa e assim sendo empregados como geradores de “massa vítrea” nas massas cerâmicas e nos vidrados. No entanto, eles dificilmente são encontrados puros, em geral se apresentam em mistura, podendo também estar associados a outras impurezas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Aplicação: é aplicado na fabricação de vidro, fritas, esmaltes (vidrados), placas cerâmicas, isoladores elétricos de porcelana, louça de mesa e louça sanitária (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

3.1.5 Andalusita – cianita - silimanita

Estes três silicatos de alumínio têm a mesma fórmula química $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, correspondendo a um teor teórico em óxido de alumínio de 62,7% e em sílica de 37,3%. Os três minerais diferem pela estrutura cristalina e pelo comportamento térmico (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Na prática comercial há uma grande confusão quanto à terminologia desses minerais, sendo que muitos países adotam erroneamente o termo silimanita ou cianita para designar indistintamente os três minerais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Aplicações: é aplicado na fabricação de refratários aluminosos e também para a produção de alguns tipos de porcelana (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

3.1.6 Filitos cerâmicos

O ceramista brasileiro dá o nome de filito cerâmico a uma rocha metamórfica, estratificada ou laminada, composta de uma mistura de caulinita, mica moscovita finamente dividida ou sericita e quartzo em proporções variáveis; apresentam os filitos cores claras no estado natural, com um teor de óxido de potássio geralmente da ordem de 3 a 5% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Aplicações: podem ser aplicados em massa de grês sanitário como substitutos parciais da fração argilosa e do feldspato, além de serem empregados em várias proporções para aumentar a velocidade de sinterização de massas cerâmicas de faiança para louça de mesa, placas cerâmicas e alguns tipos de refratários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

3.1.7 Grafita

Constituída de carbono cristalizado a grafita apresenta-se sob forma de palhetas brilhantes (grafita lamelar) ou em partículas sem brilho, denominada de grafita amorfa. Encontra-se, normalmente, associada a impurezas, tais como quartzo, feldspato e mica ou dos seus produtos de alteração. Para sua utilização industrial é necessário concentrar o minério, classificá-lo e, para algumas aplicações, melhorar a pureza do concentrado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Aplicações: a grafita é aplicada em cerâmica é utilizada principalmente no segmento de refratários para confecção de cadinhos, válvulas, tampões e em teores menores na confecção de inúmeros produtos, entre eles, magnésia-carbono e alumina-carbeto de silício-carbono (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

3.1.8 Materiais fundentes diversos

Fundentes são materiais com elevado teor de álcalis (K_2O e Na_2O), quando presentes em uma composição cerâmica, podem reduzir a temperatura de queima e a porosidade do produto. Essas condições são importantes para produtos como os de cerâmica vermelha, cerâmica branca e materiais de revestimento (placas cerâmicas). Além de baixar o custo, reduzem a absorção de água e aumentam a resistência mecânica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

No caso das cerâmicas vermelhas, fabricadas a partir de argilas que queimam com cores avermelhadas, não é necessário adicionar materiais fundentes pelo fato de que as argilas empregadas contêm álcalis. Já no caso da cerâmica branca e de muitos produtos de revestimento (placas cerâmicas) é necessário a adição de materiais fundentes pelo fato destes produtos serem mais elaborados e apresentarem características determinadas, na composição da massa, junto às várias matérias-primas utilizadas, em geral refratárias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

No Brasil, os fundentes mais tradicionais são os feldspato e o filito, mas recentemente tem sido empregados materiais como fonolito e alguns tipos de rochas potássicas. Estas matérias-primas têm uma ação fundente mais enérgica que o feldspato e que o filito, em razão do menor teor de sílica e elevado teor de álcalis. A sericita existente no Paraná, muitas vezes comercializada como filito, também está sendo utilizada para este fim, pelo seu elevado teor de potássio. Ressalta-se que a possibilidade de utilização dessas matérias-primas depende do tipo de produto a ser fabricado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

3.1.9 Quartzo

O quartzo é uma das formas cristalinas da sílica (SiO_2), sendo as outras duas a cristobalita e a tridimita. Ele cristaliza no sistema hexagonal, apresenta densidade $2,65g/cm^3$, dureza 7 e ponto de fusão da ordem de $1720^\circ C$. Sendo estável abaixo de $870^\circ C$, apresenta-se em variedades cristalinas como quartzo hialino, ametista, quartzo leitoso, esfumado, etc. São variedades criptocristalinas a calcedônia, o sílex, a ágata, o jaspe, etc. Depósitos clásticos, como: cascalhos, seixos, arenitos e quartzitos, são formados principalmente de quartzo. Encontra-se também fragmentado em pequenas partículas formando grandes concentrações naturais (areias) resultante de alteração das rochas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Areia é o produto da deposição dos resíduos de desagregação, apresentando partículas de dimensões de 2 a 0,06 mm, sendo composto principalmente por grãos de quartzo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Aplicações:

- em massas de cerâmica branca e de materiais de revestimento, sendo um dos componentes fundamentais para controle da dilatação e para ajuste da viscosidade da fase líquida formada durante a queima, além de facilitar a secagem e a liberação dos gases durante a queima;
- na fabricação de isolantes térmicos;
- em composições de vidro e esmaltes (vidrados);
- na fabricação de materiais refratários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

3.1.10 Talco

Talco é um silicato de magnésio hidratado cuja fórmula é $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, correspondendo a 31,8% de MgO, 63,5% de SiO_2 e 4,7% de H_2O .

Aplicações:

- Como constituinte principal (60 a 90%) em massas para a fabricação de isoladores elétricos de alta frequência. Este tipo de corpo é conhecido como esteatita;
- Na composição de massas cordieríticas, que tem como característica principal o baixo coeficiente de dilatação térmica;
- Em quantidades de até 15%, em massas de corpos porosos para melhorar a resistência mecânica e reduzir as trincas devido a absorção de umidade;
- Como fundente, substituindo parcialmente o feldspato em massas para a fabricação de corpos semivítreos e vítreos;
- Na composição de esmaltes (vidrados) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

3.2 Matérias-primas sintéticas

São aquelas que individualmente ou em mistura foram submetidas a um tratamento térmico, que pode ser calcinação, sinterização, fusão e fusão/redução e as produzidas por processos químicos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

3.2.1 Alumina

Existem uma grande variedade de tipos de alumina que recebem uma série de adjetivos, tais como calcinada, baixa soda, hidratada, gama, tabular, eletrofundida e outras. A base para a produção dessas aluminas é principalmente o processo Bayer, que consiste resumidamente:

- Tratamento do bauxito com hidróxido de sódio em tanques pressurizados e aquecidos a 145°C (digestores), obtendo-se uma solução de aluminato de sódio e uma lama vermelha insolúvel, onde se concentram as impurezas;
- a lama vermelha é decantada e filtrada e a solução de aluminato de sódio é nucleada com cristais de gibbsita e resfriada, obtendo dessa forma a gibbsita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$);

- A gibbsita é calcinada em fornos rotativos à temperatura de aproximadamente 1000° C (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

Grande parte da alumina produzida através desse processo é destinada para a fabricação de alumínio metálico. Esta alumina é constituída de óxido de alumínio alfa, algumas fases de transição e um pouco de gibbsita; sua aplicação em cerâmica é restrita (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

3.2.2 Alumina eletrofundida branca (óxido de alumínio eletrofundido branco)

O processo de fabricação assemelha-se ao da fabricação de óxido de alumínio eletrofundido a partir do bauxito, diferindo, somente, quanto às matérias-primas da carga e ao fato de não haver redução quando da eletrofusão. Neste caso, emprega-se como matéria-prima apenas a alumina. Em alguns casos é adicionado à alumina, pequenos teores de óxido de cromo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

É utilizada na indústria de abrasivos e de refratários e em algumas massas de porcelana em substituição ao quartzo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

3.2.3 Alumina eletrofundida marrom (óxido de alumínio eletrofundido marrom)

Utiliza-se como matéria prima principal o auxito calcinado, que em mistura com coque de petróleo ilmenita e cavaco de ferro, sofre um processo de fusão em fornos elétricos especiais, formando após o resfriamento, blocos do produto desejado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

No processo de eletrofusão, os óxidos metálicos contidos na carga, com exceção do óxido de alumínio, são reduzidos a metais elementares pelo carbono; com o ferro adicionado na carga, tais metais formam ligas que por serem mais densas que a alumina fundida vão se depositando no fundo do forno; a principal liga formada é o ferro-silício. O bloco fundido obtido após o resfriamento, é quebrado em pedras que são reduzidas a tamanho menores; as impurezas e as ferro-ligas formadas são separadas manualmente. Os pedaços de óxido de alumínio eletrofundido são encaminhados para o processo de britagem, secagem e separação eletromagnética. Resultando em produtos de diversas granulometrias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

Aplicações: sua aplicação está na indústria de abrasivos e de refratários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

3.2.4 Alumina calcinada para cerâmica

Na produção de alumina para cerâmica são necessárias algumas modificações do processo anterior e no tratamento térmico, (temperaturas que variam de 1250° C a 1500° C), visando principalmente reduzir o teor de Na₂O e controlar o tamanho e forma dos cristais que tem influência sobre as propriedades finais do produto cerâmico. São obtidos inúmeros tipos de óxidos de alumínio, cada um com determinadas características e campo de aplicações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

Aplicações: são utilizadas para a fabricação de refratários, fibras cerâmicas e de inúmeros produtos classificados como cerâmica técnica, tais como: isoladores elétricos de porcelanas, placas para revestimento de moinhos e silos, elementos moedores (esferas e cilindros), guafios para a indústria têxtil, camisas e pistões de bombas, bicos de pulverização agrícola, tubos de proteção de termopar, selos mecânicos, parte cerâmica da vela de ignição, substratos para microeletrônica e outras. No caso de aplicações que exigem aluminas isentas de impurezas, granulometria extremamente fina, tamanho e forma de grãos rigorosamente controlados, utilizam-se outras aluminas, obtidas por processos químicos não convencionais. Exemplos de aplicações: tubos de alumina translúcida para lâmpada de vapor de sódio, peças para implantes, etc. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

3.2.5 Alumina tubular

A alumina tubular pode ser obtida pela calcinação da alumina em temperatura próxima a de fusão do óxido de alumínio (2020° C). Sua aplicação é na indústria de refratários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

3.2.6 Carbetos de silício

Um produto sintético, o qual sua fabricação consiste em colocar areia silicosa, o mais pura possível (o teor de SiO₂ não deve ser inferior a 97%) e coque de petróleo, em proporção estequiométrica com um ligeiro excesso de carbono. Adicionando ainda 10% de serragem para facilitar a liberação do monóxido de carbono produzido durante a reação; e também, aproximadamente 2% de cloreto de sódio, a fim de eliminar parte das impurezas sob a forma de cloretos metálicos voláteis (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Essa mistura é colocada em fornos retangulares ficando disposta ao redor de um eletrodo de grafita e, em seguida, submetida a temperaturas superiores a 2000° C durante aproximadamente 36 horas. Ao redor do eletrodo forma-se o carboneto de silício. O carbetos de silício é constituído de 96 a 99% de SiC, o restante sendo silício, sílica livre, carbono livre, assim como óxido de cálcio, de ferro e de alumínio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]c).

Aplicações: o carbetos de silício é utilizado em grande escala para a fabricação de abrasivos, de elementos de aquecimento para fornos elétricos e de produtos para indústria de refratários, por possuírem grande dureza (9,0 a 9,5 na escala de Mohs) e boa condutibilidade, térmica e elétrica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

3.2.7 Óxido de zinco

Existem alguns processos para obtenção do óxido de zinco, entre os quais o que é obtido através da volatilização do zinco metálico. O metal zinco (99,995% mim.) provém de sucessivos processos de beneficiamento de seus minérios, ex: esfalerita (ZnS), smithsonita (ZnCO₃), calamina (2ZnO.SiO₂.H₂O) e willenita (2ZnO.SiO₃) e hidrometalurgia (ustulação, purificação e eletrólise) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

Em síntese, o processo consiste na redução do Zn metálico que ocorre a altas temperaturas através da reação com o oxigênio presente na atmosfera. Este é captado por um sistema de exaustão e purificado por filtros especiais, homogeneizado e embalado. O óxido de zinco assim obtido pode atingir a pureza da ordem de 99,9% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

É utilizado em composições de esmaltes (vidrados) e pigmentos cerâmicos, fabricação de varistores, empregados como componentes de para-raios (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]d).

4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Por definição, a cerâmica compreende todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em temperaturas elevadas. O setor cerâmico é amplo e heterogêneo, dividido em subsetores ou segmentos em função de diversos fatores como matérias-primas, propriedades e áreas de utilização. Dessa forma, a classificação em geral, é adotada como:

- cerâmica vermelha;
- materiais de revestimento (placas cerâmicas);
- cerâmica branca;

- materiais refratários;
- isolantes térmicos;
- vidro, cimento e cal;
- cerâmica de alta tecnologia/cerâmica avançada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]a).

4.1 Louças e porcelanas

A fabricação de louças e porcelanas de uso doméstico é um segmento do setor de cerâmica branca. O setor de cerâmica branca agrupa uma grande variedade de produtos, tais como louças e porcelanas (utilitárias e decorativas), sanitários e porcelana técnica, que se diferenciam, entre outros fatores, pela temperatura de queima e pela composição da massa, notadamente o tipo de fundente. A massa é do tipo composta, constituída de argilas plásticas de queima branca, caulins, quartzo e fundentes (feldspato, filito, rochas feldspáticas, carbonatos) (MOTTA; ZANARDO; CABRAL JUNIOR, 2001).

A expressão “cerâmica branca” é proveniente do fato de que, no passado, devido à transparência dos vidrados, procurava-se produzir corpos brancos e isentos de manchas. Posteriormente, com o advento dos vidrados opacos, essa exigência deixou de existir (MOTTA; ZANARDO; CABRAL JUNIOR, 2001).

Uma classificação usual da cerâmica branca baseia-se no teor em peso da água absorvida pelo corpo cerâmico, denominando-se:

- porcelana quando a absorção é zero (pode-se admitir até 0,5%);
- grês são designados os materiais com baixíssima absorção (geralmente entre 0,5% e 3%);
- louça (ou faiança, maiólica, pó-de-pedra) refere-se aos corpos mais porosos (geralmente superior a 3%) (MOTTA; ZANARDO; CABRAL JUNIOR, 2001).

Entretanto, esta classificação não é apresentada com precisão quantitativa quanto as suas características, sobretudo ao limite da absorção d’água (MOTTA; ZANARDO; CABRAL JUNIOR, 2001).

As porcelanas são fabricadas com massas constituídas a partir de argilominerais (argila plástica e caulim), quartzo e feldspato bastante puros, que são queimados a temperaturas superiores a 1250° C. Os produtos apresentam porosidade próxima a zero e compreendem:

- a porcelana doméstica e de hotelaria (pratos, xícaras, jogos de chá, etc.);
- porcelana elétrica (isoladores e peças para componentes eletroeletrônicos);
- a porcelana técnica, que apresenta elevada resistência física ou ao ataque químico (MOTTA; ZANARDO; CABRAL JUNIOR, 2001).

O grês é feito a partir de matérias-primas menos puras, podendo incluir rochas cerâmicas como granito, pegmatito e filito como fundentes, ao invés de feldspato puro. Os produtos são queimados por volta de 1250° C e apresentam absorção de água reduzida (geralmente entre 0,5% e 3%). Os principais produtos são os artigos sanitários, também denominados de louças sanitárias, que inclui as diversas peças de lavatório e higiene (MOTTA; ZANARDO; CABRAL JUNIOR, 2001).

Os produtos faiança (louças) são compostos de massas semelhantes ao grês, mas usualmente podem incorporar, diferentemente da composição do grês, fundentes carbonáticos, portadores dos minerais calcita e dolomita. As peças são fabricadas a

temperaturas inferiores a 1250° C e caracterizam-se pela maior porosidade (> 3%) e menor resistência do que as porcelanas e o grês. Seus produtos incluem aparelhos de jantar, aparelhos de chá, xícaras e canecas, peças decorativas, etc. (MOTTA; ZANARDO; CABRAL JUNIOR, 2001).

Os processos de fabricação podem diferir de acordo com o tipo de peça ou material a ser fabricado. Em geral, os processos compreendem as etapas de preparação da matéria-prima e da massa, formação das peças, tratamento térmico e acabamento, que em muitos produtos são submetidos à esmaltação e decoração (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?])e).

4. 2 Fabricação de porcelanas

4.2.1 Características e produção de porcelana

A porcelana é um produto branco impermeável e translúcido. Ela se distingue de outros produtos cerâmicos, especialmente da louça, pela sua vitrificação, transparência, resistência, completa isenção de porosidade e sonoridade (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

4.2.2 Matéria-prima

Na fabricação de porcelanas são utilizadas: argila, quartzo, caulim (caulim é um minério composto de silicatos hidratados de alumínio, como a caulinita e a haloisita e apresenta características especiais que permitem sua utilização no fabrico de papel, cerâmica, tintas, etc.) e feldspato. Estes materiais são encontrados em minas, cuidadosamente lavados e purificados (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

4.2.3 Processo de fabricação

O processo divide-se em cinco etapas:

1 - Modelagem

É a etapa de criação de um molde de gesso, para torneir uma peça (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

2 - Massa

É uma etapa estritamente técnica, deve ser executada sob a supervisão direta de um controle de qualidade, para garantir a exatidão na composição da massa, que deve conter:

- Argila - 10%
- Caulim - 40%
- Feldspato - 25%
- Quartzo 25% (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

Tipos de massa:

a) pastosa

É utilizada em peças estampadas a torno. Depois de misturada, a massa é peneirada, em seguida é colocada em filtros prensas (equipamento de filtragem da água sob pressão), que tem por finalidade retirar o excesso de água deixando aproximadamente 25% de umidade. A massa prensada é retirada e acondicionada em depósitos de envelhecimento, para sua conservação até a etapa subsequente de vácuo, que transforma a massa em uma mistura homogênea e sem ar. Neste momento, atinge maior grau de plasticidade, podendo ser torneada (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

b) líquida

Trata-se da mesma massa, porém diluída. Contém aproximadamente 30% de água (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

3 - Fabricação

a) automático

Peças estampadas a torno (redondas) são responsáveis por 90% deste processo, utilizado para produzir pratos, pires, xícaras, tigelas e saladeiras pequenas (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

b) manual

Para as peças de maior dimensão, como saladeiras grandes, prato de arroz e prato de bolo. Outro processo manual, também chamado de colagem, consiste em estampar peças a líquido (ocas, ovais e retangulares). Consiste em encher formas de gesso com a massa líquida. Depois de decorrido o tempo necessário para formação das paredes na espessura desejada (absorção da água pelo gesso), o excesso de massa é despejado. Os cabos e alças passam pelo mesmo processo e são colados manualmente. As peças obtidas por colagem são: bules, leiteiras, cafeteiras, sopeiras, manteigueiras, açucareiros, travessas, etc. Após a secagem, todas as peças são esponjadas para corrigir eventuais imperfeições (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

4 - Queima

A queima provoca a modificação fundamental nas propriedades das massas cerâmicas, dando lugar a um material duro e resistente. É, portanto, a etapa mais importante de todo o processo de fabricação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?])e).

A queima dos materiais cerâmicos não implica simplesmente em elevar a uma determinada temperatura, mas também em ter como grau de importância as velocidades de aquecimento, de resfriamento e o tempo de permanência à temperatura máxima (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?])e).

Depois de secas, as peças sofrem a primeira queima, denominada biscoito, a 900° C, cujo objetivo é dar às peças resistência e porosidade para a perfeita absorção do verniz. Nesta etapa, as peças adquirem um tom rosado. O verniz é composto pelos mesmos materiais da massa, porém em quantidades diferentes (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

Através de um processo manual de imersão, o verniz adere à superfície da peça, formando uma película de cobertura. Após a aplicação do verniz ocorre uma segunda queima, que é realizada a uma temperatura que varia entre 1380° C a 1400° C (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

Nesta fase, a massa torna-se completamente compacta, totalmente sem porosidade, adquirindo cor branca e vitrificada (fusão do verniz sobre a massa). Esta segunda queima dura em média 31 horas, podendo chegar até 89 horas, dependendo da extensão do forno utilizado (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

As peças já prontas são encaminhadas para o setor de classificação, que controla a qualidade do produto, que então é lixado e pronto para ser decorado (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

5 - Decoração

A decoração da porcelana é feita de duas formas: com a aplicação de decalques e a de filetes. Algumas peças recebem os dois processos em uma mesma operação (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

Os decalques são adesivos aplicados nas peças com o máximo de cuidado. Após ser colocado na posição correta, passa-se uma borracha para fixá-lo (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

Os filetes são aplicados com dois tipos de pincéis: a trincha (pincel largo e sem ponta) e o pincel fino (de ponta fina e delicada). As peças são colocadas em um torno para que possam girar livremente, assim a mão do filetador pode ficar apoiada e fixa, evitando falha no filete (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

O processo de aplicação do decalque na porcelana pode ter dois tipos de queima: uma chamada "sobre esmalte", onde a peça é levada ao forno numa temperatura de aproximadamente 800° C. O outro tipo, que é uma tecnologia chamada "fogo forte", ou seja, a peça a uma temperatura de aproximadamente 1200° C, sendo que, com este tipo de queima, o decalque se funde com o esmalte que a porcelana tem na superfície, garantindo que a decoração nunca sofra desgaste (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

Após a decoração, as peças passam pelo controle de qualidade e a seguir sofrem a segunda queima para fixação do decalque e/ou filete. Atualmente, em algumas decorações o filete já está no decalque (adesivo), reduzindo assim o processo em apenas uma queima (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

Após as queimas, a porcelana é lixada para retirar algum resíduo do decalque. Após esta operação a mercadoria já pode ser embalada e comercializada (PORCELANA BRASIL, [201-?]).

4.3 Processo de fabricação de porcelanas e faianças (louças)

O fluxograma a seguir descreve o processo de fabricação da cerâmica em porcelana e faianças (FIG. 2).

As composições dos esmaltes (vidrados) são inúmeras e sua formulação depende das características do corpo cerâmico, das características finais do esmalte e da temperatura de queima (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]e).

4.4.1 Tipos de esmaltes

Os esmaltes (vidrados) podem ser classificados em cru, de fritas ou uma mistura de ambos.

Esmalte cru - constitui-se de uma mistura de matérias-primas numa granulometria bastante fina, que é aplicada, na forma de suspensão, à superfície da peça cerâmica. Na operação de queima, a mistura se funde e adere ao corpo cerâmico, adquirindo o aspecto vítreo durante o resfriamento. Esse tipo de vidrado é aplicado em peças que são queimadas em temperaturas superiores a 1200° C, como sanitários e peças de porcelana (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]e).

Esmalte de fritas - os esmaltes de fritas diferem dos crus por terem em sua constituição o material denominado de frita. Esta pode ser definida como composto vítreo, insolúvel em água, que é obtida por fusão e posterior resfriamento brusco de misturas controladas de matérias-primas. O processo de fritagem é aquele que implica na insolubilização dos componentes solúveis em água após tratamento térmico, em geral, entre 1300° C e 1500° C, quando ocorre a fusão das matérias-primas e a formação de um vidro. Os esmaltes contendo fritas são utilizados em produtos submetidos a temperaturas inferiores a 1200° C (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]e).

4.4.2 Preparação do esmalte (vidrado)

A preparação do esmalte consiste basicamente das seguintes etapas: dosagem das matérias-primas fritadas ou não fritadas ou ambas, moagem e homogeneização a úmido em moinho de bolas, armazenamento em tanques com agitação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]e).

Durante a preparação do esmalte são introduzidos na suspensão um ou mais produtos químicos com a finalidade de proporcionar ou corrigir determinadas características. Entre eles pode-se citar ligantes, plastificantes, defloculantes, fluidificantes, antiespumantes, etc. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]e).

Os esmaltes podem ser aplicados no corpo cerâmico de diferentes maneiras e que dependem da forma, do tamanho, da quantidade e da estrutura das peças, incluindo também os efeitos que se deseja obter na superfície esmaltada. Entre eles pode-se citar: imersão, pulverização, campânula, cortina, disco, gotejamento e aplicação em campo eletrostático. Em muitas indústrias, e dependendo do segmento cerâmico, o setor da esmaltação é totalmente automatizado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]e).

4.4.3 Corantes

Para conferir coloração aos esmaltes são adicionados materiais denominados corantes. A formação da cor nos materiais vítreos pode ocorrer de três maneiras:

- por solução de íons cromóforos, geralmente, metais do grupo de transição (Cr, Cu, Fe, Co, Ni, Mn, U e V);
- por dispersão coloidal de metais ou metalóides ou composto químico (ouro, prata e cobre);
- por dispersão de cristais coloridos (pigmentos cerâmicos) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]e).

O processo de fabricação dos pigmentos cerâmicos compreende as etapas:

- pesagem, mistura e moagem das matérias-primas (óxidos e outros compostos químicos);
- acondicionamento da mistura moída em caixas refratárias;
- calcinação das caixas em fornos intermitentes, túnel ou rotativo em temperaturas que variam de 1200° C a 1300° C;
- lavagem do material calcinado para eliminação de eventuais materiais solúveis;
- moagem;
- ensacamento, armazenamento e distribuição (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]e).

Enquanto que os óxidos corantes são pouco estáveis em temperaturas elevadas e no meio em que se encontram imersos, gerando cores pouco constantes ou reprodutíveis, os pigmentos cerâmicos são estruturas inorgânicas, as quais são capazes de desenvolver a cor e estabilizá-la em altas temperaturas e aos agentes químicos, resistindo aos ataques agressivos causados pelos vidrados devido à ação fundente de seus componentes, em outras palavras são compostos insolúveis ou que sua solubilidade não é significativa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, [201-?]e).

5 EQUIPAMENTOS

5.1 Moinho de bolas

O processo de moagem com moinho de bolas (FIG. 3) é largamente utilizado na indústria cerâmica para redução do tamanho das partículas de um material, modificar a distribuição granulométrica, dispersar aglomerados e agregados e modificar o formato das partículas (PROCESSAMENTO..., 2016).

Esse processo de moagem permite obter uma distribuição granulométrica fina e pode ser realizado a úmido e a seco. O moinho de bolas consiste basicamente em um recipiente cilíndrico em cujo interior alojam-se bolas de material duro de distintos tamanhos (FIG. 4). Dotado de movimento de rotação, as bolas deslocam-se no interior deste, produzindo a moagem por choque e roçamento com o material a moer (PROCESSAMENTO..., 2016).

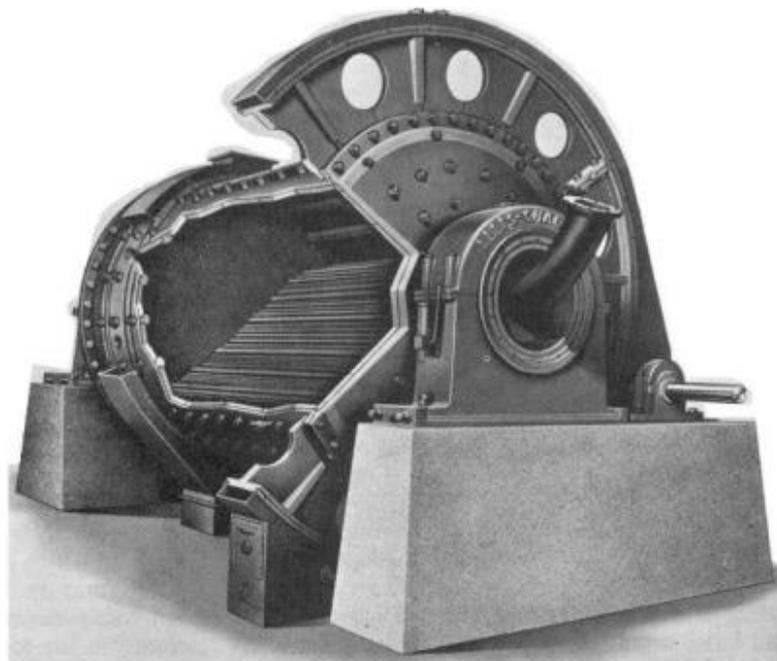


Figura 3 - Moinho de bolas
Fonte: (PROCESSAMENTO..., 2016)

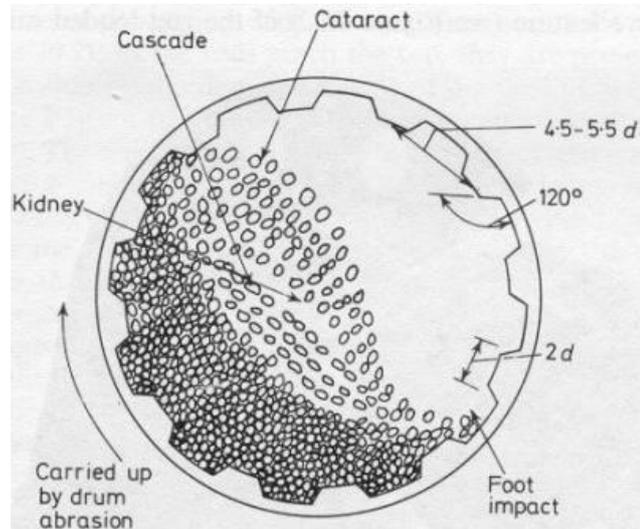


Figura 4 – Funcionalidade moinho de bolas
Fonte: (PROCESSAMENTO..., 2016)

5.2 Agitador

Tem-se como definição de agitação a ação ou efeito de agitar, efeito esse conseguido por meio de agitadores que com motores e redutores ou de um conjunto de polias e correias fazem a movimentação (agitação) de um determinado material (FIG. 5). Na indústria cerâmica, tem-se como exemplo a agitação da massa e do esmalte (EKIINOX, [201-?]).



Figura 5 - Agitador de massa
Fonte: (EKIINOX, [201-?])

5.3 Forno

Em geral, pode-se definir forno como um aparelho no qual, por meio de calor, se produzem transformações físicas e químicas num determinado material. No final destas transformações físicas e químicas, pode-se dizer, que resulta a queima do material que foi colocado no forno (FIG. 6 e 7) (CÉSAR, 2018).

Excluindo-se os fornos elétricos, que o calor é gerado por meio da eletricidade, nos demais fornos o calor necessário para as transformações é fornecido pela reação oxidante do

oxigênio do ar, com o carbono, com o hidrogênio e com a pequena quantidade de enxofre do óleo comestível (CÉSAR, 2018).

Em todos os fornos à combustão, distingue-se 4 (quatro) partes principais:

- aparelho de combustão – conjunto de maçaricos;
- câmara de combustão, que pode se chamar de laboratório, pois é o ambiente onde se processam as reações físicas e químicas;
- aparelhos de expulsão dos produtos de combustão através do canal de triagem – exaustor e chaminés; e
- acessórios para controle do forno, que varia conforme o tipo de material que será queimado (CÉSAR, 2018).

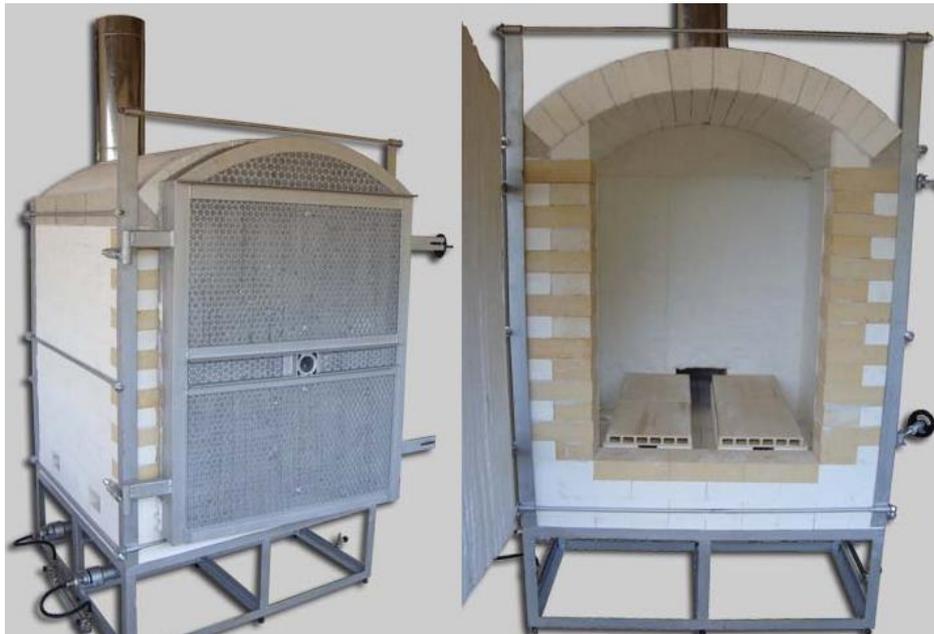


Figura 6 - Forno
Fonte: (JRICARDO, [201-?])



Figura 7 – Fornos para queima de porcelana
Fonte: (FORTELAB, [201-?]).

5.4 Cabine de pintura



Figura 8 - Cabine de pintura
Fonte: (APLITECNO, [201-?])

5.5 Peneiras



Figura 9 – Peneiras (madeira) – tamanhos variados
Fonte: (TEGAPE, [201-?])

5.6 Queimadores



Figura 10 – Queimador (bota quebra-chama)
Fonte: (CPGAS, [201-?])

5.7 Tornos



Figura 11 – Torno para modelagem
Fonte: (ARTCAMARGO, [201-?])



Figura 12 – Torno manual de pedestal
Fonte: (ARTCAMARGO, [201-?])

6 FATORES RELEVANTES À QUALIDADE DO PRODUTO

O controle das matérias-primas é um fator bastante relevante à qualidade do produto final. Tais controles podem ser feitos com maior ou menor antecedência, em várias fases do processamento do material, desde antes da extração até depois de pronto no estoque final, mas vale a pena lembrar que um controle eficiente pressupõe que haverá tempo para substituir o material se for constatada alguma anormalidade (VÁSQUEZ, 2005).

Um dos primeiros controles é uma apreciação visual no lote (inspeção de recebimento), pois anormalidades grosseiras às vezes ficam evidentes nessa simples inspeção. Outros controles são feitos em amostras do lote (VÁSQUEZ, 2005).

A execução do controle exige, antes de tudo, organização. Além de amostras bem rotuladas, deve-se dispor de materiais relativos a:

- normas de amostragem;
- métodos de ensaio;
- registro de controle de lotes anteriores;
- especificações, quando aplicável;
- padrões bem conservados (VÁSQUEZ, 2005).

Os ensaios necessários ao controle de qualidade na matéria-prima e no produto final podem variar dos mais sofisticados aos mais simples, dependendo do produto a ser produzido. Se a fábrica dispuser de um laboratório, tanto melhor, mas mesmo sem laboratório, é possível realizar um controle eficiente no sentido de saber antecipadamente a qualidade dos insumos que serão utilizados e anomalias detectadas durante o processo fabril. Um controle simples e eficiente, muito utilizado pelas pequenas indústrias consiste em prensar corpos de prova de uma amostra do dia, queimá-las no forno, para verificar a qualidade do material. Esse controle pode ser realizado durante todo o processo como mecanismo de verificação, as características do material podem ser registradas de forma a orientar ações durante o processo produtivo (VÁSQUEZ, 2005).

Alguns resultados de ensaios só poderão ser validados em termos comparativos ou por ensaios de comparação, por isso a necessidade de conservar bem os padrões utilizados como referência (VÁSQUEZ, 2005).

Todos estes controles visam promover no processo de fabricação uma maior estabilidade e padronização, evitando variações, ao produto uma maior conformidade e qualidade, e ao consumidor a melhoria da qualidade do trabalho, com a certeza de que o objetivo maior será atingido: a satisfação total dos clientes (VÁSQUEZ, 2005).

7 NORMAS TÉCNICAS

- **NBR 8826:2014**

Titulo: Materiais refratários — Terminologia

Objetivo: esta Norma define os termos técnicos relativos aos minerais, matérias-primas, processos, tratamentos e equipamentos empregados na fabricação de materiais refratários, bem como sua aplicação, suas propriedades, tipos de produtos, elementos construtivos, técnicas e equipamentos para a sua aplicação, visando o estabelecimento de uma linguagem uniforme que propicie a compreensão, inclusive, de outras normas relacionadas a materiais refratários.

- **NBR 10036:2014**

Titulo: Materiais refratários conformados para fornos rotativos - Requisitos gerais

Objetivo: esta Norma especifica os requisitos gerais e padroniza tolerâncias para atributos, formatos e condições de qualidade dos materiais refratários conformados, destinados aos revestimentos de fornos rotativos.

- **NBR 10237:2014**

Titulo: Materiais refratários – Classificação

Objetivo: esta Norma classifica de maneira geral os materiais refratários conformados e não conformados, baseando-se nos principais critérios considerados relevantes sob os pontos de vista de fabricação, identificação, comercialização e aplicação desses materiais.

- **NBR 11338:1989**

Título: Vidraria de laboratório - Vocabulário - Dispositivos para distribuição e fechamento, reservatórios e recipientes – Terminologia

Objetivo: esta Norma define os nomes dos artigos e aparelhos, fabricados em vidro, porcelana e quartzo, utilizados em laboratório.

- **NBR 11619:1990**

Título: Vidraria de laboratório - Vocabulário - Aparelhos para operações básicas – Terminologia

Objetivo: esta Norma define os nomes dos artigos e dos aparelhos, fabricados em vidro e porcelana, utilizados em laboratórios.

- **NBR 12601:2015**

Título: Materiais refratários - Formatos e dimensões

Objetivo: esta Norma padroniza os formatos e dimensões dos materiais refratários.

8 TIPOS DE UTENSÍLIOS PRODUZIDOS



Figura 13 – Utensílios de porcelana
Fonte: (MARTOS, 2015)

Conclusões e recomendações

Tanto de uso comum como artístico, a cerâmica é produzida hoje por toda parte, seja em grandes estabelecimentos, ou por pequenos artesãos. Os sistemas são fundamentalmente os mesmos, em grande parte os antigos métodos artesanais, mas é inegável que a experiência técnica adquiriu tamanha perfeição, permitindo resultados extraordinários e artigos de excelente qualidade.

Nos últimos anos, acompanhando a evolução industrial, a indústria cerâmica adotou a produção em massa, garantida pela indústria de equipamentos e a introdução de técnicas de gestão, incluindo o controle de matérias-primas, dos processos e dos produtos fabricados.

Para um melhor entendimento, recomenda-se que sejam consultadas as fontes de informações fornecidas nas referências.

As normas técnicas citadas são comercializadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Possíveis dúvidas a respeito das normas e a compra podem ser consultadas mediante contato com a instituição:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT

Informações técnicas sobre normas (CIT)

Fone: (11) 3017-3645 / 3017-3646

e-mail: <cit@abnt.org.br>

Pesquisa e compra *on-line*: <<http://www.abntcatalogo.com.br/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

Os fornecedores aqui apresentados servem apenas como referência inicial, tendo sido consultados na *Internet*. O SBRT não tem qualquer responsabilidade pela idoneidade e veracidade das empresas ou instituições e informações por elas fornecidas nem se responsabiliza pelos serviços a serem prestados pelas instituições/profissionais listados. A responsabilidade pela escolha, o contato, uso e a negociação cabem totalmente ao cliente, já que o SBRT apenas efetua indicações de fontes encontradas em provedores públicos de informação.

O Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - SBRT ressalta que já existem, no banco de informação, Respostas Técnicas e Dossiês Técnicos que abordam este assunto e que podem complementar as informações aqui fornecidas.

Para visualizar esses arquivos, acesse o *site* <www.respostatecnica.org.br> com seu *login* e senha e realize a Busca Avançada utilizando palavras-chave como: **argila; cerâmica; faiança; louça; porcelana; utensílio doméstico** para encontrar os arquivos recomendados para leitura.

Referências

ANFACER. **História da cerâmica**. São Paulo, [201-?]a. Disponível em: <<https://www.anfacer.org.br/setor-ceramico/historia-da-ceramica>> Acesso em: 07 jun. 2022.

ANFACER. **Números do Setor Cerâmico**. São Paulo, [201-?]b. Disponível em: <<https://www.anfacer.org.br/setor-ceramico/numeros-do-setor>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

APLITECNO. **Cabine de pintura**. São Paulo, [201-?]. Disponível em: <<https://www.aplitecno.com.br/cabine-de-pintura/cabine-de-pintura-po>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ARTECAMARGO. **Cerâmica e modelagem**. [S.l.], [201-?]. Disponível em: <<https://www.artecamargo.com.br/categoria/hobby/ceramica-e-modelagem/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Definição e classificação.** São Paulo, [201-?]a. Disponível em: <<https://abceram.org.br/definicao-e-classificacao/#:~:text=Cer%C3%A2mica%20compreende%20todos%20os%20materiais,tratamento%20t%C3%A9mico%20em%20temperaturas%20elevadas.&text=O%20setor%20cer%C3%A2mico%20%C3%A9%20amplo,propriedades%20e%20%C3%A1reas%20de%20utiliza%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Fluxogramas.** São Paulo, [201-?]b. Disponível em: <<https://abceram.org.br/fluxograma/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Matérias primas naturais.** São Paulo, [201-?]c. Disponível em: <<https://abceram.org.br/materias-primas-naturais/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Matérias primas sintéticas.** São Paulo, [201-?]d. Disponível em: <<https://abceram.org.br/materias-primas-sinteticas/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Processos de fabricação.** São Paulo, [201-?]e. Disponível em: <<https://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

BENTO, Jorge Luis. **Automação na indústria de cerâmica vermelha.** Blumenau, 2011. Disponível em: <https://www.novus.com.br/site/default.asp?Idioma=55&TroncoID=053663&SecaoID=180807&SubsecaoID=0&Template=../artigosnoticias/user_exibir.asp&ID=706053>. Acesso em: 07 jun. 2022.

CARVALHO, Fabio. **Padronização de nomenclatura de peças de louça.** [S.l.], 2006. Disponível em: <<https://www.porcelanabrasil.com.br/p-16.htm>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

CÉSAR, Paulo. **Utilização de fornos na NR 14.** Aparecida de Goiânia, 2018. Disponível em: <<https://alusolda.com.br/entenda-quais-providencias-devem-ser-tornadas-na-utilizacao-de-fornos-segundo-a-nr14/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

CPGAS. **Queimadores industriais.** São Paulo, [201-?]. Disponível em: <https://cpgas.com.br/queimadores-industriais-para-termo-processos/?qclid=Cj0KCQjw5ZSWBhCVARIsALERCvxuCBL1O9TP6dTWZuX_NYNJNKWX1PsnyzJMQ_yyEshOskKyNXb5ecYaAuauEALw_wcB>. Acesso em: 07 jun. 2022.

EKIINOX. **Misturador de massa industrial.** Vargem Grande Paulista, [201-?]. Disponível em: <<https://www.ekiinox.com.br/misturador-massa-industrial>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

FORTELAB. **Forno mufla para cerâmica:** modelo mc 1200/450. São Carlos, [201-?]. Disponível em: <<https://www.fortelab.com.br/index.php/produtos/fornos-de-pesquisa-e-desenvolvimento-para-laboratorio/fornos-mufla-para-ceramica/forno-mc-1200-450>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

JRICARDO. **Forno A 900.** São Paulo. [201-?]. Disponível em: <<http://www.jricardo.com.br/p-fora900.html>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

MARTOS, Giselle. **Ponto da Porcelana.** Campo Largo, 2015. Disponível em: <<http://www.lardocecasa.com.br/2015/05/ponto-da-porcelana.html?m=1>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

MOTTA, Jéssica *et al.* Comparativo das vantagens competitivas dos clusters de revestimento cerâmico de Criciúma com o de Foshan na China. **Braz. Ap. Sci. Rev.**, Curitiba, v. 2, n. 1, 2018. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BASR/article/viewFile/388/332>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

MOTTA, José Francisco Marciano; ZANARDO, Antenor; CABRAL JUNIOR, Marsis. As matérias primas cerâmicas. **Revista Cerâmica Industrial**, [S.I.], v. 6, n. 2, 2001. Disponível em: <<https://www.porcelanabrasil.com.br/p-07.htm>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

PORCELANA BRASIL. **Características e produção de porcelana**. [S.I.], [201-?]. Disponível em: <<https://www.porcelanabrasil.com.br/p-00.htm>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

PROCESSAMENTO de materiais cerâmicos. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1642021/mod_resource/content/1/Aula%205%20Beneficiamento%20de%20Mat%C3%A9rias-primas.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2022.

TCHÊ QUÍMICA. **Materiais cerâmicos**. Porto Alegre, [201-?]. Disponível em: <<http://www.deboni.he.com.br/ceramicos.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

TEGAPE. **Peneira de areia**. Curitiba, [201-?]. Disponível em: <<https://www.tegape.com.br/produto/peneira-de-areia/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

VÁSQUEZ, Gilberto Antonio Gorrichátegui. **Avaliação da conformidade dos blocos cerâmicos produzidos em algumas cerâmicas no Rio Grande do Norte**. 2005. 92 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19830/1/GilbertoAntonioGorrichateguiVasquez_DISSERT.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2022.

Anexos

Anexo 1 - Padronização de nomenclatura de peças de louça

O quadro a seguir é uma sugestão de padronização da nomenclatura usada para as peças de louça, de forma a se tentar diminuir a confusão que há neste campo. Por exemplo, há muita divergência sobre as sopeiras, se estas peças obrigatoriamente precisam apresentar abertura para a concha na tampa ou não, se o volume da peça conta, entre outros aspectos (CARVALHO, 2006).

Há também quem chame os vasos com duas alças laterais de "ânfora", que na verdade possui apenas uma alça e tem como características principais à base e o gargalo bem mais estreitos do que o meio do corpo. A nomenclatura apresentada abaixo é o resultado de uma pesquisa nos catálogos de fabricantes de louça e também da observação dos termos mais largamente usados (CARVALHO, 2006).

<p>Ânfora - apenas 1 alça, corpo largo, base e gargalo estreitos.</p>	
---	---

<p>Azeiteiro/vinagreiro - apenas o recipiente, sem base.</p>	
<p>Biscoiteiro - pote onde se guardam biscoitos.</p>	
<p>Bomboniere - caixa pequena redonda ou quadrada com tampa.</p>	
<p>Caixa de toalete</p>	
<p>Centro (de mesa)</p>	

<p>Cesta - uma alça de um lado ao outro, ou com alças laterais, mas com corpo alto e largo.</p>	
<p>Compoteira - recipiente, geralmente com tampa, para compota ou outros doces em calda ou em pasta.</p>	
<p>Conjunto de sobremesa ou salada de frutas - tigela grande e tigelas pequenas.</p>	
<p>Conserveira/covilhete</p>	
<p>Descanso de mesa</p>	
<p>Espinheira - para serviços de peixe.</p>	

<p>Fruteira - com ou sem pé alto, muito comum ser vazada.</p>	
<p>Galheteiro (azeiteiro e vinagreiro com base).</p>	
<p>Garrafa e garrafão</p>	
<p>Gomeira, gomil ou fonte - jarra grande, de toalete, com bacia.</p>	
<p>Jarra</p>	
<p>Legumeira – com tampa sem abertura para concha, corpo baixo, asa menor, menos afastada do corpo, sem pé alto.</p>	

Manteigueira	
Medidor	
Molheira	
Moringa	
Palmatório - castiçal com base larga e alça.	
Peixeira - travessa longa para peixe.	

<p>Urinol</p>	
<p>Petisqueira</p>	
<p>Porta-copos</p>	
<p>Porta-guardanapo</p>	
<p>Porta-joias (caixa).</p>	
<p>Porta-torradas</p>	

Pote	
Pote de mantimentos	
Rocamboleira	
Sopeira – com tampa com ou sem abertura para concha, geralmente corpo alto, pé para afastar o calor da mesa e asas largas e afastadas do corpo, para afastar o calor das mãos.	
Talha	

Talha de filtro	
Terrina - menores que as sopeiras e legumeiras.	
Travessa	
Travessa ou bandeja para bolo inglês (retangular).	

Quadro 1 - Padronização de nomenclatura de peças de louça
Fonte: (CARVALHO, 2006)

Anexo 2 – Associações de cerâmica

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CERÂMICA – ABC

Avenida Prof. Almeida Prado, 532 - IPT - Prédio 36 - 2º Andar - Sala 03 - Cidade Universitária

CEP: 05508-901 - São Paulo – SP

Fone: (11) 3768-7101 / (11) 3768-4284

Site: <<https://abceram.org.br/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA – ANICER

Rua Santa Luzia, 651 - 12º Andar - Centro

CEP: 20030-070 - Rio de Janeiro - RJ

Fone: (21) 2524-0128

Site: <www.anicer.com.br>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO - ANFACER

Alameda Santos, 2300

CEP: 01418-200 - São Paulo - SP

Fone: (11) 3192-0600

Site: <www.anfacer.org.br>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DAS CERÂMICAS DE REVESTIMENTO – ASPACER

Rua 4, 470 Centro

CEP: 13510-000 - Santa Gertrudes - SP

Fone: (19) 3545-9600

Site:<<https://www.aspacer.com.br/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CERÂMICA DE LOUÇA DE PÓ DE PEDRA, DA PORCELANA E DA LOUÇA DE BARRO NO ESTADO DE SÃO PAULO – SINDILOUÇA

Avenida Liberdade, 834, 6º andar, cj. 63

CEP: 01502-001 - São Paulo - SP

e-mail: sindilouca@terra.com.br

Site: <<http://www.sindiloucasp.org.br/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS DE CRICIÚMA E REGIAO SUL – SINDICERAM

Rua Ernesto Bianchini Góes s/n - Sala 210 - Bairro Próspera

CEP: 88815-030 - Criciúma – SC

Fone: (48) 3437-7166

Site: <www.sindiceram.com.br>. Acesso em: 07 jun. 2022.

Anexo 3 - Fornecedores de matéria-prima

ALCOA

Enseada do Lago Grande - Juruti - Rodovia PA 257, km 0,5. S/N.

CEP: 68170-000 - Juruti – PA

Fone: (93) 98116-3124

Site: <<https://www.alcoa.com/brasil/pt>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ARMIL MINERAÇÃO DO NORDESTE

Rodovia RN 086

CEP: 59360-000 - Parelhas – RN

Fone: (84) 3471-3021

Site: <www.armil.com.br>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ELFUSA GERAL DE ELETROFUSÃO LTDA.

Rua Júlio Michelazzo, 501 Vila Nossa Senhora de Fátima

CEP: 13872-900 - São João da Boa Vista - SP

Fone: (19) 3634 2300

Site: <www.elfusa.com.br>. Acesso em: 07 jun. 2022.

MINERAÇÃO CURIMBABA LTDA.

Avenida João Pinheiro, 3665 - Caixa Postal 902

CEP: 37704-746 - Poços de Caldas - MG

Fone: (35) 3729-7600

Site: <www.curimbaba.com.br>. Acesso em: 07 jun. 2022.

MINERAÇÃO JUNDU S.A.

Rodovia SP 215 - KM 116 – Caixa Postal 19

CEP: 13690-000 - Descalvado – SP

Fone: (19) 3583.9215

Site: <www.mjundu.com.br>. Acesso em: 07 jun. 2022.

O SBRT não se responsabiliza pelos serviços a serem prestados pelas entidades/empresas indicadas. A responsabilidade pela escolha, o contato e a negociação caberão totalmente ao cliente, já que o SBRT apenas efetua indicações de fontes encontradas em provedores públicos de informação.





Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas

www.respostatecnica.org.br