

## **Análise da Substituição Proporcional de Frita Branca por Vidro Plano Reciclado em Engobes para Revestimento Cerâmico**

Ana P. Cipriano<sup>a</sup>, Daniel Magagnin<sup>a</sup>, Eduarda B. Bittencourt<sup>a</sup>, Maria E. N. Corrêa<sup>a\*</sup>, Nathalia Policarpo<sup>a</sup>, Vanessa da Silva<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Curso de Engenharia de Produção, Centro Universitário Barriga Verde – UNIBAVE, Orleans, SC, Brasil*

\*e-mail: [meduardanc@gmail.com](mailto:meduardanc@gmail.com)

### **Resumo**

Saber da atual problemática: disposição de resíduos inspira novas tecnologias de tratamento, quanto de incorporação a novos ciclos e processos. O presente artigo correlata o processamento cerâmico atual com a substituição de matérias-primas secundárias no engobe, destacado neste a reutilização de vidro plano. Visto todos os aspectos e a compatibilidade entre a matéria-prima principal e a secundária efetivou-se o experimento laboratorial. Parte deste experimento deu-se em preparar os engobes e aplicá-los sobre o biscoito, com posterior esmaltação. Embora os resultados apresentaram, ausência de brilho no engobe e aumento no esmalte, tonalidades, defeitos como pin holes e gretagem, concluiu-se que a adição de vidro reciclado torna-se viável com estudos e aperfeiçoamento.

**Palavras-chave:** processamento cerâmico, engobe, vidro plano.

## **1. Introdução**

A atual problemática da disposição de resíduos estimula pesquisas que visam o reaproveitamento dos materiais que levam maior tempo de decomposição no meio ambiente. Entre todos os materiais que podem ser reciclados, o vidro é o que leva maior tempo para ser absorvido, mesmo sendo uma produção de elementos naturais, como a sílica presente na areia da praia. Isso ocorre devido a composição do vidro, fazendo com que ele seja extremamente resistente as alterações climáticas (ANAVIDRO). Visto que o vidro é um dos resíduos de maior quantidade em lixões e aterros sanitários e que levam em média 1.000.000 de anos para se decompor, ele tornou-se objeto de pesquisa para substituição de matérias primas naturais escassas, já que sua principal característica é sua total e incontável reutilização.

Uma possibilidade para reciclagem dos vidros planos é incorporá-los nos engobes de revestimentos cerâmicos, como substituto parcial das matérias-primas fundentes. Portanto o seguinte artigo objetiva e desenvolve questionamentos como: qual a influência da adição do vidro plano reciclado no engobe cerâmico? E quais as principais patologias que afetam na mudança das formulações?

Os materiais cerâmicos recebem denominações de acordo com sua composição, matéria prima, processo de queima, entre outros, tendo assim tipos diferentes de processo de fabricação e aplicações. Em geral, a cerâmica é conhecida como um material queimado, porém em uma análise detalhista encontram-se inúmeras designações. E por isso faz necessária à compreensão de sua constituição, desde sua matéria-prima essencial – Argila - como seus contaminantes e devidas influências, até seu processo final de engobe e esmaltação.

### **1.1. Os vidros planos**

Os vidros planos são aqueles vidros fabricados em chapas, no qual possui muitas aplicações, como na construção civil, indústria automobilística e produção de espelhos. A maior parte dos vidros planos é classificada por vidros sodo-cálcicos, cuja composição geral é composta por: um vitrificante, a sílica, sob a forma de areia (70 a 72%); um fundente, a soda, sob a forma de carbonato e sulfato (cerca de 14%); um estabilizante, o óxido de cálcio, sob a forma de calcário (cerca de 10%); e outros óxidos, como alumínio e magnésio, que melhoram a resistência à ação dos agentes atmosféricos. O processo de fabricação do vidro plano pode ser dividido em três etapas: preparação da composição, fusão da composição e a conformação dessa massa nos diversos produtos que existem (CALDAS, 2012).

### **1.2. Processo de fabricação de placas cerâmicas**

As placas cerâmicas empregadas para revestimentos são compostas de três camadas:

- Suporte ou biscoito: consiste na massa cerâmica composta fundamentalmente por argila, previamente seca a partir da presença de aquecimento e que estará pronta a receber o engobe e esmaltação;
- Engobe: cobertura aplicada no corpo cerâmico, cru ou queimado, localizada entre o suporte e o esmalte. Constituído de uma mistura de componentes plásticos como argilas e caulins; e materiais não plásticos como quartzo, feldspatos, sienitas, fritas fundentes, etc. Dentre as suas finalidades podemos destacar: eliminação dos defeitos superficiais do corpo cerâmico, possibilitando melhor superfície

do esmaltado e alteração da cor do corpo cerâmico (PRACIDELLI, 2008);

- Esmalte: camada que recobre a superfície exposta do revestimento cerâmico. Que impermeabiliza a superfície do corpo cerâmico, além de torná-lo mais atraente (beleza) e resistente aos agentes físicos e químicos (SÁNCHEZ, 1997).

A Figura 1 apresenta um esquema das camadas dos revestimentos cerâmicos esmaltados.

### 1.3. Principais patologias encontradas em revestimentos cerâmicos

O Brasil se tornou o segundo maior consumidor mundial de revestimentos cerâmicos e o segundo maior produtor (JUNIOR. et al, 2010). Os revestimentos cerâmicos são muito empregados em construções e edificações devido ao seu bom desempenho, em resistência mecânica, segurança, durabilidade e eficiência, assim como aparência e estética. Porém tornou-se comum, desde seu surgimento, a ocorrência de patologias ou defeitos, dentre elas: manchas d'água, efeito pin holes, gretagem, empenamento, fissuras e trincas (RHOD, 2011).

O gretagem e o empenamento são causados pela incompatibilidade entre as expansões térmicas do vidrado (engobe e esmalte) e do suporte. O fenômeno da gretagem, em especial, é acarretado pela diferença de dilatação entre a base (biscoito e engobe) e a camada de esmalte (AMORÓS et al, 1996). Portanto, sob certas variações de temperatura, o esmalte está sujeito a tensões suficientes para causar a fissura. Este defeito tem formato, em geral, de uma teia de aranha, comprometendo a impermeabilidade da peça e provocando o acúmulo de sujeira (PALMONARI, TIMELINE, 1989, apud IAU-USP).

O fenômeno conhecido como mancha d'água é alteração das características estéticas pelo escurecimento da superfície, embora comum, não apresenta nenhum método para a sua avaliação quantitativa. No entanto, industrialmente criaram-se métodos para sua análise, como o teste de absorção em que se utiliza a substância azul de metileno, sobre a superfície não esmaltada, ou seja, no engobe da peça. Nele, verifica-se a velocidade de secagem e o aparecimento de gretagem ou bolhas no engobe (MELCHIADES; ROMACHELLI; BOSCHI, 2000).

O defeito conhecido como "Pin Holes", são imperfeições na superfície de um corpo cerâmico, sua aparência é semelhante à cabeça de um alfinete. Pode ocorrer por



**Figura 1.** Camadas dos revestimentos cerâmicos. Fonte: MELCHIADES; ROMACHELLI; BOSCHI (2000).

diversos motivos, como: agitação excessiva (forma bolhas e/ou espuma), bombeamento ou vazamento no sistema e evaporação rápida da mistura do solvente. As possíveis medidas de prevenção seria em tomar cuidado com a agitação no tanque, verificar o processo de bombeamento e adicionar solventes de baixa evaporação (solventes pesados) (EPPLER, 2001).

## 2. Procedimentos Metodológicos

O experimento realizou-se no laboratório do Colégio Maximiliano Gaidzinski, na cidade de Cocal do Sul, Santa Catarina.

### 2.1. Seleção de matérias-primas

As matérias-primas, frita, argila e quartzo, selecionadas para a realização das composições dos engobes, são tipicamente utilizados no processo usual de fabricação, as mesmas foram fornecidas pela Empresa Torrecid do Brasil. O vidro plano foi selecionado como substituto para a frita, fornecido pela Vidraçaria Mazzuco. Já os suportes (corpos de prova) foram disponibilizados pela Empresa Eliane Revestimentos.

### 2.2. Planejamento das formulações

O ponto de partida para as composições se deu a partir da composição padrão de um engobe cerâmico. Além da composição padrão foram preparadas outras três composições. Designaram-se as formulações como sendo FP, F1, F2 e F3, onde F corresponde à formulação, P de padrão e os numerais representam sequência das novas formulações. A Tabela 1 apresenta os percentuais de cada uma:

As variantes frita branca e vidro plano foram feitas de forma proporcional, para F1, F2 e F3, sendo respectivamente 25%, 50% e 75%.

### 2.3. Processamento das formulações

#### 2.3.1. Moagem

As composições foram moídas em moinho laboratorial, conhecido como moinho periquito, previamente calibrado (capacidade 1 litro, 500 gramas de bolas de alta alumina com diâmetro de 13-23 milímetros). Para melhor homogeneização e aumento da superfície específica, o tempo de moagem foi mantido em 15 minutos, com resíduo entre 1-2% em peneira de malha de 45 µm.

**Tabela 1.** Percentuais de matérias-primas das formulações.

Componentes	FP (%)	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)
Frita Branca	58	43,5	29	14,5
Vidro Plano	0	14,5	29	43,5
Argila	12	12	12	12
Quartzo	30	30	30	30
Defloculante	0,3	0,3	0,3	0,3
Total	100,3	100,3	100,3	100,3

Fonte: Autores (2017).

### 2.3.2. Aplicação dos engobes

Para aplicação das composições foram utilizados suportes cerâmicos, provenientes do processo de monoporosa com dimensões de 150 mm x 150 mm.

O binil utilizado para aplicação das composições possui a abertura de 0,3 mm. A aplicação do esmalte sobre o engobe foi reaplicado com binil de abertura de 0,4 mm. O esmalte aplicado foi o branco de monoporosa, que apresenta densidade de 1,83 g/cm<sup>3</sup>, tempo de escoamento de 65 s e resíduo de 3,5%.

### 2.3.3. Processo de queima

A queima das composições foi realizada em forno industrial com temperatura máxima de 1.153 °C no tempo de 25 min.

### 2.4. Técnicas de caracterização

Após a queima foram analisadas as seguintes variáveis das peças cerâmicas: cor, impermeabilidade, textura do engobe e do esmalte. Para a coleta dos resultados de cores (tonalidades) e brilho, utilizou-se um espectrofotômetro BYK GARDNER- “USA” calibrado. Este procedimento é conhecido como análise colorimétrica, técnica de controle de qualidade de superfícies vidradas de revestimentos cerâmicos.

Através do espectrofotômetro é encontrado as coordenadas ah, bh e Lh, permitindo comparar valores obtidos com um padrão (WAGNER, 2014 apud FILHO, 1999). Os parâmetros de definição consistem em:

- Parâmetro L: grau de luminosidade, de 0 (preto) a 100 (branco);
- Parâmetro a: valores negativos indicam predominância da cor verde e maiores que zero predominância da cor vermelha;
- Parâmetro b: valores negativos indicam maior predominância da cor azul e maiores que zero predominância da cor amarela (WAGNER, 2014 apud FILHO, 1999).

A segunda análise foi em referência à impermeabilidade. O procedimento para esta análise se deu através do Azul de Metileno, este foi aplicado em parte da peça pós queima com o auxílio de uma esponja sobre o engobe, rapidamente e de forma linear. Assim, qual tivesse completa absorção indicaria menor impermeabilidade, já nas que evaporassem, apresentaria maior refratariedade (fundência). Constatando menor impermeabilidade nas peças, esta terá maior chance de apresentar defeitos com manchas d'água.

Os aspectos de textura do engobe e do esmalte foram analisados por meio visual e tátil. Onde se verificou a existência de furos, pin holes, gretagem, perda de brilho, entre outras.

### 2.5. Caracterização dos controles de processo

Uma das funções da densidade, para os materiais cerâmicos, é ser uma das formas de se determinar a porosidade. Ela é medida pela razão entre massa e volume

e depende do tamanho e peso atômico dos elementos constituintes (SCHROEDER, 2016).

O tempo de escoamento serve para que medir a razão entre volume e tempo de escoamento do fluido. Realizado por meio Copo Ford N° 4, com capacidade de 100 ml de amostra, e com o auxílio de um cronômetro digital, para que seja medido o tempo total. Tendo como resultado, maior o tempo de escoamento, maior sua viscosidade e vice-versa (SILVA, 2015).

## 3. Discussão dos Resultados

Modificando-se adequadamente as quantidades dos componentes – frita branca e vidro plano reciclado - podemos obter engobes para os diversos tipos de revestimentos cerâmicos e assim variar suas propriedades de acordo com a necessidade (SÁNCHEZ, 1997).

Constatado que há propriedades distintas entre a matéria-prima primária (frita branca) e a secundária (vidro reciclado), consequentemente obteve-se valores diferentes para os aspectos reológicos. Nesta etapa, houve variação da densidade em relação à FP, sendo necessária sua correção por meio da adição de água. A Tabela 2 infere os valores para densidade e tempo de escoamento:

Nota-se através da Tabela 2 que em relação ao tempo de escoamento, as formulações F2 e F3 tiveram comportamento semelhante à formulação padrão. O resultado de tempo de escoamento de F1 em 17,76 s pode ser atribuído a um erro de processamento, pois apresenta na sua formulação 14,5% de vidro reciclado, neste caso valor menor quando comparados a F2 e F3. O que implica que a adição de vidro não altera as propriedades reológicas, pois as formulações que possuem maiores percentuais de vidro reciclados, não tiveram alterações significativas.

No próximo teste com o azul de metileno verificou-se que todas as formulações elaboradas (F1, F2 e F3) tiveram o aparecimento de gretagem. Porém, as formulações FP e F1 se mostraram com mesma impermeabilidade, já F2 e F3 são mais permeáveis que a formulação FP.

Ainda sobre a Tabela 3, podemos observar que há a redução de brancura quando há maior porcentagem de adição de vidro plano reciclado. Isso ocorre porque o vidro plano é transparente, deixando o engobe transparecer a cor do suporte. Através do teste colorimétrico do engobe, constataram-se tons mais escuros (L), avermelhados (a) e amarelados (b) em relação à formulação padrão.

Em paralelo, a redução de brancura, temos a redução de brilho nos engobes. Observa-se na F1, formulação que contém 14,5% de vidro reciclado, que seu comportamento manteve-se próximo a FP. No entanto, F2 e F3 tiveram

**Tabela 2.** Densidade e tempo de escoamento das formulações.

Composição	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Tempo de escoamento (s)
FP	1,74	33,03
F1	1,70	17,76
F2	1,74	34,22
F3	1,74	37,28

Fonte: Autores (2017).

um decréscimo significativo, isso justifica-se pelo fato de o vidro ser mais fundente do que a frita. Sendo assim, quanto maior o percentual de vidro reciclado, menor brilho no engobe.

É possível observar através da Tabela 4, resultados individuais da leitura colorimétrica para as composições de engobe com aplicação de esmalte.

Podemos observar que nos valores do parâmetro L, não houve variações significativas. Evidenciou-se também que o acréscimo de vidro tem relação direta com o aumento de brilho após a peça esmaltada. Como pode ser observado na F3 que possui 43,5% de vidro reciclado, este comportamento ocorre devido o vidro ser mais fundente e ter formação vítrea. Para leitura de a, FP e F1 tiveram tons mais esverdeados, enquanto que F2 e F3 tons avermelhados, conforme os valores da Tabela 4.

Em relação às patologias, pode-se afirmar através dos corpos de prova que o acréscimo proporcional do vidro plano reciclado interfere também no aparecimento dos defeitos, conforme Figura 2.

**Tabela 3.** Resultados individuais do engobe.

Formulação	L	A	B	Brilho
FP	81,76	0,5	-0,45	22,2
F1	74,1	2,29	1,27	17,4
F2	64,64	4,29	3,83	2,5
F3	64,7	2,07	4,43	2,7

Fonte: Autores (2017).

**Tabela 4.** Resultados da leitura colorimétrica para os esmaltes.

Formulação	L	A	B	Brilho
FP	88,69	-0,31	-0,81	82
F1	87,36	-0,02	-0,78	82,4
F2	87,06	0,1	-0,71	90,1
F3	86,36	0,12	-0,29	93,5

Fonte: Autores (2017).

Como observado nas amostras, F1 apresentou-se com menor índice de gretagem e pin holes, comparado às outras formulações. Já a amostra F3, visualmente deixou transparecer a cor do biscoito, assim como o índice de pin holes e gretagem foi maior, além do aparecimento de pequenos furos em sua superfície.

#### 4. Considerações Finais

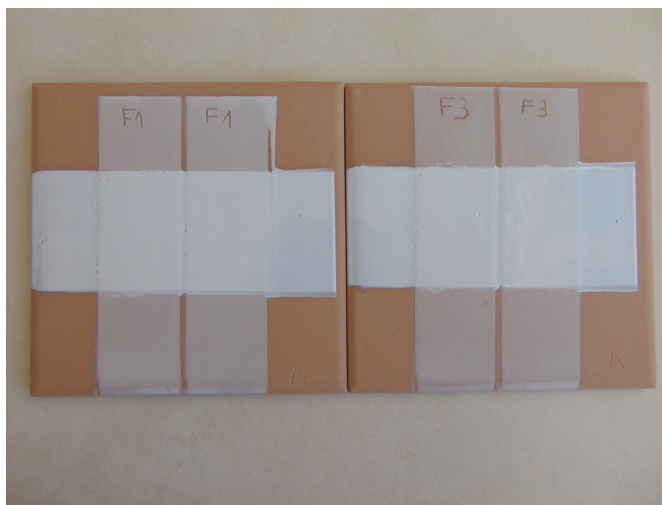
Os resultados gerados com o experimento e suas análises são de grande importância do ponto de vista tecnológico e ambiental, visto que atualmente há grande preocupação com o meio em que se vive.

O processo de formulações do engobe requer cuidados especiais para que pós-queima não haja presença de defeitos que comprometam a qualidade do produto. Visto todos os aspectos e a compatibilidade entre a matéria-prima principal (frita), e a secundária (vidro), efetivou-se o experimento laboratorial.

Nos resultados sobre o tempo de escoamento, o comportamento se manteve semelhante entre as formulações, porém sobre a discrepância de F1 conclui-se que houve erro de processamento. Dando continuidade às análises foi possível destacar e confirmar: a relação direta entre a adição de vidro com a ausência de brilho no engobe e o aumento do mesmo no esmalte. Observaram-se também que patologias como pin holes e gretagem, assim como impermeabilidade, confirmadas pelo teste Azul de Metileno, que são ocasionadas pelas mudanças nas formulações, porém controlados através de porcentagens adequadas.

Quando analisadas visualmente, as peças apresentaram alterações consideráveis de tonalidade. No entanto, nas peças em que foram realizados os testes, o engobe deixou transparecer a cor do biscoito. Constata-se então que para a inserção de vidro reciclado no processamento de engobe necessita de aperfeiçoamento.

Embora apresentem diferenças comparadas com a formulação padrão, as formulações que contêm a adição de vidro pode ser sim um material comerciável, desde que a adição da matéria-prima secundária não altere significativamente o produto final.



**Figura 2.** Amostras das formulações F1 e F3. Fonte: Autores (2017).

## Referências

- ANA VIDRO. **Quanto tempo o vidro leva para se decompor?** São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.anavidro.com.br/quanto-tempo-o-vidro-leva-para-se-decompor/>>. Acesso em: 09 mar. 2017.
- CALDAS, T. C. **Reciclagem de resíduos de vidro plano em cerâmica vermelha.** Universidade Estadual do norte fluminense Darcy Ribeiro. Campo dos Goytacazes, 2012.
- DAL BÓ, M.; SILVA, L.; OLIVEIRA, V. **Fabricação de Vetrosas com a Utilização de Resíduos de Vidro Plano e Vidro de Bulbo de Lâmpadas.** Revista Cerâmica Industrial, Florianópolis, 2009.
- EPPLER, R. **Análise de Defeitos Comuns em Vidrados Cerâmicos.** Revista Cerâmica Industrial, 2001.
- INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO. **Defeito: gretagem e trincas.** Universidade de São Paulo. Disponível em: <[http://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/arqtema/guiaceramica-completo/05/content/05030109\\_defeito\\_gretagem.htm](http://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/arqtema/guiaceramica-completo/05/content/05030109_defeito_gretagem.htm)> Acesso em: 01 maio 2017.
- JUNIOR, et al. **Panorama e Perspectivas da Indústria de Revestimentos Cerâmicos no Brasil.** Revista Cerâmica Industrial, 2010.
- MELCHIADES, F. G.; ROMACHELLI, J. C.; BOSCHI, A. O. **A Mancha d'água em Revestimentos Cerâmicos: Contribuição para o desenvolvimento de um método de medida.** Revista Cerâmica Industrial. São Carlos, 2000.
- \_\_\_\_\_. **A Mancha D'Água de Revestimentos Cerâmicos: Defeito ou Característica?** Revista Cerâmica Industrial. São Carlos, 2003.
- MOTTA, J. F.; JUNIOR, M. C.; TANNO, L. C. **Panorama das Matérias-Primas Utilizadas na Indústria de Revestimentos Cerâmicos: Desafios ao Setor Produtivo.** Revista Cerâmica Industrial, São Paulo, 1998.
- \_\_\_\_\_. et al. **As matérias-primas cerâmicas. Parte II: Os minerais industriais e as massas da cerâmica tradicional.** Revista Cerâmica Industrial, v. 7, n. 1, p. 33-40, jan/fev, 2002.
- PRACIDELLI, S. **Estudo dos Esmaltes Cerâmicos e Engobes.** Revista Cerâmica Industrial, São Caetano do Sul, jan/abr 2008.
- RHOD, A. B. **Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos: análise da frequência de ocorrência em áreas internas de edifícios em uso em Porto Alegre.** Trabalho de Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.
- SÁNCHEZ, E. **Matérias-Primas para a Fabricação de Fritas e Esmaltes Cerâmicos.** Revista Cerâmica Industrial, Castellón, maio/agosto 1997.
- SCHROEDER, R. M. **Materiais cerâmicos.** Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016
- SILVA, J. R. R. **Caracterização físico-química de massas cerâmicas e suas influências nas propriedades finais dos revestimentos cerâmicos.** 31 jan 2015. 70 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.
- WAGNER, G. P. **Desenvolvimento de um engobe cerâmico obtido através de resíduos de garrafas de vidro.** Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Ambiental e Sanitária. Centro Universitário Barriga Verde. Orleans, 2014.