

Estudo do Defeito “Rebaixo” na Superfície de Revestimentos Cerâmicos Produzidos pelo Processo de Biqueima

Josué Alberton^{a*}, Wenceslau Fernandes das Neves^b

^a*Curso de Graduação em Química Industrial, Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL,
Av. José Acácio Moreira, 787, 88704-900 Tubarão - SC, Brasil*

^b*Cecrisa Revestimentos Cerâmicos S.A., Unidade Industrial 6, Portinari
Rod. BR 101, km 392,5, Vila São Domingos, 88813-470 Criciúma - SC, Brasil*

**e-mail: josue.alberton@terra.com.br*

Resumo: O estudo realizado em escala industrial, apresenta a influência dos parâmetros de processo, no surgimento do defeito “rebaixo” na superfície de revestimentos cerâmicos produzidos pelo processo de biqueima. Foram avaliados os parâmetros: matérias-primas, prensagem, secagem, primeira queima, esmalte, aplicação do esmalte e a segunda queima. No processo de biqueima, existem parâmetros que influenciam diretamente no surgimento do defeito “rebaixo”, entre eles, pode-se citar: matérias-primas que apresentam elevadas proporções de material orgânico; diferença de compactação entre as regiões da peça, que pode causar um gradiente de porosidade; circulação de ar no interior forno, responsável pela oxidação do material orgânico e secagem do esmalte durante o processo de aplicação, que pode influenciar no surgimento do defeito, devido à migração deste para diferentes regiões da peça.

Palavras-chave: defeito “rebaixo”, processo de biqueima, superfície da peça

1. Introdução

Atualmente, existem diversos fatores que impulsionam a busca de uma maior competitividade dos produtos por parte dos países mais industrializados, principalmente, na melhora substancial da qualidade técnica¹.

A quantidade de matérias-primas utilizadas na indústria de revestimentos cerâmicos é grande, portanto, para atingir a qualidade total é necessário disponibilizar de métodos de controle que permitam uma máxima padronização durante as etapas de produção¹.

A Cecrisa Revestimentos Cerâmicos S.A., unidade industrial 2, produz azulejos da classe de absorção de água BIII (absorção de água maior que 10%), pelo processo de biqueima.

Recentemente, na unidade industrial, foi observado a ocorrência de um defeito na superfície das peças cerâmicas.

O defeito industrialmente conhecido como “rebaixo”, aparece com frequência em azulejos de diferentes espessuras e formatos, e em todas as cores de esmaltes.

Encontrar formas para solucionar o problema, significa um grande avanço em termos de diminuir os custos com indenizações e melhorar a imagem da empresa junto ao mercado.

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência dos parâmetros do processo de produção, propondo soluções tecnológicas para reduzir ou eliminar o defeito “rebaixo” na superfície de revestimentos cerâmicos.

2. Causas do Defeito “Rebaixo” na Superfície das Peças Cerâmicas

Neste trabalho, propõe-se classificar os defeitos pela sua origem no processo produtivo.

Mas, essa classificação, requer localizar com exatidão a procedência do defeito. O que significa, maior complexidade no seu estudo, pois, muitas vezes, um defeito não se deve a uma única causa, e sim, a interação de fatores que conduzem ao aparecimento do mesmo¹.

Atendendo a esse critério, pôde-se determinar as etapas do processo de produção relacionadas ao surgimento do defeito “rebaixo”:

- Controle de matérias-primas;
- Prensagem;
- Secagem;
- Primeira queima;
- Esmalte;
- Aplicação do esmalte; e
- Segunda queima.

2.1. Controle de matérias-primas

O processo de produção utiliza matérias-primas naturais para obtenção do produto acabado².

As matérias-primas utilizadas para a produção do substrato, em geral, são minerais argilosos que contém muitas impurezas².

Uma das principais impurezas encontradas é a matéria orgânica. Ela limita a produção e provoca no processo de biqueima, o típico defeito conhecido como “mancha central”¹.

Controlar as matérias-primas com percentuais elevados de matéria orgânica, torna-se essencial para a indústria cerâmica atingir os padrões de qualidade esperados².

2.2. Prensagem

No desenvolvimento dessa operação, é essencial conseguir durante o carregamento, uma constante distribuição da massa no molde, assim como, a aplicação de uma pressão alta e uniforme para compactar as peças¹.

A crescente exigência da qualidade geométrica das peças, vem se satisfazendo com o emprego de massas granuladas, de maior fluência e homogeneidade, obtidas com a secagem por atomização¹.

As propriedades da peça crua, como densidade aparente e resistência mecânica, influenciam nas características do produto final¹.

Alguns defeitos do processo de prensagem estão relacionados com a falta de estabilidade dimensional e de uniformidade na capacidade pontual das diferentes regiões da peça crua¹.

2.3. Secagem

Ao secar um sólido, em um secador por convecção, ocorrem os fenômenos de transmissão de calor simultâneo a transferência de matéria.

Se a umidade residual das peças na entrada do forno for maior ou igual a 1%, a primeira parte do mesmo passa a ter a função de secador, porque a zona de pré-aquecimento não atinge a função projetada, que é aumentar a temperatura das peças¹.

Uma das reações mais afetadas pela presença excessiva de umidade residual nas peças é a de combustão total da matéria orgânica¹.

Essa reação ocorre em um intervalo de tempo considerável, pois está limitada pela difusão do O₂ desde a interface gás-sólido até a superfície de reação química e do transporte dos produtos (CO, CO₂), até a interface sólido-gás¹.

2.4. Primeira queima

A temperatura e o ciclo de queima variam de acordo com cada processo. Consideram-se as tensões térmicas a que estão submetidas às peças nos diferentes estágios da queima e o conjunto de transformações químicas e estruturais que se desenvolvem ao longo do ciclo¹.

Caso o material destinado à queima encontra-se empilhado, aumenta a dificuldade de circulação do ar entre as peças, favorecendo o surgimento do defeito conhecido como “mancha central”, que afeta sua capacidade de absorção¹.

A diferente capacidade de absorção da água presente na composição do esmalte, faz com que, apareçam diferenças de cor ou de aspectos na região central do produto acabado¹.

2.5. Esmalte

Os defeitos relacionados com o esmalte podem ser originados durante o seu desenvolvimento ou em alguns casos, aparecem após um certo tempo de aplicação nas peças, devido a sua interação com o suporte¹.

2.6. Aplicação do esmalte

Durante a operação de esmaltação é preciso controlar as características do suporte a esmaltar e da camada formada, que dependeram das técnicas utilizadas¹.

A aplicação do esmalte em cortina contínua consiste em formar um véu contínuo, onde passa a peça, depositando-se sobre ela, uma camada de esmalte¹.

Esse método de aplicação gera uma superfície de esmalte lisa e uniforme. Um dos equipamentos utilizados no processo é a campana¹.

2.7. Segunda queima

O intervalo do ciclo de queima indicado para que as reações sejam realizadas se desenvolvem a temperaturas inferiores às do rebalanceamento do esmalte¹.

Quando são utilizados esmaltes fundentes, pode ocorrer a vitrificação durante a queima. Para que isso não ocorra, deve-se aquecer as peças pela parte inferior¹.

3. Características do Defeito “Rebaixo” na Superfície de Revestimentos Cerâmicos

No processo de biqueima, o defeito industrialmente conhecido como “rebaixo”, é evidenciado somente na etapa final de produção.

Na região da peça afetada pelo defeito, provavelmente existe uma pequena diferença na espessura da camada do vidrado, provocada pela migração indesejável do esmalte durante a sua etapa de aplicação.

Essa migração do esmalte, pode ocorrer da região central para as extremidades ou das extremidades para o centro da peça.

A migração excessiva do esmalte de uma região para a outra, na superfície das peças, ocorre alguns segundos após a aplicação, influenciada pelas variáveis anteriores do processo de produção.

Conforme representado na Figura 1, a migração do esmalte na peça pode ocorrer de um sentido para o outro. As propriedades físicas e químicas do corpo cerâmico podem exercer influência no surgimento do defeito.

O defeito “rebaixo”, geralmente aparece na forma de ondulações com caráter côncavo, paralelas aos lados, que ocorrem com mais frequência no centro das peças, raramente encontradas nas regiões próximas às bordas.

Após o assentamento em paredes, o revestimento cerâmico afetado pelo defeito é identificado na presença de algum tipo de luminosidade.

Essa deformação indesejável é retratada como uma “mancha branca” na superfície da peça³, produzida no momento em que o revestimento cerâmico é exposto a claridade (luz branca), como mostram as Figuras 2 e 3.

4. Procedimento Experimental

Por tratar-se de um experimento em escala industrial, foram utilizados os equipamentos do processo de produção de azulejos da Cecrisa Revestimentos Cerâmicos, unidade industrial 2.

4.1. Material orgânico

Após a homogeneização⁴ das amostras, pesou-se 1 kg de cada matéria-prima. As matérias-primas foram secadas em estufa a 110 °C e moídas a seco em moinhos de laboratório, durante 2 horas.

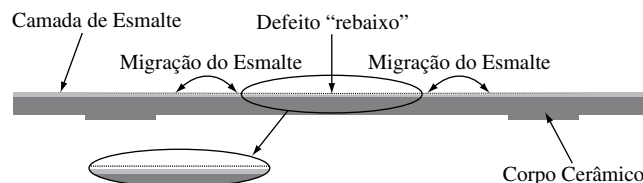


Figura 1. Representação do defeito “rebaixo” na superfície de revestimentos cerâmicos.

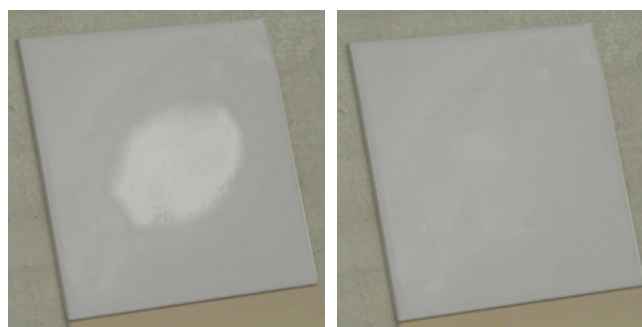


Figura 2. Esmalte branco brilhante. À esquerda, peça com o defeito. À direita, peça sem o defeito.

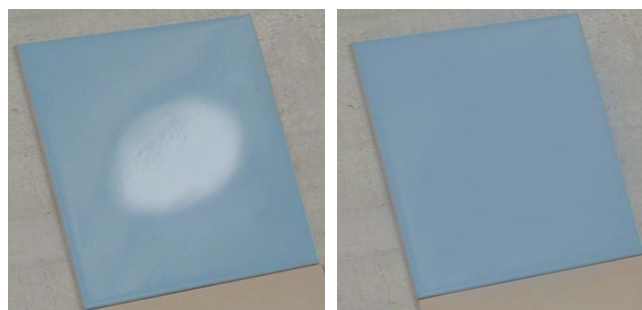


Figura 3. Esmalte azul brilhante. À esquerda, peça com o defeito. À direita, peça sem o defeito.

Posteriormente, as amostras foram umidificadas entre 6 e 7%, para prensagem. Os corpos de prova foram compactados com pressão de conformação igual a 400 kgf/cm² (39,23 MPa), dificultando a reação de combustão total da matéria orgânica².

Até adquirir massa constante, os corpos de prova com 50,6 cm², foram secados em estufa a 110 °C e posteriormente, aplicada uma camada com 4,5 g de esmalte transparente na superfície da peça².

As amostras foram queimadas a uma temperatura máxima de 1187 + 10 °C, num forno a rolo com ciclo de 37 minutos².

Os resultados foram avaliados através da inspeção visual do material orgânico na superfície dos corpos de prova.

4.2. Pressão de compactação

O pó atomizado, retirado do silo, com umidade entre 6 e 6,5%, após passar por uma peneira vibratória malha de 1,2 mm, foi depositado em uma tremonha e, então, compactado em uma prensa hidráulica do tipo IC 530⁵.

Os patamares de variação da pressão de conformação exercida pela prensa foram de 375 kgf/cm² (36,77 MPa); 341 kgf/cm² (33,44 MPa) e 307 kgf/cm² (30,10 MPa).

Para calcular a pressão de conformação, aplicou-se a Equação 1⁶.

$$P = F/A \quad (1)$$

P = pressão de conformação.

F = pressão manométrica multiplicada pela área do pistão.

A = n° de cavidades multiplicadas pela dimensão da peça.

Para a medição da densidade aparente a seco, foram coletadas amostras de substrato (compactado cru), e cortadas em cinco partes, nos quatro cantos e uma no meio. As amostras foram levadas a uma estufa a 110 °C onde permaneceram até secagem total⁶.

Logo após, com o auxílio de uma pinça tenaz, elas foram levadas a um recipiente com mercúrio, que está sobre uma balança eletrônica digital com resolução de 0,01 g. O cálculo da densidade foi feito da seguinte forma⁶:

$$D_a = (m_o D_{Hg}) / (m_i - m_h) \quad (2)$$

D_a = densidade aparente.

D_{Hg} = densidade do mercúrio (13,59 g/cm³).

m_o = massa da peça.

m_i = massa da peça imersa no mercúrio.

m_h = massa da haste do aparelho de teste.

Através da densidade aparente da peça a cru, foi avaliado o surgimento do defeito nas peças cerâmicas.

4.3. Umidade residual pós-secagem

Após a prensagem, as peças com umidade entre 6 e 6,5%, foram empilhadas em carro do tipo vagoneta e colocadas no secador à túnel, a uma temperatura máxima de 145 + 10 °C, durante 37 horas e 20 minutos.

Na determinação da umidade residual pós-secagem, as peças foram pesadas em balança eletrônica e levadas a um secador de laboratório a 110 °C até atingir massa constante. O cálculo foi feito conforme Equação 3⁵:

$$U_s = [(m_{si} - m_{sl}) / m_{si}] \times 100 \quad (3)$$

U_s = umidade residual pós-secagem.

m_{si} = massa da peça na saída do secador industrial.

m_{sl} = massa da peça (massa constante).

Os resultados foram avaliados pela medida da umidade residual pós-secagem nas peças, em diferentes posições das pilhas.

4.4. Homogeneidade na porosidade das peças pós-queima

No ciclo da primeira queima, as peças foram queimadas em forno à túnel empilhadas em carro do tipo vagoneta a temperatura máxima de 1085 + 10 °C, durante 37 horas e 20 minutos.

Na determinação da expansão térmica, cada corpo de prova foi preparado cortando-se a peça cerâmica na região central e nas extremidades, com o auxílio de uma serra de metal duro, nas dimensões de 65 a 65,3 mm de comprimento por 5 a 10 mm de largura⁷.

Então, o corpo de prova foi posicionado em um dilatômetro no laboratório industrial da Cecrisa. A expansão térmica pós-queima foi calculada pela equação⁷:

$$E_Q = D \times k \quad (4)$$

E_Q = expansão térmica pós-queima (α)

D = medida entre as linhas

k = constante do padrão (3,55)

A determinação da absorção de água foi elaborada conforme norma ISO 10545-3, cortando-se a peça cerâmica na região central e nas extremidades. Calculou-se o percentual de absorção de água pela Equação 5⁸:

$$A_a = [(m_{pu} - m_{ps}) / m_{ps}] \times 100 \quad (5)$$

A_a = absorção de água

m_{pu} = massa da peça úmida

m_{ps} = massa da peça seca

Os resultados foram obtidos pela análise dos gráficos de expansão térmica pós-queima e dos percentuais de absorção de água, por comparação entre o centro e as extremidades das peças.

4.5. Esmalte

O esmalte branco brilhante, padrão de aplicação, foi moído em moinho de bolas de laboratório, por via úmida, com resíduo entre 1 e 1,5%, obtido em malha de 44 μ m.

Na medida da densidade foi utilizado o picnômetro e da viscosidade o Copo Ford n° 4.

O esmalte foi preparado com densidade baixa, 1670 g/L; média ou padrão, 1700 g/L e elevada, em torno de 1730 g/L. As viscosidades obtidas foram, respectivamente 17, 20 e 24 s.

As peças no formato 15,4 x 15,4 cm foram esmaltadas em campana, com peso de aplicação igual a 18 g. Após a aplicação, o tempo de secagem do esmalte na superfície da peça foi medido para cada situação de densidade.

Os resultados foram avaliados quanto à influência da secagem do esmalte no surgimento do defeito.

4.6. Técnicas de aplicação do esmalte

O esmalte branco brilhante, com densidade igual a 1700 g/L e viscosidade de 20 s foi aplicado com peso de 18 g, em peças no formato 15,4 x 15,4 cm.

As técnicas de aplicação do esmalte foram efetuadas através da campana, discos e conjunto de pistolas.

Posteriormente, as peças foram queimadas e através de inspeção visual, o resultado avaliado de acordo com a influência da aplicação do esmalte no surgimento do defeito.

4.7. Segunda queima

As peças no formato 15,4 x 15,4 cm foram esmaltadas com peso de aplicação igual a 18 g, utilizando-se esmalte branco brilhante (densidade de 1700 g/L e viscosidade de 20 s).

Após a esmaltação em campana, as peças foram queimadas nos 3 (três) fornos à rolo da unidade 2. Com um ciclo médio de 18 minutos e 12 segundos, os fornos F1, F2 e F3 apresentaram, respectivamente, temperatura máxima de 1072 + 10 °C, 1089 + 10 °C e 1066 + 10 °C.

Na identificação do defeito, o resultado foi obtido pela análise visual das peças após a segunda queima.

5. Resultados e Discussão

A seguir, serão apresentados os resultados de acordo com os principais parâmetros de controle do processo no surgimento do

defeito “rebaixo” na superfície de revestimentos cerâmicos no processo de biqueima.

5.1. Avaliação do material orgânico

A análise visual das matérias-primas pode ser observada na Figura 4. Os corpos de prova foram esmaltados de forma a reter a maior quantidade possível de material orgânico.

Na fileira superior da Figura 4 estão localizados os corpos de prova com esmalte transparente e na fileira inferior os corpos não esmaltados. As matérias-primas estão ordenadas a partir da esquerda para as argilas de “A” até “J”, caulim e talco.

De acordo com o resultado da mancha, as argilas B, F e G foram classificadas como “forte”. O que implica em matérias-primas com alta concentração de material orgânico. A análise visual demonstrou claramente como esses materiais encontram-se supersaturados.

Outras argilas como A, E e J apresentaram uma concentração “média”, com a presença de menor quantidade de material orgânico, porém considerável para o surgimento da mancha.

Já, as argilas C, D, H, I e as demais matérias-primas foram classificadas como “isentas” ou “leve”. De acordo com a inspeção visual, esses materiais são pouco carregados, tendo superfície limpa e sendo pequena a presença de material orgânico.

Matérias-primas com elevada quantidade de material orgânico aumentam a plasticidade, diminuindo a porosidade das peças e consequentemente, na região da “mancha central”, está localizado o ponto mais afetado, responsável pela diminuição da absorção de água.

Essa diminuição da porosidade no material, provocada pela presença elevada de material orgânico, facilita a migração do esmalte do centro para as extremidades da peça.

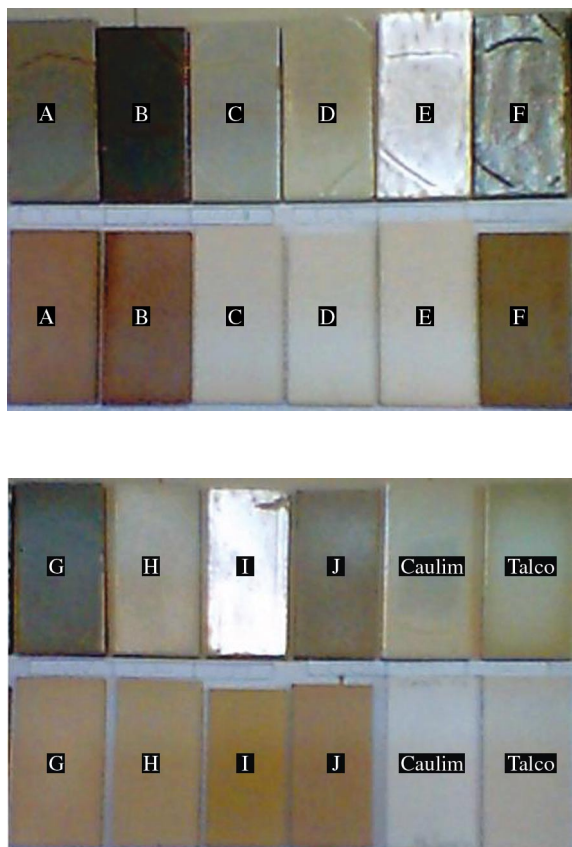


Figura 4. Análise visual dos corpos de prova.

5.2. Alteração na pressão de compactação (densidade aparente da peça a cru)

Os resultados obtidos com a alteração na pressão de compactação são apresentados através da densidade aparente da peça a cru, como mostra a Tabela 1.

Geralmente, o defeito “rebaixo” ocorre na região central das peças, isto pode ser devido ao gradiente de compactação existente nessa parte do material.

Quanto maior a pressão exercida, menor é a diferença de compactação entre as regiões do mesmo material e consequentemente, menor será a possibilidade de ocorrer o defeito “rebaixo”.

Portanto, o aumento da pressão de compactação dificulta a migração do esmalte das extremidades para o centro da peça.

5.3. Avaliação da umidade residual pós-secagem

A Figura 5, mostra os resultados obtidos com a medida da umidade residual pós-secagem nas peças.

As posições das peças nas pilhas E1, E2 se referem as colunas externas do carro; CM1 e CM2 são as pilhas do centro médio e M é a coluna do meio.

Percentuais de umidade residual pós-secagem maiores ou iguais a 1%, favorecem o surgimento do defeito, pois afetam as reações químicas durante a queima.

De acordo com os resultados obtidos, o processo de secagem não apresentou variáveis que possam influenciar no surgimento do defeito “rebaixo”.

5.4. Avaliação da homogeneidade na porosidade das peças pós-queima

Analisando-se as diferentes posições das peças nas pilhas, os resultados da expansão térmica pós-queima (α) e da absorção de água (Aa) são apresentados na Tabela 2.

A pilha E1, se refere a coluna externa do carro e M é a coluna do meio. As letras (S) e (M) significam, respectivamente, parte superior e meio das pilhas onde foram retiradas as peças.

Os resultados obtidos mostram uma circulação inadequada de ar no interior do forno, devido à diferença no gradiente de expansão térmica e absorção de água nas peças.

Essa diferença no gradiente de queima, pode facilitar a migração do esmalte do centro para as extremidades da peça durante o processo de esmaltação.

Tabela 1. Densidade aparente do substrato a cru.

Pressão de conformação (kgf/cm ²)	Densidade aparente Hg (g/L)**		Gradiente de compactação (g/L)
	2024	2015	
375	2002	2014	18,75
	2030	2014	
341	1950	1924	48,75
	1923	1879	
307	1922	1913	64,75
	1920	1852	
**± 2,5	1*	4*	* Regiões analisadas nas peças.
	2*	3*	

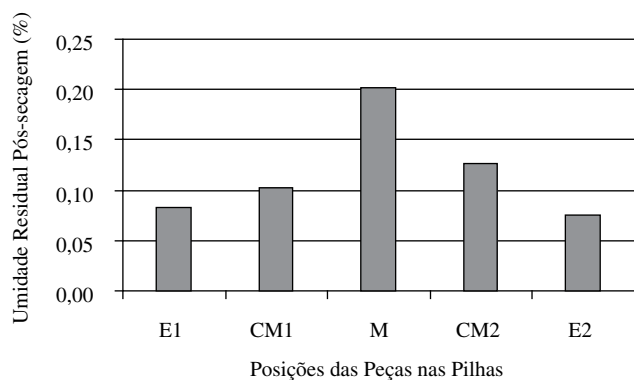


Figura 5. Umidade residual pós-secagem nas peças.

Tabela 2. Expansão térmica pós-queima e absorção de água nas peças.

Regiões das peças	Extremidade		Centro	
	E1 (S)	M (M)	E1 (S)	M (M)
Posições nas pilhas				
$\alpha_{20-400\text{ }^{\circ}\text{C}} \times 10^{-7}$ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	65,39 ± 1,5	66,31 ± 1,5	62,91 ± 1,5	63,55 ± 1,5
Aa (%)	18,17 ± 1,0	19,09 ± 1,0	17,66 ± 1,0	18,42 ± 1,0

Na primeira queima, a distribuição de calor entre as pilhas e peças deve ser suficiente para a oxidação do material orgânico, e consequentemente, contribuir na homogeneidade da porosidade das peças pós-queima.

5.5. Densidade do esmalte

Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 3.

De acordo com os resultados obtidos, a densidade baixa, 1670 g/L, pode ter relação com o surgimento do defeito “rebaixo”. A presença elevada de água na composição do esmalte favoreceu sua migração na superfície da peça para regiões de maior absorção.

O defeito na superfície do material pôde ser observado de forma parcial quando o esmalte foi aplicado com densidade de 1700 g/L. Isto se deve, provavelmente, às condições anteriores do processo de produção e não a densidade padrão.

A densidade elevada, em torno de 1730 g/L, minimiza o aparecimento do defeito, pois a secagem do esmalte após a aplicação foi rápida, reduzindo a sua migração na superfície da peça.

5.6. Diferentes técnicas de aplicação do esmalte

Na utilização da campana, equipamento padrão de produção, o defeito é evidenciado devido aos parâmetros nos quais o processo está envolvido.

As aplicações com discos e conjunto de pistolas, reduzem a intensidade do defeito “rebaixo” nas peças, porém alteraram a sua textura lisa, tornando a superfície rugosa.

A utilização de diferentes técnicas de aplicação do esmalte não influenciou consideravelmente na redução do defeito, pois alterou a textura lisa da peça.

5.7. Avaliação da segunda queima

Na análise visual das peças após a segunda queima, o esmalte não apresentou problemas de interação com o suporte cerâmico.

A avaliação das diferentes condições da segunda queima, mostrou ainda, a inexistência de variações que possam influenciar no surgimento do defeito “rebaixo”.

Tabela 3. Propriedades físicas do esmalte e surgimento do defeito.

Densidade (g/L)	Baixa (1670)	Padrão (1700)	Alta (1730)
Viscosidade (s)	17 ± 1,0	20 ± 1,0	24 ± 1,0
Tempo de secagem (s)	4 ± 1,0	3 ± 1,0	2 ± 1,0
Defeito “rebaixo”	Favoreceu	Influenciou parcialmente	Minimizou

6. Conclusão

Considerando que, através dos experimentos realizados, existem vários parâmetros que influenciam no surgimento do defeito “rebaixo”, entre eles: matérias-primas, compactação do material e circulação de ar no interior do forno.

Os gradientes de porosidade, de compactação e de queima nas diferentes regiões do material, ocasionam uma secagem desuniforme do esmalte, facilitando o surgimento do defeito “rebaixo” na superfície das peças.

No processo de produção, utilizar matérias-primas com menor teor de material orgânico, compactando-as com pressão de conformação maior que 341 kgf/cm² (33,44 MPa) e distribuir uniformemente o calor entre as pilhas e peças, contribui para eliminar ou reduzir o defeito.

Além disso, quanto mais alto for a densidade do esmalte, menor será a influência no surgimento do defeito “rebaixo”, devido à migração que ocorre na superfície da peça após a sua aplicação.

Agradecimentos

Especiais agradecimentos, ao prof^o. Msc. Wenceslau Fernandes das Neves, pela segurança e competência com que orientou a pesquisa; a prof^a. Dr^a. Cléia Mara Leonardo Frasson (UNISUL - Química Industrial); ao amigo João José Bittencourt, pelas contribuições durante as etapas dos testes industriais.

À Secretaria de Educação/SC, pela concessão da bolsa de pesquisa (Iniciação Científica).

Agradeço a Cecrisa SA e a Cecrisa UI 02, em particular ao Sr. Ademir de Campos Braga, por manter sempre abertas as portas, viabilizando o andamento do trabalho.

Referências

- Amorós, J. L. A., et al. **Defectos de Fabricación de Pavimentos y Revestimientos Cerámicos**. Valencia: Instituto de Tecnología Cerámica-AICE, 1985. p. 12-155.
- Alberton, J.; Neves, W. F. das. Influência do Teor de Material Orgânico no Surgimento de Mancha em Revestimentos Cerâmicos. In: Encontro Catarinense dos Profissionais de Química, 1., Joinville, 2004. **Resumo**. Joinville, 2004.
- THE INTERNATIONAL STANDARDS. **ISO 10545-2**: determination of dimensions and surface quality. Bologna: CerLabs, 1995. p. 67.
- Santos, P.S. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1992. v. 1, p. 161.
- Neves, W. F. das. **Influência de Parâmetros de Processo no Surgimento de Trincas de Resfriamento em Revestimentos Cerâmicos Produzidos pelo Processo de Biqueima**. 1999. 65 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais - Metalurgia do Pó), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- Sebastiã, A. C.; Renau, R. G. **Apuntes de Operaciones Básicas en la Fabricación de Pavimentos y Revestimientos Cerámicos**. Castellon: Instituto de Formacion Profesional, 1991. p. 98-99.
- THE INTERNATIONAL STANDARDS. **ISO 10545-8**: determination of linear thermal expansion. Bologna: CerLabs, 1995. p. 87.
- THE INTERNATIONAL STANDARDS. **ISO 10545-3**: determination of water absorption, apparent porosity, apparent relative density and bulk density. Bologna: CerLabs, 1995. p. 71.