

## Análise dos Resultados da Inclusão de Vidros Reciclados na Produção de Engobe Cerâmico: Vidro de Potes

Ana Elise Chuch<sup>a\*</sup>, Bruna Destro Jung<sup>a</sup>, Daniela Simiano<sup>a</sup>, Daniel Magagnin<sup>a</sup>, Helliton Silva Machado<sup>a</sup>, Micaella Borgert Miguel<sup>a</sup>

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

\*e-mail: [anaelisechuch@hotmail.com](mailto:anaelisechuch@hotmail.com)

### Resumo

O cenário atual para o sistema produtivo busca uma maior readequação dos materiais inutilizados e este estudo pretende analisar o comportamento do engobe quando incorporado à sua formulação algumas porcentagens de vidro de pote reciclado. O principal objetivo do estudo é explorar os resultados de análises realizadas, caracterizando cada formulação e verificando o comportamento apresentado por cada uma delas, abrindo um leque de novas oportunidades para pesquisas futuras que abordem o mesmo tema em questão. Os resultados obtidos se mostraram bastantes satisfatórios quando analisadas diversas variáveis como cor, impermeabilidade e densidade, indicando um possível uso do vidro de pote reciclado na incorporação da formulação dos engobes cerâmicos.

**Palavras-chave:** engobe cerâmico, vidro reciclado, produção cerâmica.

## 1. Introdução

A utilização de vidros reciclados no processo cerâmico não é uma prática comum em escala comercial, porém muito estudada por diversos pesquisadores da área. Com a utilização de vidros reciclados na produção de engobes os resultados se assemelham em muitos aspectos a aplicação da frita processada, porém se tornam inviáveis em outros.

Para tanto, se fez necessária a análise de alguns materiais já disponíveis sobre o tema, para que fosse possível dar continuidade às pesquisas já concluídas, não fugindo da realidade. Tal projeto é de considerável importância para que seja possível futuramente reaproveitar materiais que seriam rejeitados.

Desde o início do projeto foram realizados testes para a incorporação de vidro reciclado, proveniente da moagem de potes, na confecção de engobes cerâmicos. As análises dessas incorporações foram obtidas por meio de testes confiáveis e, através deste artigo, temos como principal objetivo explorar os resultados das mesmas, caracterizando cada formulação.

Compreender a composição das matérias-primas e produtos que foram utilizados na produção do engobe estudado é fundamental para que seja possível interpretar e analisar os resultados obtidos. As matérias-primas usadas foram aquelas básicas para a produção do engobe: frita cerâmica, defloculante, quartzo, argila e água. Foram adicionados percentuais de vidro de pote reciclado em cada formulação, tal vidro pode ser caracterizado como soda cal e borossilicato.

### 1.1. Placas cerâmicas

De acordo com Ginésetal (1996), as placas cerâmicas se classificam em pavimentos e revestimentos, de acordo com o modo que irão ser empregadas. Outro tipo de classificação dada é a de placas cerâmicas de queima

branca ou vermelha, de acordo com a cor apresentada após a queima.

Ginésetal (1996) conclui dizendo que as placas cerâmicas para revestimentos necessitam de uma grande estabilidade dimensional, apresentando pouca retração após a queima, causando uma alta porosidade, facilitando a colocação da peça. Tal característica pode ser conseguida com a introdução de carbonatos de cálcio e magnésio na composição.

### 1.2. Engobe, esmalte e suporte

Conforme Boraschi e Cunha (1996), a principal diferença entre um engobe e um esmalte, é a quantidade de fase líquida formada durante a queima. Os engobes apresentam um grau de vitrificação consideravelmente inferior ao dos esmaltes. De uma maneira genérica, pode-se dizer que os principais objetivos de se utilizar um engobe são: esconder a cor do corpo cerâmico e eliminar imperfeições da superfície.

De acordo com Amorósetal (1996) o gretamento e o empenamento, defeitos apresentados pela peça após a queima, são os defeitos mais importantes dos revestimentos cerâmicos provocados pela falta de acordo entre as expansões térmicas do vidrado e do suporte, podendo esse desacordo gerar ainda outros defeitos.

### 1.3. Vidros de potes

No que diz respeito aos vidros, sabe-se por meio de diversas literaturas já desenvolvidas, que quanto maior o percentual de sílica na composição do vidro, maior será sua resistência. Segundo Giacomini (entre 2008 e 2014), os vidros de soda-cal são os mais comuns encontrados no cotidiano, como em lâmpadas e recipientes, apresentando como principais características a resistência e a transparência.

#### 1.4. Fritas cerâmicas

Segundo Sanches (1997), fritas cerâmicas são materiais de natureza vítrea, preparadas por fusão, em elevadas temperaturas (em torno de 1500 °C), a partir de uma mistura de matérias primas de natureza cristalina. Estas, durante o processo de fabricação, são resfriadas instantaneamente com ar ou água, originando a frita propriamente dita.

A qualidade da frita cerâmica também pode ser primordial no aparecimento de bolhas ou alguns outros defeitos na peça cerâmica. As bolhas, quando pequenas não possuem importância significativa, mas quando elas chegam à superfície, podem se tornar um problema não somente estético.

#### 1.5. Defloculantes

A cerca dos defloculantes, Garcia et al. (2016), afirma que o defloculante é um aditivo que age auxiliando na dispersão da suspensão, fazendo com que seja usada a quantidade mínima de água possível nas misturas. Como existem diferentes tipos de defloculantes, é necessário saber definir o adequado para cada situação. O defloculante utilizado para esta pesquisa foi o tripolifosfato de sódio.

#### 1.6. Argila e quartzo

Argila é o nome dado para um sedimento formado de partículas muito pequenas, menor que quatro micrômetros de diâmetro. Tal sedimento pode ser formado por apenas um mineral argiloso ou uma mistura deles, todos, porém, são filossilicatos: silicatos que formam lâminas de baixa dureza e densidade também relativamente baixa. (BRANCO, 2014).

Diferente da argila, o quartzo possui um alto grau de dureza e é extremamente resistente. Ele é considerado um mineral extremamente abundante e se assemelha a pedaços de vidro, sua formação se dá a partir de um processo geológico bastante demorado, e é composto principalmente por dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>). Suas principais funções quando adicionada ao processo cerâmico são diminuir a plasticidade, aumentar a dilatação, reduzir a resistência a tração e ao choque térmico.

## 2. Procedimentos Metodológicos

No decorrer do projeto foram selecionadas para as composições matérias-primas comumente utilizadas na fabricação de engobes cerâmicos, e ainda definições prévias

que precisariam ser seguidas para o bom funcionamento do trabalho, como as formulações a serem desenvolvidas.

As determinações das quantidades do vidro utilizado se deram a partir de diversas leituras, onde se verificou que a utilização média da porcentagem de vidro era de 40%. Porém afim de analisar outra possibilidades, considerou-se a aplicação de 48% do vidro reciclado em uma das formulações, conforme apresentado na Tabela 1.

A partir das formulações criadas, iniciou-se o processo de criação dos engobes cerâmicos. A porcentagem estabelecida dos materiais visa apenas determinar uma pesquisa ampla, com possíveis resultados para divergentes quantidades do produto estudado. Entretanto, foram mantidas algumas constantes na quantificação: argila, quartzo, defloculante e água (30% em cada formulação).

Os materiais utilizados para todas as formulações foram cedidos pela empresa Torrecid do Brasil, com exceção dos vidros reciclados. Tais materiais são constantes e descritos na Tabela 2.

#### 2.1. Processamento das formulações

Para a formulação do engobe foram utilizados a sequência de procedimentos padrão de moagem em Moinho Periquito com capacidade para 1 litro, e abastecido com 500g de corpos de moagem, por 15 minutos na máquina Gira Moinhos, após, foram realizados testes de reologia para então ser aplicado em peças cerâmicas.

No decorrer dos ensaios, foram utilizados equipamentos para medições, preparos e testes, conforme apresentado na Tabela 3

#### 2.2. Aplicação

Após a produção e testes, o engobe foi aplicado nas peças cerâmicas. A Figura 1 mostra o engobe sendo aplicado, e a Figura 2 mostra as peças já prontas para serem sinterizadas.

#### 2.3. Métodos de caracterização

##### 2.3.1. Colorimetria

A leitura colorimétrica nas peças cerâmicas foi realizada com Espectrofotômetro “BYK GARDNER, (USA)” a fim de determinar a composição da coloração de cada peça.

Tabela 1. Formulações utilizadas.

	Formulação FP	Formulação 1	Formulação 2	Formulação 3
Componente	%	%	%	%
Frita Branca	58	43	18	10
Vidro reciclado	0	15	40	48
Argila	12	12	12	12
Quartzo	30	30	30	30
Defloculante	0,3	0,3	0,3	0,3
Total	100,3	100,03	100,3	100,3

Fonte: Autores (2017).

### 2.3.2. Reologia

Para o teste de densidade se fez necessária a utilização do Picnômetro, contendo 100 ml do engobe cerâmico formulado. Quando pesado, devia-se obter a relação desejada de densidade que tinha uma pequena variação (entre 1,76 g/cm<sup>3</sup> até 1,80 g/cm<sup>3</sup>).

O ensaio de fluidez foi desenvolvido, utilizando-se também, o aparelho Picnômetro contendo 100 ml do produto, analisando o tempo que cada fluido levava para cessar completamente o derramamento.

### 2.3.3. Impermeabilidade

O terceiro ensaio realizado foi o de impermeabilidade, sendo utilizado o método do azul de metileno.



Figura 1. Engobe sendo aplicado. Fonte: Autores (2017).

### 2.3.4. Análise de superfície

A análise de superfície do esmalte foi feita de forma visual, em uma área de 17,5 cm<sup>2</sup> para cada amostra, onde foi observado a presença de furos, bolhas e pinholes.

## 3. Resultados e Discussão

Para simplificar, será usado os termos FP, F1, F2 e F3 para Formulação Padrão, Formulação 1, Formulação 2 e Formulação 3, respectivamente.

O primeiro ensaio realizado foi o ensaio de fluidez conforme apresentado no Gráfico 1.

Tabela 2. Materiais utilizados.

Materiais
Frita branca
Argila
Quartzo
Defloculante
Vidro reciclado (tamanho de 5 mm)
Azul de metileno

Fonte: Autores (2017).

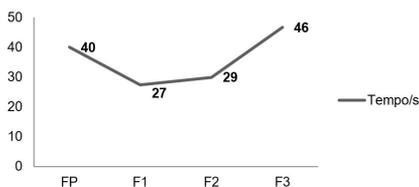
Tabela 3. Equipamentos.

Equipamentos
Balança de precisão
Binil 0,30 mm
Moinho periquito de 1L
500g de bolas de alta alumina com diâmetro de 13-23 mm
Espectrofotômetro
Viscosímetro copo Ford nº 4
Picnômetro
Máquina Gira Moinhos Thermoceram

Fonte: Autores (2017).



Figura 2. Peças cerâmicas com engobes. Fonte: Autores (2017).



**Gráfico 1.** Tempo de escoamento em segundos. Fonte: Autores (2017).

Percebe-se que o tempo de escoamento para todas as formulações é muito semelhante, e não ocorrem interferências entre a quantidade de vidro reciclado adicionado e o tempo de escoamento, logo, não há necessidade de utilizar maior quantidade de defloculante nas formulações.

Para o teste de densidade a variação dos resultados deve ser entre 1,76 g/cm<sup>3</sup> e 1,80 g/cm<sup>3</sup> conforme disposto na Tabela 4.

O resultado final foi obtido por meio de alterações das formulações FP e F1, que inicialmente não mostraram densidades adequadas.

Depois de concluídos os testes de densidade e fluidez as peças precisaram ser sinterizadas para a continuação dos ensaios. O terceiro ensaio realizado foi o de impermeabilidade, onde foi possível observar qual peça apresentou o engobe mais ou menos impermeável, conforme a Tabela 5.

Levando-se em consideração que o engobe mais impermeável seria o mais adequado para utilização em escala comercial podemos destacar a F1 como resultado mais adequado, sendo que F2 e F3 não apresentaram os resultados esperados.

A leitura colorimétrica apresentou valores diversos para o engobe e o esmalte, conforme mostra o Gráfico 2.

Em relação à análise do esmalte percebe-se pouca variação de cor entre as formulações, já, se for analisado o engobe, a formulação F2 apresenta uma coloração mais escura em relação às demais formulações, se tornando inviável devido à necessidade de outros materiais para correção da cor, sendo que quanto mais claro, melhor seria a cobertura gerada pelo esmalte posteriormente.

A composição de cores dos engobes é apresentada no Gráfico 3.

Com a análise podemos perceber que as formulações FP e F1 apresentam cores mais destacadas para verde e azul, enquanto que F2 e F3 possuem maior quantidade de vermelho e amarelo. Podemos classificar então, a F1 como formulação mais semelhante à FP, quando comparadas suas tonalidades.

A mesma análise foi realizada para o esmalte, conforme mostra o Gráfico 4.

Neste resultado pode ser observado que quando analisado a variação de composição para as cores vermelho e verde, todas as formulações apresentaram composições bastante semelhantes. Porém, se analisado as cores amarelo e azul, a formulação F3 apresentou uma quantidade de amarelo significativamente maior, sendo que as outras composições possuem maior quantidade de azul em sua tonalidade.

**Tabela 4.** Teste de densidade.

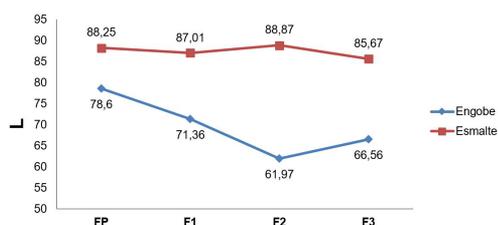
1º Teste	
Formulação	Densidade em g/cm <sup>3</sup>
FP	1,79
F1	1,79
F2	1,76
F3	1,79

Fonte: Autores (2017).

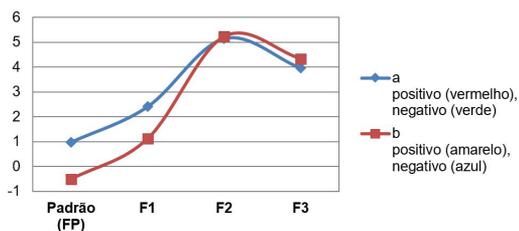
**Tabela 5.** Comparação de impermeabilidade entre os engobes criados.

Características do engobe	
Formulação	Impermeabilidade
FP	Sim
F1	Sim
F2	Não
F3	Não

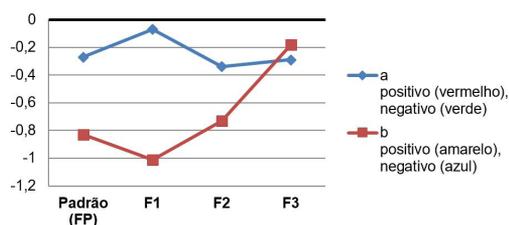
Fonte: Autores (2017).



**Gráfico 2.** Leitura colorimétrica para o engobe e esmalte. Fonte: Autores (2017).



**Gráfico 3.** Análise da composição de cores do engobe. Fonte: Autores (2017).



**Gráfico 4.** Análise da composição de cores do esmalte. Fonte: Autores (2017).

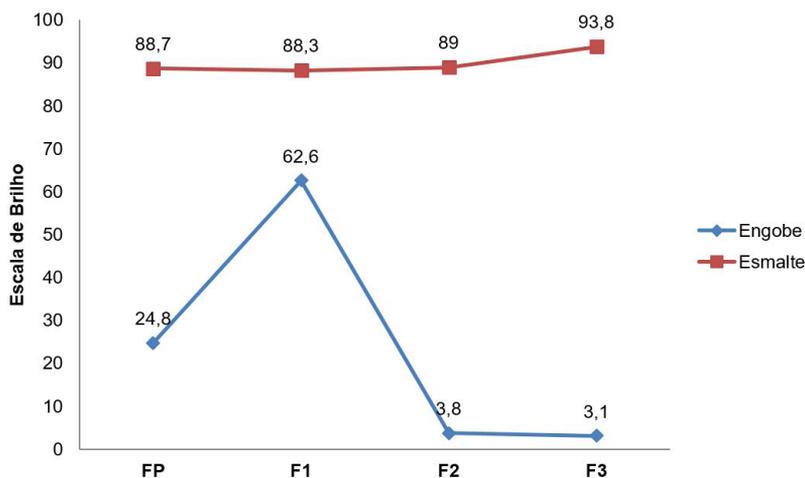


Gráfico 5. Análise de brilho do engobe e esmalte. Fonte: Autores (2017).

Tabela 6. Características do engobe e esmalte.

Formulação	ENGOBE					ESMALTE
	Impermeabilidade	Presença de Bolhas	Perda de Brilho	Ganho de Brilho	Gretagem	Presença de Pinholes
FP	X			X		
F1	X			X	X	
F2		X	X		X	X
F3		X	X		X	

Fonte: Autores (2017).

A análise de brilho do engobe e do esmalte é apresentada no Gráfico 5.

Tendo em vista que quanto maior a escala numérica, menor é o brilho, é possível perceber que quando analisado somente o esmalte, todos apresentaram um resultado bastante semelhante. Já quando é verificado somente o engobe, a formulação F1 apresenta um brilho muito menor quando comparado com as outras formulações.

Tal característica não pode ser considerada negativa, pois dependendo do destino final da peça ela deverá apresentar mais ou menos brilho.

De forma geral, cada engobe formulado possui características singulares, que por vezes se assemelham. As diferentes características e defeitos de cada engobe são apresentados a Tabela 6.

A F1 continha 15% de vidro de pote reciclado, e testada apresentou impermeabilidade, brilho e gretagem, quando comparada com a FP.

A F2 continha 40% de vidro de pote reciclado, a formulação apresentou bolhas, perda de brilho e gretagem, foi a única formulação a apresentar pinholes.

A F3 tinha em sua formulação 48% de vidro de pote, também apresentou bolhas, perda de brilho e gretagem. Houve um desprendimento do engobe e do esmalte, que segundo Melchiadeset tal (2001) pode ocorrer devido a formação de grande quantidade de gases que, durante a queima, acabam escapando do interior da formulação.

Para análise de furos foi utilizada uma área de 17,5 cm<sup>2</sup> para cada amostra, e esse resultado é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Análise de quantidade de furos.

Amostra	Quantidade de furos			
	FP	F1	F2	F3
1	1	2	0	5
2	0	0	2	14
3	0	0	1	
Média	0,33	0,67	1	9,5

Fonte: Autores (2017).

É possível perceber que das três amostras analisadas para cada formulação, a que apresentou menor média para presença de furos, quando comparada com a FP, foi a F1, apresentando presença de furos em apenas uma amostra. A formulação F3 foi a que teve maior incidência de furos em todas as amostras feitas.

#### 4. Considerações Finais

O cenário atual dos sistemas produtivos brasileiros vem sofrendo modificações bruscas nos últimos anos, mudanças que buscam aliar a boa qualidade do produto oferecido com uma maior economia na linha produtiva. Tal economia pode ser alcançada através de inúmeros fatores, como por exemplo, o reaproveitamento de materiais a serem utilizados como matéria prima. É neste elo entre a produção e a economia que o projeto se embasa, e mostra que é possível à adaptação dos materiais utilizados na produção de engobe cerâmico.

Os ensaios realizados mostraram que é possível a combinação entre porcentagens diferentes das usuais entre a frita cerâmica e o vidro reciclado estudado, proveniente de potes de alimentos inutilizados. Os resultados dos testes mostram que algumas características das formulações criadas são bastante semelhantes quando comparadas com a “formulação padrão”.

Todos os ensaios realizados mostram um resultado bastante satisfatório para a utilização deste tipo de vidro reciclado, apontando pontos bastante positivos como a não necessidade de adição de maiores quantidades de defloculante na composição do engobe e até mesmo uma não preocupação futura com impermeabilidades.

A porcentagem de vidro reciclado para as formulações testadas foram bastante divergentes, tendo em vista que se fazia necessário analisar o comportamento do engobe com quantidades diferentes do produto em teste. Para futuras aplicações em larga escala, são necessárias pesquisas com ênfase no desenvolvimento de soluções para os defeitos apresentados por algumas formulações apresentadas, como por exemplo: gretagem, pinholes e furos.

## Referências

- AMORÓS, J. L. Et al. **Acordo esmalte-suporte (I):** a falta de acordo como causa do empenamento. *Cerâmica industrial*, v. 1, n. 4/5, ago/dez. 1996. Acesso em: maio 2017.
- BOSCHI, Ortega, Anselmo. Et al. **Caracterização das principais argilas utilizadas em engobes para revestimentos cerâmicos.** *Cerâmica Industrial*, v. 10, n. 3, mai/jun. 2005. Acesso em: maio 2017.
- BRANCO, Pércio de Moraes. **Minerais Argilosos.** 2014. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Minerais-Argilosos-1255.html>>. Acesso em: maio 2017.
- EPPLER, Richard. **Análise de defeitos comuns em vidrados cerâmicos.** *Cerâmica Industrial*, v. 6, n. 4, jul/ago. 2001. Acesso em: maio 2017.
- FUNDAMENTOS de calorimetria. [S.I.: s.n.], 2017. Disponível em: <[http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0621484\\_09\\_cap\\_02.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0621484_09_cap_02.pdf)>. Acesso em: maio 2017.
- GIACOMINI, Eliana. **Material: o vidro.** 27p. Mestrado em Construções de Edifícios – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Portugal, [entre 2008 e 2014]. Acesso em: maio 2017.
- GINÉS, J. Et al. **Aspectos a serem melhorados nas características e homogeneidade de argilas vermelhas empregadas na fabricação de placas cerâmicas.** *Cerâmica industrial*, v. 1, n. 3, jul/ago. 1996. Acesso em: maio 2017.
- GUARNIERI, P. **Logística reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental.** Recife: Editora clube de autores, 2011. Acesso em: maio 2017.
- MELCHIADES, Fábio G. **Alternativas para Eliminar (ou Reduzir) os Furos no Esmalte Causados por Partículas de Calcário em Revestimentos Fabricados por Via Seca.** *Cerâmica Industrial*, v. 1, n. 6 (1), jan/fev. 2001. Acesso em: maio 2017.
- SÁNCHEZ, E. **Matérias primas para a fabricação de fritas e esmaltes cerâmicos.** *Cerâmica Industrial*, v. 2, n. (3/4), mai/ago. 1997. Acesso em: maio 2017.