

ESTUDO E IMPORTÂNCIA DOS MINERAIS INDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Heloisa de Costa Martinello¹

Márcio Luiz Geremias²

Resumo: O presente trabalho visa destacar a importância dos minerais industriais na produção de revestimentos cerâmicos, bem como, apresentar os minerais utilizados na produção de massas cerâmicas, engobes e esmaltes na cerâmica tradicional e porcelanato sua origem e processos de beneficiamento. Faz parte do estudo analisar a qualidade, o tratamento necessário e especificações das matérias-primas de acordo com as exigências em cada processo de fabricação. Também, está aqui apresentado os processos de fabricação de revestimentos cerâmicos e a produção de fritas e engobes em colorífico. Para buscar informações técnicas em relação as matérias-primas utilizadas na indústria de revestimentos e em colorífico (engobes e fritas) foram feitas visitas a Angelgres Revestimentos Cerâmicos Ltda. produtora de piso tradicional por via seca, a uma empresa da cidade de Criciúma produtora de grés porcelanato por via úmida e o colorífico Smalticeram Unicer do Brasil Ltda. produtora de engobe e fritas, utilizadas na produção de esmaltes.

Palavras-Chave: Minerais industriais. Engobe. Esmalte. Colorífico. Revestimento.

1 INTRODUÇÃO

Os minerais industriais são inseridos na indústria cerâmica de revestimentos através de insumos para fabricação de seus produtos. A produção de revestimentos cerâmicos demanda um grande volume de matérias-primas minerais tanto para o corpo cerâmico, como para o engobe e o esmalte. Faz parte do revestimento cerâmico três elementos: o corpo cerâmico, o engobe e o esmalte; o engobe é a interface entre o corpo cerâmico e o esmalte.

O Brasil é considerado um dos maiores produtores de revestimentos cerâmicos do mundo, ficando atrás apenas da China e Índia (ANFACER, 2018). Pela expressiva disponibilidade de recursos minerais para a fabricação de revestimentos

¹ Graduanda em Engenharia de Minas. Ano 2021-2. E-mail: heloisa.martinello@hotmail.com

² Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: geremias@terra.com.br

cerâmicos, o Brasil tanto produz através das mineradoras quanto consome em grande escala pelas indústrias cerâmicas.

O corpo cerâmico é composto por argilominerais, quartzo e feldspato, sendo divididos em plásticos e não plásticos, fundentes ou refratários, e empregues de forma natural ou com algum tipo de beneficiamento (ABCERAM, 2016).

A constante evolução do setor mineral para a aplicação de seus produtos em revestimentos cerâmicos tem garantido qualidade e viabilidade nos processos de beneficiamento e custo, atendendo as exigências para fabricação de peças cerâmicas (OLIVEIRA et al, 2015).

Pelo grau de relevância do tema, o intuito da pesquisa é destacar a importância das matérias-primas provenientes da mineração para revestimentos cerâmicos, com foco na cerâmica tradicional e porcelanato, desde processos de beneficiamento, produção e custo dos mesmos.

A cerâmica tradicional pode ser considerada como piso e azulejo e o porcelanato dividido em técnico ou esmaltado, podendo ainda ser rústico ou polido. A fabricação dos mesmos depende de minerais e argilominerais adequados e que vão desenvolver as características tecnológicas de cada produto, ou seja, cor de queima, resistência mecânica e absorção de água, além da tecnologia utilizada na fabricação.

A justificativa para desenvolvimento deste artigo é mostrar a importância das matérias-primas minerais na definição das características tecnológicas de produtos cerâmicos, em consideração aos três elementos: corpo cerâmico, engobe e esmalte, como também explicar os minerais industriais e processos de fabricação do colorífico Smalticeram Unicer do Brasil Ltda., da empresa AngelGres Revestimentos Cerâmicos Ltda. e uma empresa da cidade de Criciúma

Portanto, como objetivo, o presente trabalho visa destacar a importância dos minerais industriais na produção de revestimentos cerâmicos, sua origem e beneficiamento, como também apresentar os minerais utilizados na produção de massas cerâmicas, engobes e esmaltes na cerâmica tradicional e porcelanato. Enfim, analisar a qualidade, o tratamento necessário e especificações do revestimento cerâmico que se deseja fabricar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentadas pesquisas bibliográficas abordando os minerais industriais utilizados na produção de revestimentos cerâmicos e sua importância, como também, classificar a cerâmica tradicional e o porcelanato.

2.1 MINERAIS INDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS

Por sua constante evolução e aplicabilidade, é crescente o uso dos minerais industriais cerâmicos, que por sua vez como citados anteriormente, são aplicados em corpo cerâmico, engobe e esmalte.

O corpo cerâmico pode ser definido como suporte, ou seja, é a parte inferior da peça cerâmica. ABCERAM (2016) destaca que o corpo cerâmico é formado de argilas e outros minerais como feldspato, filito, talco, calcário como forma de obter resistência térmica e mecânica.

O engobe é caracterizado pela cobertura aplicada no corpo cerâmico e é fabricado de argilas, caulins e materiais não plásticos. Refere-se a interface entre a base e o esmalte. É utilizado para reduzir os defeitos do corpo cerâmico e também manter o isolamento da camada de esmalte (PRACIDELLI, 2008).

O esmalte ou vidrado (esmalte depois da queima) é a camada superior, ou seja, é a cobertura final da peça, tendo como finalidade a impermeabilização da mesma e seu visual vítreo final. O feldspato é o fundente mais utilizado para produção de esmaltes cerâmicos. A diferença entre o engobe e o esmalte é que o engobe assegura a qualidade da cor final do produto e a qualidade do corpo cerâmico, já o esmalte dita a estética final da peça (PRACIDELLI, 2008).

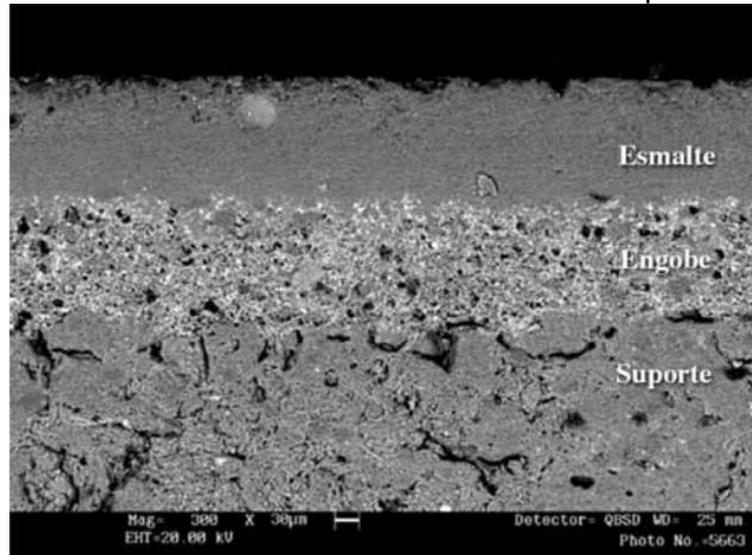
Segundo Pracidelli (2008, p. 3),

Acima da temperatura de amolecimento do esmalte não se desenvolvem tensões, pois o esmalte acompanha os movimentos do corpo cerâmico. No resfriamento podem desenvolver uma série de tensões de tração e compressão, causadas por diferentes coeficientes de dilatação, quando o esmalte passa de um amolecimento para um vidro rígido.

Em razão dessas situações, vale ressaltar que os esmaltes cerâmicos ditam o produto final com o processo de fabricação desejado, ou seja, diversas

propriedades são verificadas na etapa de esmaltação cerâmica como: impermeabilidade, resistência a manchas e produtos químicos, viscosidade do material fundido, transparência e textura da peça, homogeneidade na camada superficial, entre outros (PRACIDELLI, 2008).

Figura 1: Revestimento cerâmico com as camadas que o compõem.



Fonte: Dal Bo et al. (2012)

Dentre as matérias primas mais importantes para produção do revestimento cerâmico temos as argilas, quartzo, feldspato, caulim, talco, filito, fonolito, anortosito e calcário.

2.1.1 Argilas

De acordo com ABCERAM (2016), argila pode ser caracterizada como um material natural, de granulação fina, constituída basicamente de argilominerais. Quando misturadas com água desenvolvem características específicas como plasticidade, compactação, viscosidade e após a secagem se tornam muito resistentes. A argila é constituída de sílica e alumina e as que possuem impurezas serão encaminhadas para o beneficiamento para a eliminação dos minerais indesejáveis.

Gomes (1988) avalia a argila como um agregado de partículas minerais muito finas com diâmetro esférico menor que $2\mu\text{m}$, sendo constituídas de argilominerais, minerais não argilosos e a matéria orgânica.

O processo de queima desse material tem o início lento com temperaturas amenas e atinge gradativamente uma temperatura superior a 1000°C ao final do processo. Isso se dá para que a argila adquira uma grande dureza e não sofra fissuras no procedimento (GOMES, 1988).

As argilas são formadas pela decomposição de rochas pré-existentes por ação do intemperismo (GOMES, 1988). Para uso cerâmico são utilizadas posteriormente seu processo de secagem/queima e cada material precisa de uma análise particular juntamente com a cor (cerâmica vermelha e branca) desse processo, por exemplo, as argilas cauliniticas são as mais utilizadas para indústrias cerâmicas devido a cor de queima ser branca e fornecer uma peça muito refratária. (ABCERAM, 2016).

Os argilominerais mais comuns no Brasil são: a illita, a caulinita e a montmorilonita nesta ordem de volume de ocorrência (GEREMIAS, 2003).

2.1.2 Caulim

De acordo com CETEM (2008), o caulim é uma rocha composta de silicatos hidratados de alumínio tendo como principal constituinte a caulinita. O mineral caulim é muito utilizado em indústrias papelarias e indústrias cerâmicas pela sua cor branca ou quase branca, por sua alta refratariedade e também pela sua capacidade de cobertura na parte de pigmentação das peças.

O caulim é utilizado tanto na massa cerâmica como na parte de vitrificação da peça, ou seja, no processo de queima a temperaturas elevadas o caulim forma uma camada vítrea e eleva a resistência mecânica do produto. O mineral descrito possui pouca plasticidade, por isso, quando necessita-se de uma peça com determinada plasticidade o caulim é misturado com argilas plásticas em sua produção (CETEM, 2008).

Devido as suas propriedades, o caulim é muito utilizado no corpo cerâmico, engobes e esmaltes a partir de fritas (mistura de minerais). Na parte de esmaltação,

o caulim é utilizado para garantir a estabilidade da suspensão aquosa das fritas (CETEM, 2008 apud. BELDA et al., 1998).

2.1.3 Quartzo

Segundo ABCERAM (2016), o quartzo é rico em sílica e muito utilizado na produção de revestimentos cerâmicos por ser altamente refratário e com dureza elevada, além de favorecer o processo de secagem e liberação na queima.

Além de manter o controle da dilatação e ajuste de viscosidade, o mineral quartzo contribui reduzindo a plasticidade das peças e é encontrado facilmente na crosta terrestre em arenitos e quartzitos (DANA, 1976 apud. CETEF, 2018).

Geralmente o quartzo é introduzido na massa cerâmica através de argilas quartzosas devido ao tamanho de partícula ser extremamente fina. Além da dilatação térmica, o quartzo contribui para a estabilidade dimensional do corpo cerâmico (DANA, 1976 apud. CETEF, 2018).

2.1.4 Feldspato

Feldspato é a classificação de um grupo de minerais formados de aluminossilicatos com potássio, sódio, cálcio e lítio. Nas indústrias cerâmicas é utilizado principalmente nos corpos cerâmicos e nos esmaltes como fundente, pela temperatura de fusão ser baixa. Para revestimento cerâmico são utilizados feldspatos potássicos e sódicos (ABCERAM, 2016).

Os feldspatos mais utilizados na indústria cerâmica são os potássicos ortoclásio e microclínio e o sódico albita. Feldspatos sódicos possuem baixo ponto de fusão e a massa cerâmica fundida com viscosidade mais baixa, já os feldspatos potássicos possuem alto ponto de fusão e a massa fundida com maior viscosidade (CETEM, 2008).

Os feldspatos são utilizados na produção de grés porcelanato, cerâmica de mesa e sanitária, devido a quantidade de elementos alcalinos e alcalino terrosos presentes que são responsáveis pela sinterização do corpo cerâmico (ABCERAM, 2016).

Para aplicação na indústria cerâmica, os feldspatos passam por processo de beneficiamento como britagem, moagem e retirada de minerais deletérios, principalmente o ferro (ABCERAM, 2016).

2.1.5 Filito

O mineral filito apresenta um baixo valor agregado e é encontrado facilmente na crosta terrestre, por isso, é muito utilizado nas indústrias cerâmicas com objetivo de diminuir os custos no processo de fabricação e também utilizado como substituto limitado do caulim e de argilas brancas. Por ser uma rocha de fácil pulverização, o mineral filito fornece um pó muito fino para a produção de peças cerâmicas (MELO, 2012 apud. SANTOS, 1992; MOTTA et.al. 1998; MORETO, 2006; GARZÓN et.al., 2010).

Filitos possuem boa resistência mecânica e principalmente apresentam uma cor clara após a queima. Agem como fundente na fusão da massa da cerâmica durante a queima devido ao percentual de K_2O presente, na casa de 5% (MELO, 2012 apud. MORETO, 2006).

2.1.6 Fonolito

Fonolito é uma rocha vulcânica alcalina tendo como principais constituintes feldspato alcalino (sódio e potássio), felspatóides e minerais máficos (CETEM, 2008).

Segundo CETEM (2008), os fonolitos são muito utilizados principalmente como fundentes na massa cerâmica diminuindo o ponto de fusão da mesma e o tempo de queima. A resistência mecânica de certa massa cerâmica formulada com fonolito é maior que outros minerais, como exemplo o feldspato.

2.1.7 Anortosito

Anortosito é rocha ígnea intrusiva, formada basicamente de plagioclásio cálcico. Atualmente, o que se utiliza na indústria cerâmica são os produtos de alteração do anortosito, ou seja, o caulim e a areia anortosítica; esses produtos de

alteração mantêm nas suas estruturas um percentual considerável de CaO (óxido de cálcio). A quantidade de CaO está relacionado ao grau de alteração destes materiais.

Por seu diferente contexto geológico e por suas propriedades cerâmicas, o anortosito possui boa alvura pós a queima e plasticidade baixa decorrente da granulometria. Esses materiais derivados do anortosito tem tido um aumento crescente da sua aplicação na cerâmica branca (CETEM, 2008).

2.1.8 Talco

Por suas características tecnológicas, o talco é muito utilizado em produtos cerâmicos, inclusive em revestimentos. A aplicação do talco na indústria cerâmica tem relação com o seu elevado percentual de MgO (óxido de magnésio), que proporciona ao produto além da fundência o aumento de dilatação térmica que inibe o processo de gretamento e resistência ao choque térmico (CETEM, 2008).

A presença de magnésio em seus constituintes é essencial durante o processo de fabricação, pois aumenta a resistência do talco no processo, como também evita a trinca do mesmo no produto final (CETEM, 2008).

2.1.9 Calcário

Os calcários mais utilizados são os calcíticos (carbonato simples de cálcio) e os dolomíticos (carbonato duplo, cálcio e magnésio). Os calcários são utilizados em azulejos (monoporosa); o calcário mais utilizado em monoporosa é o calcítico por apresentar somente um ponto de liberação de CO₂ a uma temperatura em torno de 1.000 °C. Como se trata de uma rocha calcária, existe a necessidade de submetê-la a um processo de beneficiamento (cominuição), britagem e moagem para a utilização na indústria cerâmica (CETEM, 2008).

2.2 CERÂMICA TRADICIONAL VERSUS PORCELANATO

Os revestimentos cerâmicos são classificados de acordo com a tecnologia aplicada em cada processo de fabricação. Encontra-se no mercado vários tipos de

revestimentos cerâmicos: pisos e azulejos (monoporosa) produzidos por via seca e via úmida, o porcelanato técnico e o esmaltado produzidos por via úmida.

De acordo com ABCERAM (2016), o piso produzido por via seca envolve processos mais simples, o qual utiliza apenas uma ou duas argilas com propriedades distintas, além de aditivos e da água, não exigindo processos complexos de beneficiamento. Na monoporosa (azulejo) fabricados pela via úmida são utilizadas composições que envolvem, além das argilas, outros minerais como o filito, o caulim, o calcário, talco, dentre outros (GEREMIAS, 2003).

Via de regra, as matérias-primas utilizadas na fabricação de cerâmicas tradicionais são menos nobres e não envolvem processos de beneficiamento sofisticados.

Com o surgimento da tecnologia de produção da monoporosa (azulejo de queima única) se fez necessário a busca de matérias-primas mais nobres, principalmente em termos de cor de queima. O Brasil tem tradição da produção de azulejo com base clara, tendendo ao branco.

Com o advento do porcelanato técnico, o grau de exigência em termos de matéria-prima e processo de beneficiamento se tornou muito mais evidente, principalmente por se tratar de um produto com absorção de água praticamente zero e que não recebia esmalte na sua superfície para a impermeabilização.

Como a base do porcelanato técnico é de cor branca e a absorção ser quase zero, o uso de matérias-primas fundentes como os feldspatos e argilas brancas caulínicas se fez necessário; esta necessidade fez com as indústrias tivessem que buscar muitas matérias-primas em outros estados da União, principalmente do nordeste brasileiro.

Como o grés porcelanato utiliza em torno de 50% de matérias-primas não plásticas, como os feldspatos por exemplo, existe a necessidade da utilização de processos de beneficiamento mais sofisticado, principalmente a cominuição.

Com a criação do porcelanato esmaltado, o grau de exigência em termos de qualidade, principalmente em relação a cor, diminui muito em relação ao porcelanato técnico.

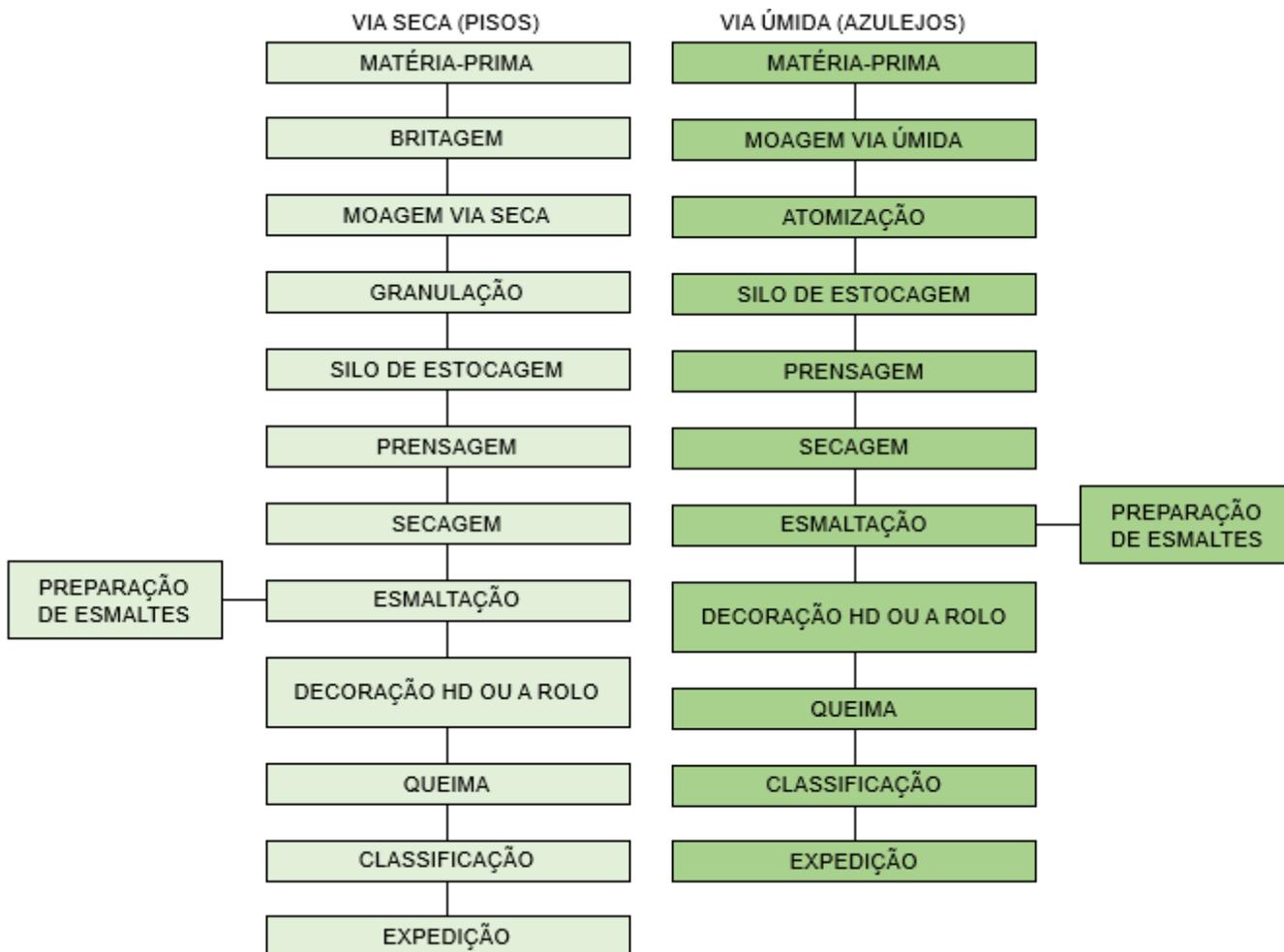
A combinação de pisos, azulejos e porcelanatos no cotidiano é muito notório, pois todas as residências, comércio e afins buscam pelo uso desses materiais isolantes. Além de garantir um ambiente aconchegante e limpo, os

revestimentos cerâmicos decoram os ambientes esteticamente devido a vasta disponibilidade de cores no processo de esmaltação.

Outro fator importante é a diferença de custo entre os dois produtos, como citados anteriormente, pois relativamente quanto mais complexo o processo de beneficiamento maior o custo de operação e maior custo do produto final, por isso, é importante conhecer as matérias-primas minerais disponíveis, o processo de fabricação e o tratamento térmico a ser utilizado.

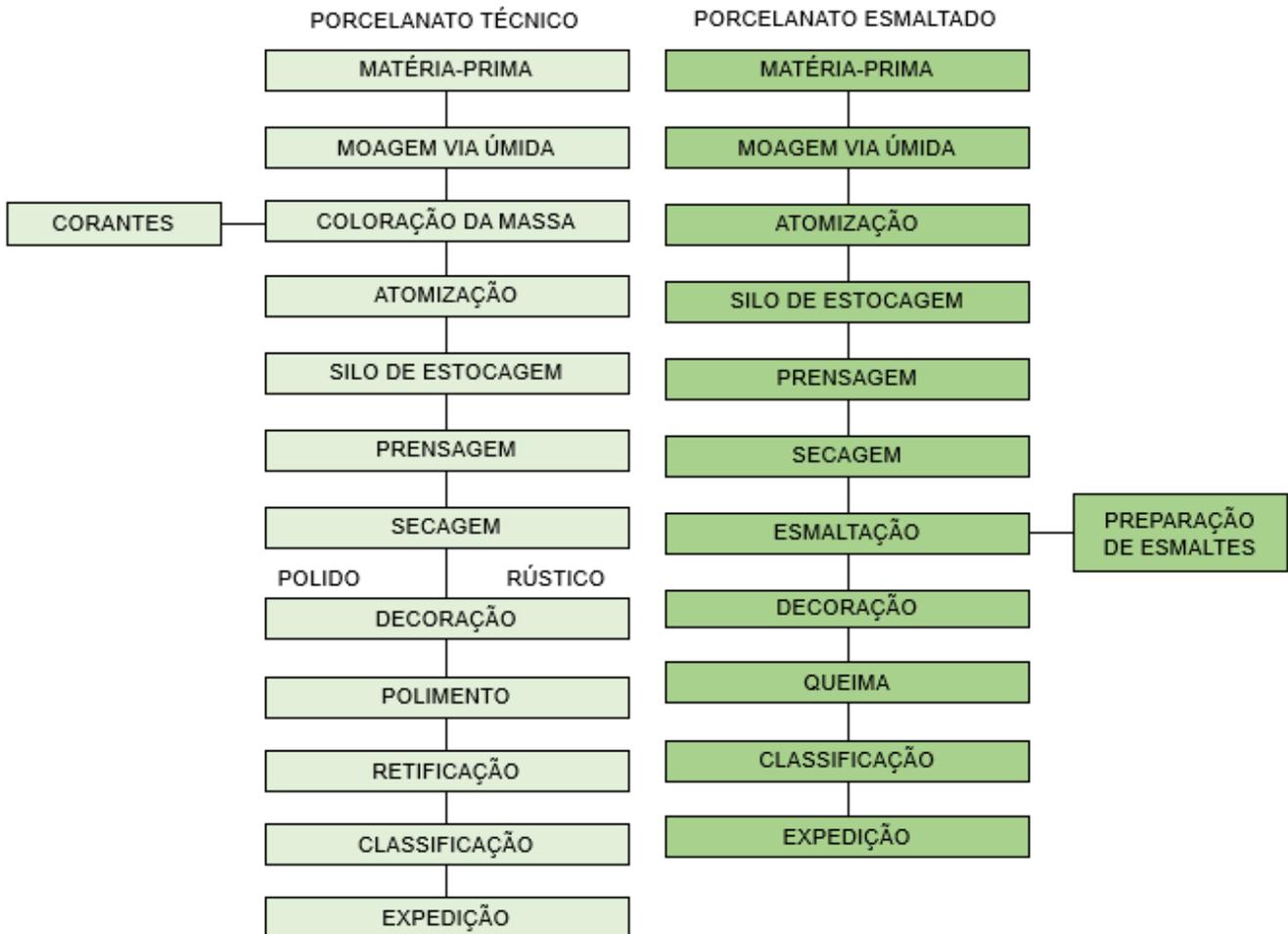
Basicamente, as etapas para produção de pisos e azulejos, como também porcelanato técnico e esmaltado estão descritos na fig. 4 e fig. 5 abaixo.

Figura 4: Fluxograma global das etapas de produção de pisos e azulejos.



Fonte: do autor (2021).

Figura 5: Fluxograma global das etapas de produção de porcelanato técnico e esmaltado.



Fonte: do autor (2021).

3.1 PISOS E AZULEJOS

Para a fabricação de pisos e azulejos, as matérias-primas podem ser utilizadas na forma natural ou beneficiadas (ABCERAM, 2016). Toda matéria-prima se faz necessário o controle de qualidade, sendo através de análise química, ensaios físicos, granulometria, entre outros; para posterior liberação e transporte até as indústrias cerâmicas.

Para uma maior redução da granulometria das matérias-primas, é necessário a utilização da moagem, sendo por via seca ou via úmida (adição de água).

Pós a moagem para a cominuição e granulação da massa cerâmica, são encaminhadas para os silos de estocagem isolados, onde são estocadas em determinado tempo para homogeneização da umidade.

Segundo a CETESB (2006), a prensagem ocorre através de massas granuladas com baixo teor de umidade por meio de uma prensa para gerar a formação da peça, geralmente em indústrias cerâmicas se utiliza da prensagem isostática, onde a prensa é revestida de uma membrana polimérica distribuindo a pressão uniforme do composto.

Depois de instituir a formação da peça, é necessário a secagem da mesma, onde é necessário retirar o restante de água do corpo cerâmico de forma lenta e gradual com 0,8% a 1,5% de umidade residual para receber a camada de esmalte, camada esta que depende das características desejadas do produto assim como a decoração, a qual pode ser feita por impressão HD ou a rolo (CETESB, 2006).

Para a fabricação de pisos e azulejos o processo mais utilizado é a monoqueima, ou seja, o corpo cerâmico é submetido a uma única queima. É nesta etapa que o produto adquire um tratamento térmico com temperatura de queima entre 1100 °C e 1200 °C, alcançando suas propriedades finais, esmaltes com aspecto vítreo e a definição das cores da decoração. O tempo que envolve a secagem e a queima simultânea dificilmente ultrapassa a 90 minutos (ABCERAM, 2016).

Feito isso, os produtos são submetidos a classificação em lotes distintos por características únicas para serem expedidos.

3.2 PORCELANATO TÉCNICO E ESMALTADO

Os processos de fabricação do porcelanato técnico e esmaltado são relativamente iguais ao do azulejo, porém o porcelanato polido recebe dois tratamentos a mais: o polimento e a retificação da peça.

Outra diferença entre ambos processos é que o grés porcelanato para sua fabricação se utilizam matérias-primas mais nobres e o processo de fabricação é mais complexo e com tempo maior.

O porcelanato esmaltado possui aplicação de esmalte sobre o corpo cerâmico no processo de fabricação, ou seja, são mais resistentes a manchas. O porcelanato técnico sofre um processo de polimento e o porcelanato rústico não,

apresentando uma textura áspera. A resistência mecânica das peças tem relação direta com a composição da massa cerâmica e o processo de fabricação, principalmente a temperatura de queima (NBR 13818, 1997).

Segundo a NBR 13818, o porcelanato técnico apresenta uma absorção de água $Abs \leq 0,5\%$ e a cerâmica tradicional entre 3,0 e 20%.

No processo via úmida, na fabricação de porcelanato, é imprescindível o uso de atomizadores (spray drier) para a granulação das matérias-primas utilizadas.

Por fim, vale ressaltar que para produção de porcelanatos precisa-se de matérias-primas mais nobres e muito mais tecnologia, por exemplo os atomizadores citados, que geram grãos de matéria-prima perfeito, apropriado para qualidade do produto final. Também no processo via úmida a granulometria das matérias-primas é mais fina e com grãos semelhantes para uma maior reatividade na sinterização.

3 METODOLOGIA

Para a obtenção das informações que enriquecem este trabalho fez-se necessário a realização de visitas técnicas a indústrias de revestimentos cerâmicos e colorifício. Nesse contexto, foram visitadas duas empresas produtoras de revestimentos cerâmicos e um colorifício para avaliar criticamente seus processos de fabricação e sintetizar os resultados obtidos.

Foram utilizadas nas visitas realizadas a aplicação de um questionário padrão como forma de conhecer as matérias-primas utilizadas em cada processo de fabricação, a origem das mesmas, o tipo de beneficiamento necessário para a adequação às indústrias, a qualidade aproveitável e os custos de seus produtos para posteriores análises comparativas dos resultados adquiridos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como comentado anteriormente, para o desenvolvimento deste estudo foram realizadas três visitas técnicas e analisado o questionário a partir das seguintes empresas para resultados:

- Angelgres Revestimentos Cerâmicas Ltda., produtora de pisos cerâmicos por via seca;

- Empresa produtora de grés porcelanato técnico por via úmida localizada na cidade de Criciúma/SC;
- Colorifício Smalticeram Unicer do Brasil Ltda., produtor de materiais para aplicações cerâmicas por via úmida.

4.1 COLORIFÍCIO SMALTICERAM UNICER DO BRASIL LTDA.

Na visita ao colorifício foi conhecido as matérias-primas utilizadas na fabricação de fritas cerâmicas, em engobes e esmaltes, com ênfase a composição química e granulométrica.

O colorifício Smalticeram fica localizado no município de Içara, empresa líder na produção de materiais para aplicações cerâmicas, com mais de 40 anos no mercado.

A empresa é responsável por produtos com características específicas e processos de fabricação exclusivamente para cada cliente, ou seja, produzem e vendem compostos de engobe e esmalte, e frita pura fundida com funções específicas de cada pedido.

As matérias-primas utilizadas pelo colorifício são: quartzo, sílica, argilas, feldspato, caulim, talco, alumina, bentonita, zircônio e zinco.

Todas as matérias-primas utilizadas na fabricação dos compostos chegam na fábrica prontas (beneficiadas), compradas diretamente de mineradoras. O controle de qualidade das matérias-primas é feito individualmente e realizados no laboratório da própria Smalticeram; é analisado o aspecto superficial (coloração), a granulometria, liberação através de vinil, análise química e absorção de água.

A planta industrial da Smalticeram é dividida, basicamente, em cinco etapas. A primeira, refere-se aos estoques de matérias-primas para formulação dos compostos; moagem em via úmida por moinhos de rolo dos compostos; atomização; secagem e queima em quatro fornos com temperatura de 1200 °C.

Cada grupo de compostos tem funções específicas de acordo com a demanda identificada de mercado; por este motivo, os compostos são moídos e peneirados em malha #200 mesh, por conta do ponto de fusão desejado e do material a ser atomizado.

Uma particularidade do colorífico Smalticeram é que produzem material micronizado de zircônio, peneirado em malha #325 mesh (fusão) e malha #500 mesh (composto).

Figura 6: Planta industrial da Smalticeram.



Fonte: do autor (2021).

4.2 INDÚSTRIAS CERÂMICAS DE REVESTIMENTOS

4.2.1 Empresa fabricante de grés porcelanato localizada em Criciúma

A empresa localizada em Criciúma – SC é responsável por produzir e comercializar produtos cerâmicos com alta qualidade e tecnologia. Empresa líder na produção de porcelanatos e responsável por produzir em torno de 330.000,00 m² de revestimento por mês.

As matérias-primas utilizadas para a fabricação de seus produtos são cerca de 30%-40% da própria mineradora e as outras são compradas prontas diretamente de outros fornecedores.

Primeiramente, antes de iniciar o processo de fabricação com as diferentes matérias-primas é feito um controle de qualidade pré lote em laboratório da empresa e após a liberação é que o material é autorizado para transporte.

Chegando o material na empresa, é realizado novamente o controle da matéria-prima no box para liberação para o processo de fabricação. O controle de qualidade é feito através de ensaios físicos (retração de queima, absorção de água, perdão ao fogo, granulometria, cor de queima, dentre outros).

As matérias-primas utilizadas na fabricação de grés porcelanato são argila e caulim (materiais plásticos), feldspato potássico malha #20 mesh, albita em malha inferior a #20 mesh (plagioclásio sódico) e filito (rico em K_2O) (materiais não plásticos). Os materiais feldspato, albita e filito são materiais fundentes (não plásticos) responsáveis pela baixa absorção de água do grés porcelanato.

O talco não é utilizado pela empresa pois o ciclo é muito rápido e o forno é curto, gerando dificuldade na evaporação da matéria-prima e ocasionando bolhas na peça cerâmica.

Os minerais não plásticos após a pesagem irão diretamente para o moinho de bolas e os minerais plásticos passam para um moinho de bolas por 2 horas para a dispersão (as argilas são naturalmente finas); as argilas (plásticas) são posteriormente associadas com os não plásticos após a moagem.

A dispersão dos minerais plásticos numa pré moagem é extremamente importante no processo, pois além de ganhar tempo na moagem, os minerais plásticos iriam ficar embolados e outros super-moídos no moinho, como exemplo o feldspato.

Em todas as etapas do processo é feito o controle de qualidade do material, inclusive depois da moagem, e feitos testes de viscosidade e densidade do material.

Seguido a etapa de moagem, o ciclo de produção continua com atomizadores na transformação das matérias-primas em grãos com umidade controlada (em torno de 7%) e com características adequadas para a conformação do corpo cerâmico. Após a atomização, o material é armazenado nos silos de estocagem para homogeneizar a unidade da massa em 7% por um período de 24 horas e até 5 dias para determinadas massas.

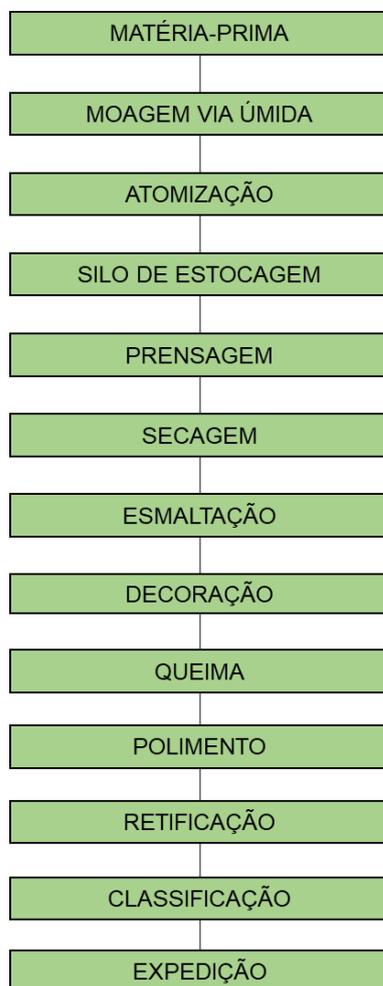
Depois de homogeneização da umidade da massa, o material passará pelas etapas de prensagem, secagem, esmaltação, impressão HD, queima em temperatura de 1200 °C, polimento, retificação, classificação e expedição.

O esmalte é cominuído na própria empresa em malha #325 mesh. Após as etapas de prensagem, secagem e esmaltação, a peça cerâmica deverá ter uma umidade de 0,3-0,4% para evitar a quebra na queima.

As peças cerâmicas de porcelanato são retificadas e polidas; características que ditam o efeito nobre do porcelanato como também um visual mais bonito e uniforme.

Basicamente, o tempo de fabricação de uma peça cerâmica na empresa desde o silo de estocagem até a classificação final é de aproximadamente 6-8 horas.

Figura 7: Planta industrial da empresa fabricante de grés porcelanato em Criciúma.



Fonte: do autor (2021).

4.2.2 AngelGres Revestimentos Cerâmicos Ltda.

Localizada em Criciúma - SC, a empresa AngelGres é referência na produção de pisos por via seca. Responsável por produzir em torno de um milhão e meio de metros quadrados de revestimentos cerâmicos por mês em ciclo rápido, onde, o tempo de produção desde a moagem da massa cerâmica até produto final embalado é de aproximadamente 1 hora.

As matérias-primas utilizadas para a fabricação de seus produtos são argilas de cor de queima escura (marrom), líticas, fundentes e responsáveis pela

absorção baixa do produto cerâmico. A massa cerâmica é composta de argilitos com características distintas em relação a plasticidade e pontos de fusão, provenientes de 3 minas.

A matéria-prima chega bruta da jazida, passando pelos processos de britagem (britador de mandíbulas), secador para a retirada da umidade e moagem; a moagem da massa é realizada por via seca em moinho pendular de 3 pêndulos e posteriormente submetida a granulação.

Toda a parte de mistura e preparação da massa é controlada pelo número de conchas da pá carregadeira; após realizada a composição e a secagem da massa, a mesma é direcionada ao processo de moagem e granulação em uma malha inferior a 3 polegadas.

Basicamente, a massa depois de seca, moída e granulada vai para os silos de estocagem e permanece por vinte e quatro horas para homogeneização de umidade (em torno de 8%).

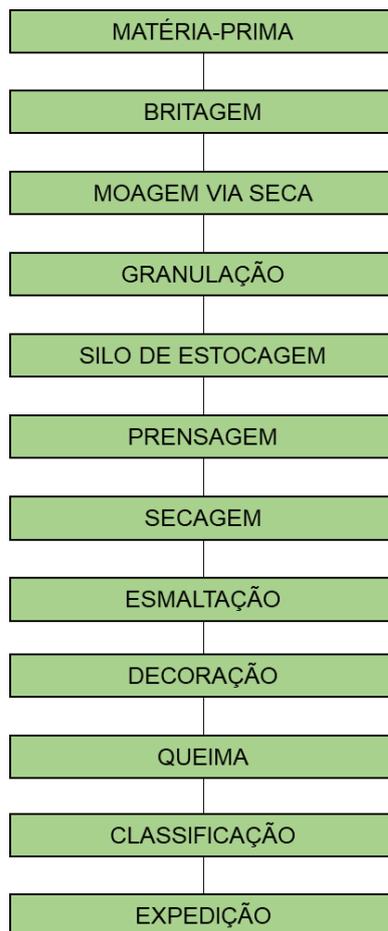
Posteriormente a estocagem, o material granulado vai para a etapa de prensagem para a conformação da peça, formando o corpo cerâmico. Depois de prensado, o corpo cerâmico é submetido a secagem em secador horizontal e a umidade residual deverá ser de no máximo 1%, para garantir que a mesma não quebre durante a queima.

A peça continua por meio de correias transportadoras até a etapa de esmaltação, recebendo primeiro um jato de água e a camada de esmalte. O esmalte é produzido por meio da moagem do composto (comprado pronto) até a granulometria ideal e peneirado para não passar nenhum resíduo. Depois da camada de esmalte, o produto segue para a impressora a laser (HD), para dar efeito decorativo à peça cerâmica.

A etapa seguinte a impressão é a queima do corpo cerâmico esmaltado e decorado, a uma temperatura em torno de 1130°C para a completa sinterização.

Após o processo de queima, ocorre a classificação do produto, embalagem e expedição. Alguns produtos específicos passam pelo processo de retificação das peças antes de serem embalados; esta etapa é para deixar as peças uniformes quanto ao tamanho sendo necessário o uso de rejunte ou não, geralmente é indicado uma junta de no mínimo 1 mm.

Figura 8: Planta industrial da AngelGres.



Fonte: do autor (2021).

5 CONCLUSÕES

Este artigo mostra a importância das matérias-primas e os processos de beneficiamento necessários a adequação em cada processo de fabricação de revestimentos cerâmicos e produção de fritas, engobes e compostos em colorífico. Para a execução deste trabalho, foram realizadas visitas nas empresas Angelgres produtora de pisos cerâmicos, uma empresa em Criciúma produtora de grés porcelanato e Smalticeram produtora de fritas, engobes e compostos.

Os resultados mostram que a evolução na produção de revestimentos cerâmicos no mundo exige cada vez mais a necessidade de matérias-primas mais nobres e beneficiamentos mais sofisticados. Neste estudo é possível observar que a produção de pisos cerâmicos por via úmida exige matérias-primas mais nobres quando comparadas aos fabricados por via seca; a produção de azulejo de uma

queima única (monoporosa) exige matérias-primas mais nobres quando comparados aos pisos tradicionais. O grés porcelanato exige matérias-primas mais nobres e beneficiamento (cominuição) mais sofisticados. Já o colorifício, na produção de fritas e engobes, exigem matérias-primas muito mais nobres quando comparadas as utilizadas na produção de revestimentos cerâmicos, com baixíssimos percentuais de contaminantes e processo de beneficiamento muito sofisticado para a obtenção de materiais muito finos, as vezes micronizados.

Neste sentido, é importante enfatizar que as matérias-primas utilizadas na produção de revestimentos cerâmicos quanto na produção de fritas e engobes nos colorifícios, devem ser analisadas e controladas com muito critério para manter a qualidade necessária, tendo em vista que o resultado do produto tem relação direta com a mesma. A qualidade implica diretamente nos custos, portanto, a aceitação de um produto apresenta como consequência a cobertura dos custos e a obtenção de uma margem de contribuição aceitável para o sucesso da indústria; a dinâmica deste processo, faz com que a busca de uma maior eficiência com um menor custo possível de fabricação se torna imprescindível.

REFERÊNCIAS

ABCERAM, Associação Brasileira de Cerâmica. **Informações técnicas - processos de fabricação.** 2016. Disponível em: < <https://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/> >. Acesso em: 20 abr. 2021.

ABCERAM, Associação Brasileira de Cerâmica. **Matérias primas naturais.** 2016. Disponível em: < <https://abceram.org.br/materias-primas-naturais/> >. Acesso em: 29 mar. 2021.

ANFACER. **Porcelanatos de grandes formatos: nova realidade e desafios.** 2018. Disponível em: < <https://www.anfacer.org.br/porcelanatos-de-grandes-formatos-nova-realidade-e-desafios> >. Acesso em: 28 mar. 2021.

CETESB; OLIVEIRA, Maria Cecília; MAGANHA, Martha Faria Bérnils. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas branca e de revestimentos.** São Paulo. 2006. 84p.

DAL BO, M.; MELCHIADES, F. G.; BOSCHI, A. O.; HOTZA, D. **Efeito das propriedades dos esmaltes e engobes sobre a curvatura de revestimentos cerâmicos.** Cerâmica 2012, vol.58, n.345, pp.118-125.

GEREMIAS, Márcio Luiz; KAHN, Henrique; GOUVÊA, Douglas. **Caracterização das argilas da bacia do Paraná, no sul de Santa Catarina, para uso na fabricação de pisos cerâmicos.** [S.l: s.n.], 2003.

GOMES, C. F. **Argilas: o que são e para que servem.** Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1988.

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

NBR 13817: **Placas cerâmicas para revestimento** – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

OLIVEIRA, Antonio Pedro Novaes de; HOTZA, Dachamir. **Tecnologia de fabricação de revestimentos cerâmicos.** 2. ed. rev. – Florianópolis: Ed. da UFSC, 2015.

PRACIDELLI, Sebastião. **Estudo dos Esmaltes Cerâmicos e Engobes.** São Caetano do Sul. Cerâmica Industrial, 13 (1/2) Janeiro/Abril, 2008.

MELO, Lis Guimarães de Azeredo; THAUMATURGO, Clelio. **Filito: um material estratégico para fabricação de novos cimentos.** Instituto Militar de Engenharia (IME). Rio de Janeiro, 2012.

NBR 13818: **Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997

SOUZA, Maisa Cristina De. **Caracterização químico-mineralógica do Quartzito friável proveniente da microrregião do Planalto de Araxá.** CEFET-MG, 2008.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste estudo, a minha família, aos professores, a SATC e em especial ao professor Márcio Luiz Geremias por todo auxílio durante a realização do mesmo. Agradeço a oportunidade de visitar o colorífico Smalticeram Unicer Do Brasil Ltda. e as empresas cerâmicas AngelGres Revestimentos Cerâmicos Ltda. e a empresa produtora de grés porcelanato por todo o ensinamento transmitido, empresas que sempre terão meu reconhecimento e gratidão.