

Vidrados Mates de Alta Temperatura com Elevada Resistência Química

Jorge Pérez^a, S. Reverter^a, E. Bou^b, A. Moreno^{b*}, M. J. Vicente^b, Antonio Barba^b

^aColor Esmalt (EUROARCE) de l'Alcora, Castellón, España

^bInstituto de Tecnología Cerámica – ITC,
Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas,
Universitat Jaume I de Castellón, España

*e-mail: moreno@itc.uji.es

Resumo: Existe atualmente no mercado uma grande variedade de vidrados mates, dentre os quais cabe destacar os de cálcio, pela generalidade de sua utilização. Estes tipos de esmaltes apresentam uma baixa resistência ao ataque químico, especialmente por ácidos. Dada a importância que consiste em dispor de vidrados com uma elevada resistência química para a fabricação de revestimentos, se tem planejado a realização deste estudo, com o objetivo de conseguir esmaltes que dêem lugar à vidrados mates e transparentes em processos com alta temperatura de queima, e que possuam um bom comportamento frente ao ataque químico. No presente trabalho são determinadas as causas da susceptibilidade do ataque por ácidos de um vidrado mate e transparente para grês porcelanato, obtido a partir de um esmalte composto por uma frita (com elevado conteúdo em CaO) e outras matérias-primas não vítreas. Foi possível comprovar que a principal causa da deterioração deste vidrado é a presença de anortita no mesmo, fase cristalina atacada em meio ácido. Dessa forma, foi modificada a composição do esmalte, tanto no que se refere à frita, como no que diz respeito à natureza das restantes matérias-primas utilizadas, obtendo-se finalmente um vidrado mate e transparente à partir de um esmalte composto por uma frita (com elevado conteúdo em MgO) e outras matérias-primas. Este vidrado possui uma elevada resistência química devido à presença da fase cristalina cordierita, que é uma fase de magnésio resistente ao ataque por ácidos.

Palavras-chave: vidrados mates e transparentes, frita de magnésio, resistência ao ataque químico.

1. Introdução

Atualmente, se encontra generalizado o uso dos vidrados mates de cálcio quando comparado ao uso de outros vidrados mates, como por exemplo, os de bário ou zinco. São várias as razões que justificam este fato, dentre as quais cabe destacar: o menor preço, a possibilidade de obter vidrados mates com uma transparência alta, comparado com os vidrados mates de zinco, e a utilização de matérias-primas não tóxicas para sua obtenção, quando se comparam com os vidrados mates de bário.

Nos processos em que se utilizam elevadas temperaturas de queima, como é o caso das fabricação de grês porcelanato esmaltado, é possível obter vidrados mates que apresentem uma alta transparência, empregando fritas com alto conteúdo em cálcio e outras matérias-primas, como os feldspatos e a nefelina. Entretanto, estes vidrados têm tendência a apresentar uma baixa resistência quando os revestimentos cerâmicos são utilizados em ambientes agressivos.

Uma das alternativas que se considera no presente trabalho é a obtenção de vidrados mates de magnésio, ou seja, vidrados nos quais o efeito mate possa ser originado por fases cristalinas que contenham óxido de magnésio. A maior parte dos estudos realizados sobre esmaltes com alto conteúdo em óxido de magnésio se baseiam no sistema de óxidos $\text{SiO}_2\text{-MgO-CaO}^{1-3}$, $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-CaO}^{4,5}$ ou similares a este último⁶, sendo o objetivo de alguns deles, obter vidrados brancos e opacos que possam substituir os vidrados brancos de zircônio^{1-3,5}.

Levando em conta o diagrama de fases correspondente ao sistema de óxidos $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}^7$, dentre as possíveis fases cristalinas que contêm óxido de magnésio (Protoens tatita: MgO.SiO_2 , Forsterita: 2MgO.SiO_2 , Espinélio: $\text{MgO.Al}_2\text{O}_3$, Cordierita: $2\text{MgO}.5\text{Al}_2\text{O}_3.2\text{SiO}_2$ e Safirina: $4\text{MgO}.5\text{Al}_2\text{O}_3.2\text{SiO}_2$), existe uma que, a princípio, poderia

dar lugar à vidrados mates e com uma alta transparência. Esta fase cristalina é a cordierita, a qual, devido o baixo índice de refração apresentado (1,53-1,57)⁸, é susceptível a dar lugar a vidrados transparentes. Existem alguns estudos sobre a viabilidade de obtenção de vidrados com devitrificações de cordierita em sistemas $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}^{9,10}$ e $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-CaO}^8$, nos quais se considera que a obtenção desta fase cristalina é viável e, devido às suas características, pode conferir boas propriedades aos vidrados resultantes.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é melhorar a resistência química de um vidrado mate e transparente para grês porcelanato, mediante o desenvolvimento de composições de esmalte preparadas a partir de fritas com alto conteúdo em óxido de magnésio. O esmalte mate de partida, denominado S, é composto por uma frita do sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-CaO-MgO}$ e outras matérias-primas cristalinas, sendo sua composição (% em peso): 56,2 SiO_2 -20,7 Al_2O_3 -13,7 RO -9,4 R_2O .

3. Experimental

As diferentes fritas ensaiadas foram obtidas mediante fusão das matérias-primas em forno elétrico, a uma temperatura máxima de 1600 °C, utilizando um patamar de 30 minutos nesta temperatura. As fritas foram obtidas vertendo o fundido sobre a água em temperatura ambiente. Os esmaltes foram preparados a partir das fritas e outras matérias-primas cristalinas, mediante moagem por via úmida, empregando os aditivos necessários (ligante e defloculante) para poder permitir sua correta aplicação.

Os esmaltes foram aplicados sobre o suporte cru de grês porcelanato, e as peças esmaltadas foram queimadas em forno elétrico de laboratório a uma temperatura máxima de 1180 °C. As coordenadas cromáticas das peças esmaltadas e queimadas foram determinadas mediante um espectrofotômetro, empregando um iluminante C e o observador padrão a 2°. O brilho foi determinado mediante um reflectômetro, com um ângulo de incidência de 60°. A transparência dos vidrados foi quantificada mediante o cálculo do parâmetro TP, sendo definido como o cociente entre a reflectância do suporte e a reflectância da peça esmaltada, ambos queimados a 1180 °C. Quanto mais se aproxima este cociente da unidade, mais similar será a cor da peça acabada à cor do suporte e, portanto, mais transparente será o esmalte.

A determinação da resistência química das peças vidradas se realizou segundo a norma UNE-EM ISSO 10545-13. O tempo de ensaio foi de quatro dias, e os reagentes utilizados foram os seguintes ácidos e bases fortes: ácido clorídrico (18% v.v⁻¹), ácido láctico (5% v.v⁻¹) e hidróxido de potássio (100 g.L⁻¹). A classificação do ataque foi realizada segundo o método descrito na norma mencionada. Além disso, a superfície das peças submetidas ao ataque foi observada mediante microscópio eletrônico de varredura (MEV).

A caracterização microestrutural dos vidrados se realizou mediante a observação da superfície e da secção transversal dos mesmos com um microscópio eletrônico de varredura (MEV), contendo um sistema de microanálise por dispersão de raios X (EDX). As estruturas cristalinas presentes nos vidrados foram identificadas por difração de raios X, e para isto foram preparados corpos de prova do esmalte sendo queimados à temperatura de 1180 °C, empregando o mesmo ciclo térmico que o utilizado para a obtenção das peças esmaltadas.

4. Características do Esmalte Mate S de Partida

Na Tabela 1 pode ser encontrada a cor e o brilho das peças, obtidas a partir do esmalte S. De uma maneira comparativa é indicada também a cor do suporte de grês porcelanato queimado na mesma temperatura (1180 °C), a parti da qual foi calculado o valor da transparência (TP).

Mediante difração de raios X foram identificadas as seguintes fases cristalinas no vidrado obtido a 1180 °C: Anortita (An: CaAl₂Si₂O₈) e Diopsídio (D: CaMgSi₂O₆); além disso, como fase minoritária foi identificada a Forsterita (F: Mg₂SiO₄). Na Figura 1 é apresentado o difratograma obtido para o vidrado, no qual se pode comprovar

Tabela 1. Coordenadas cromáticas e brilho das peças de grês porcelanato queimadas a 1180 °C.

Referência	L*	a*	b*	Brilho 60°	TP
Suporte	75,31	1,86	13,90	-	-
Esmalte S	82,56	1,10	6,09	9	0,77

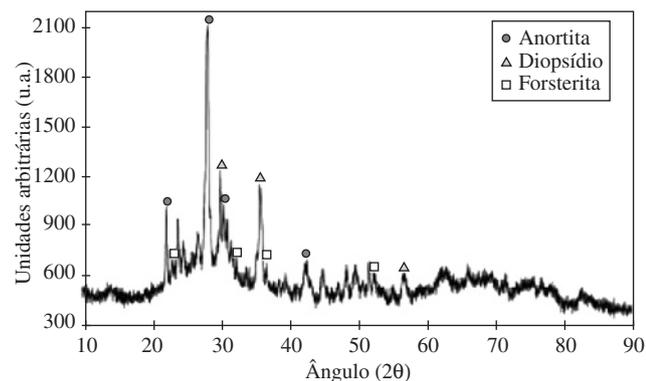


Figura 1. Difratograma do esmalte S. 1180 °C.

que a amostra é composta por fase vítrea e três fases cristalinas, indicadas anteriormente, sendo a anortita a fase cristalina presente em maior proporção.

Na Figura 2 pode ser observada a micrografia obtida por MEV, correspondente à superfície do vidrado. Através dela é possível comprovar a existência de fase vítrea (V) e de duas fases cristalinas, anortita (An) e diopsídio (D), sendo a primeira a fase cristalina majoritária. A anortita se caracteriza por ser uma fase cristalina que apresenta um baixo índice de refração (1,58)⁸, e, portanto, não confere uma elevada opacidade aos vidrados que a contém.

As Figuras 3 e 4 evidenciam o corte transversal do vidrado, onde se pode observar regiões de tonalidade mais claras, que correspondem às regiões onde foi produzida a devitrificação. Estas regiões podem

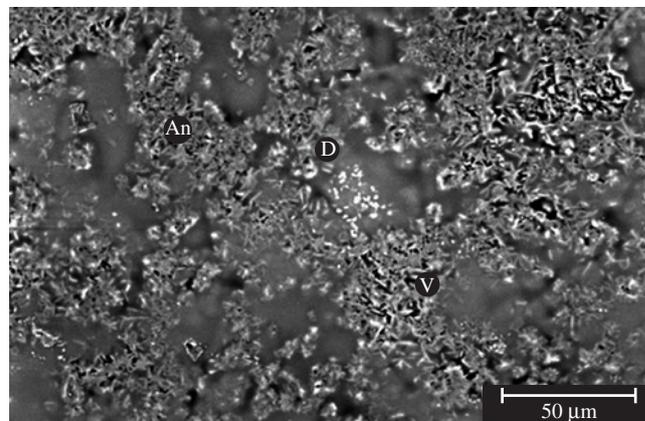


Figura 2. Superfície da peça obtida com o esmalte S. 1180 °C.

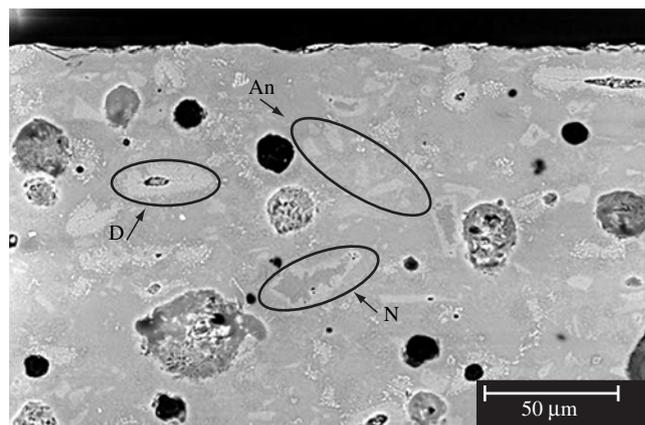


Figura 3. Secção transversal do vidrado S. 1180 °C.

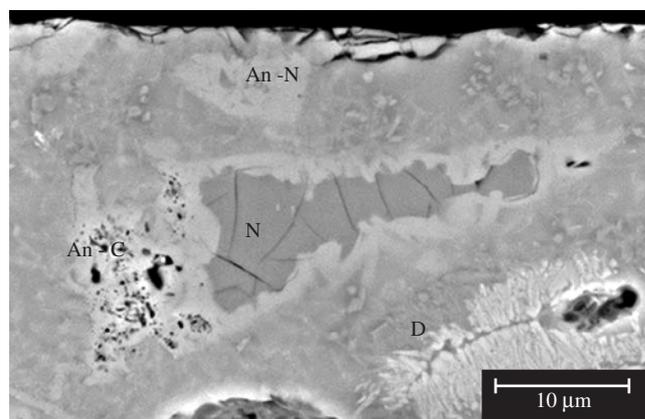


Figura 4. Secção transversal do vidrado S. 1180 °C.

ser classificadas segundo seu aspecto, sendo divididas em dois tipos: as indicadas na Figura 3 como An correspondem a anortita, enquanto que as indicadas nesta figura como D correspondem a diopsídio.

Na Figura 3 também podem ser observadas algumas regiões de tonalidade mais escuras cuja análise indica que se trata de partículas de nefelina (N), matéria-prima utilizada na preparação do esmalte, que apresentam em sua superfície uma “casca”, identificada pela análise como anortita. Isto mostra que as regiões correspondentes à anortita possivelmente são originadas pela reação da nefelina com o CaO presente na fase vítrea. Na Figura 4 pode-se notar com maior detalhe as partículas de nefelina que reagiram parcialmente (N), apresentando uma casca de anortita, e partículas de nefelina que reagiram totalmente (An-N), cuja análise indica que se trata de anortita, assim como, partículas de caulim que reagiram também com a fase vítrea para dar lugar à anortita (An-C). Além disso, na Figura 4 podem ser notadas algumas regiões mais claras onde foi produzida a devitrificação de diopsídio (D).

Na Tabela 2 estão presentes os resultados obtidos ao submeter o vidro ao ensaio de determinação da resistência química perante ácidos e bases com elevadas concentrações. Segundo a classificação, a principal deterioração acontece quando se submete o vidro ao ataque ácido.

As regiões submetidas ao ataque foram observadas superficialmente utilizando o microscópio eletrônico de varredura, conforme pode ser visto nas micrografias presentes nas Figuras 5, 6 e 7. Nestas micrografias pode-se comprovar que o ataque por ácidos produz a eliminação de anortita, principalmente nas regiões onde a mesma havia sido formada por reação com as partículas de nefelina (An-N). Este ataque é causado principalmente pelo ácido clorídrico.

5. Desenvolvimento de Novas Composições de Fritas

O objetivo desta parte do trabalho foi obter composições de fritas que dessem lugar a vidrados nos quais devitrificassem espécies que continham Mg em sua composição. Como já foi dito na introdução, no sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$, a espécie cristalina com menor índice de refração que pode devitrificar é a cordierita, dessa forma, foram testadas diferentes composições de fritas com o objetivo de obter esmaltes em que esta fase possa devitrificar.

Tabela 2. Resistência química do vidro S.

Reagentes	Classificação segundo a norma
Ácido clorídrico 18%	GHB
Ácido láctico 5%	GHB
Hidróxido de potássio 100 g.L ⁻¹	GHA

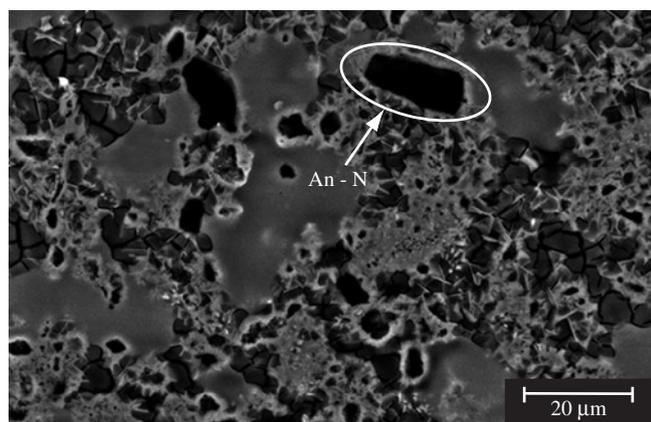


Figura 5. Superfície do vidro S atacada com ácido clorídrico.

5.1. Variação da relação MgO / RO

Foram obtidas duas composições de fritas (M e M1), variando unicamente a relação MgO / RO, em peso, e mantendo constante a proporção dos diferentes óxidos que compõem o esmalte tomado como referência. No esmalte de referência S a relação MgO / RO foi de 0,37, enquanto que nas fritas M e M1 a relação foi de 1,0 e 0,63, respectivamente. Na Tabela 3 pode ser encontrado um resumo dos resultados obtidos, onde são indicados os valores das coordenadas cromáticas, o brilho, a transparência e as fases cristalinas presentes nos vidrados obtidos a partir das fritas na temperatura de trabalho, 1180 °C, podendo ser comparados com os obtidos para o esmalte de referência.

Através destes resultados pode-se concluir que a presença de óxido de cálcio na composição favorece a formação de anortita, e que o aumento progressivo da quantidade de óxido de magnésio produz o aparecimento de fases cristalinas que contêm Mg. Entretanto, na composição com uma elevada porcentagem de magnésio (M), a proporção de fases cristalinas presentes é muito baixa, dando lugar a vidrados brilhantes.

5.2. Variação da relação Al₂O₃ / MgO

Dado que a cordierita é uma fase que contém Al₂O₃ em sua composição, com o objetivo de favorecer sua formação, foi aumentada a relação Al₂O₃ / MgO na composição da frita na qual não era observada a devitrificação de anortita (composição M), testando-se assim a composição da frita AM, indicada na Tabela 4.

O aumento do conteúdo de alumina favorece a formação de espécies que contêm Al e Mg (espinélio e cordierita), entretanto, a formação de espinélio é mais favorecida do que a formação de

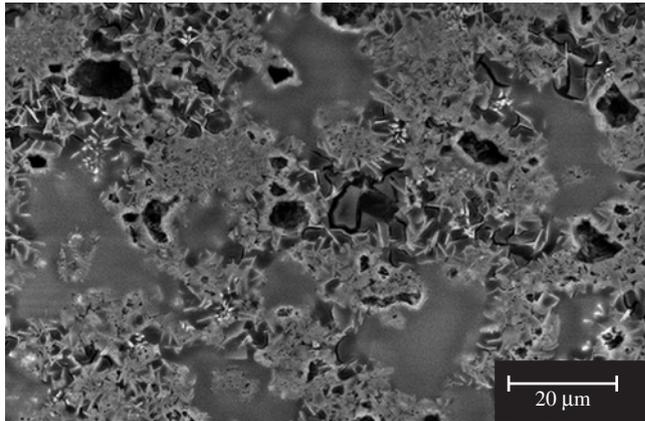


Figura 6. Superfície do vidro S atacada com ácido láctico.

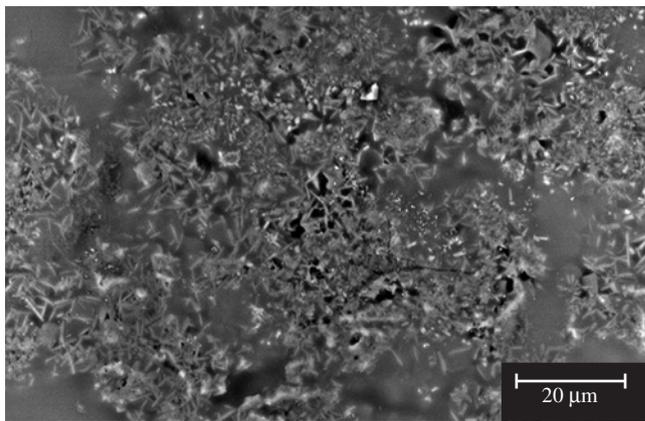


Figura 7. Superfície do vidro S atacada com hidróxido de potássio.

codierita, dando lugar a vidrados menos transparentes, possivelmente devido ao fato de que a fase espinélio apresenta um índice de refração maior (1,72)⁸. Devido a este fato, e tendo em conta que, segundo a literatura^{5,11}, a formação de cordierita depende do tipo de óxido fundente utilizado, modificou-se esta variável na composição da frita AM.

5.3. Variação do tipo de fundente (R_2O , B_2O_3)

A composição AM apresentava como fundentes principais o Na_2O e o K_2O . Foi modificada a proporção destes óxidos e ainda

Tabela 3. Resultados da caracterização dos esmaltes obtidos a partir das diferentes fritas ensaiadas.

	Esmaltes	M	M1
MgO / RO	0,37	1,00	0,63
L*	85,60	85,50	84,40
a*	1,10	0,50	0,41
b*	6,09	3,34	4,10
TP	0,77	0,70	0,72
Brilho 60°	9	95	1
Fases cristalinas	Anortita Diopsídio Forsterita ^M	Forsterita ^M : Piropo ^M :	Anortita: Forsterita ^M

Anortita: $CaAl_2SiO_4$, Diopsídio: $CaMgSi_2O_6$, Forsterita^M: Mg_2SiO_4 , Piropo^M: $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$.

^M: Fase minoritária.

Tabela 4. Resultados da caracterização dos esmaltes obtidos a partir das fritas ensaiadas.

	M	AM
Al_2O_3 / MgO	1,50	2,40
L*	85,50	87,50
a*	0,50	0,21
b*	3,34	1,68
TP	0,70	0,66
Brilho 60°	95	21
Fases cristalinas	Forsterita ^M Piropo ^M	Forsterita Espinélio Cordierita ^M

Cordierita: $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$, Espinélio: $MgAl_2O_4$, Forsterita: Mg_2SiO_4 , Piropo: $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$.

^M: Fase minoritária.

Tabela 5. Resultados da caracterização dos esmaltes obtidos a partir das diferentes fritas ensaiadas.

	AM	AML	AMB	AMN	AMK
B_2O_3 , R_2O	$R_2O = 9,5\%$	$Li_2O = 5,6\%$	$B_2O_3 = 9,5\%$	$Na_2O = 9,5\%$	$K_2O = 9,5\%$
L*	87,50	87,50	83,80	87,90	87,50
a*	0,21	-0,24	0,31	-0,01	0,41
b*	1,68	1,40	5,08	1,81	0,88
TP	0,66	0,66	0,74	0,65	0,66
Brilho 60°	21	17	24	23	18
Fases cristalinas	Forsterita Espinélio Cordierita ^M	Espodumeno Espinélio ^M Cordierita ^M	Cordierita Mulita Silicato de magnésio ^M	Espinélio Forsterita ^M Cordierita ^M	Espinélio Cordierita Mulita Forsterita ^M Leucita ^M

Cordierita: $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$, Espinélio: $MgAl_2O_4$, Espodumeno: $LiAlSi_2O_6$, Forsterita: Mg_2SiO_4 , Mulita: $Al_6Si_3O_{15}$, Silicato de magnésio: $MgSiO_3$, Leucita: $K(AlSi_2O_6)$.

^M: Fase minoritária.

utilizados outros fundentes como o Li_2O e o B_2O_3 , testando assim as composições indicadas na Tabela 5, na qual também são encontrados os resultados da caracterização dos esmaltes preparados a partir das mesmas a 1180 °C.

Na Figura 8 estão presentes os difratogramas obtidos para os diferentes esmaltes, nos quais foram indicados os picos correspondentes às fases cristalinas majoritárias. Através destes resultados pode-se concluir que a formação de cordierita a partir desta frita é favorecida quando se usa como elemento fundente o óxido de boro, dando lugar a esmaltes com uma transparência superior. A utilização de óxidos alcalinos como fundentes favorece a formação de espinélio e forsterita, espécies que por apresentar maior índice de refração dão lugar a esmaltes com uma menor transparência.

O único problema detectado no esmalte obtido a partir da frita AMB é que, devido à elevada proporção de óxido de boro, aparecem furos na superfície do vidro obtido a 1180 °C.

6. Esmaltes Obtidos a Partir de Nova Composição da Frita (AMB)

Com o objetivo de obter esmaltes, a partir da composição da frita AMB, com características adequadas e carentes de defeitos quando se submetem à queima a 1180 °C, foi realizada a preparação de esmaltes mediante o uso desta frita e de outras matérias-primas: nefelina e espodumeno. Em primeiro lugar foi testada a adição de 10% em peso destas matérias-primas, separadamente, à frita AMB.

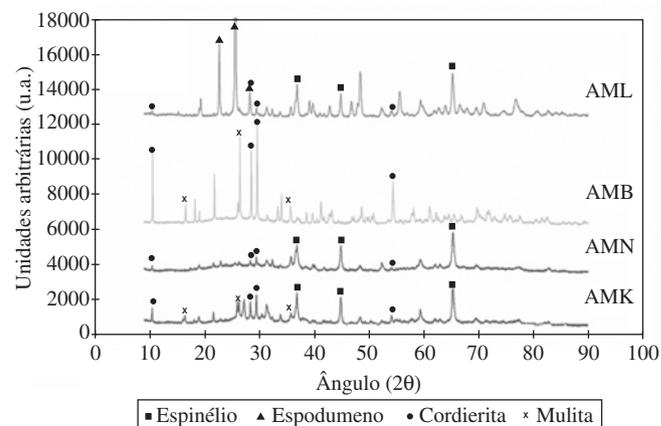


Figura 8. Difratogramas dos esmaltes obtidos a partir das fritas preparadas com diferentes tipos de fundentes.

Na Tabela 6 estão presentes os resultados da caracterização. Como pode ser observado, a utilização de nefelina dá lugar a vidrados pouco transparentes, possivelmente devido ao aparecimento da safirina, que é uma fase cristalina que apresenta um índice de refração alto (1,70-1,73), comparado com o índice de refração das outras fases. O uso de espodumeno favorece a formação da cordierita, como pode ser visto no difratograma correspondente (Figura 9), dando lugar a um vidro mate e com uma transparência alta. Todavia, devido ao fato que a cordierita se caracteriza por apresentar um baixo coeficiente de dilatação, o esmalte obtido tem tendência a apresentar lascamentos na borda da peça produzida em laboratório.

Dado que o esmalte AMB-E é o que apresentou uma maior transparência, foi realizada uma otimização da composição mediante a realização de um planejamento de experimentos. Neste planejamento foram tomadas como variáveis as matérias-primas utilizadas na preparação do esmalte (frita, espodumeno e caulim) e se otimizou a transparência, a matização e o acoplamento esmalte-suporte. Através do resultado do planejamento se obteve uma composição de esmalte, denominada AMB-E*, com as características indicadas na Tabela 7, onde é possível notar que esta composição originou a um vidro mate e transparente, sendo a cordierita a fase cristalina causadora do aspecto mate, como pode ser visto no difratograma presente na Figura 10.

Na Figura 11 encontra-se a imagem da superfície do vidro, onde é possível notar a existência de uma grande quantidade de cristais de tamanho considerável dispersos na fase vítrea (V). Através da observação da seção transversal destes vidrados (Figuras 12 e 13) nota-se que os mesmos são compostos por fase vítrea e fases cristali-

Tabela 6. Resultados da caracterização dos esmaltes obtidos a partir da frita AMB e outras matérias-primas cristalinas.

	AMB-N	AMB-E
Matéria-prima	Nefelina	Espodumeno
L*	88,0	81,1
a*	0,08	0,52
b*	1,87	6,82
TP	0,65	0,81
Brilho 60°	9	4
Fases cristalinas	Cordierita Safirina Mulita	Cordierita Mulita Akermanita ^M

Akermanita: $\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{Si}_2\text{O}_7)$, Cordierita: $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_3\text{O}_{18}$, Mulita: $\text{Al}_6\text{Si}_3\text{O}_{15}$, Safirina: $(\text{Mg},\text{Al})_8(\text{Al},\text{Si})_6\text{O}_{20}$.
^M: Fase minoritária.

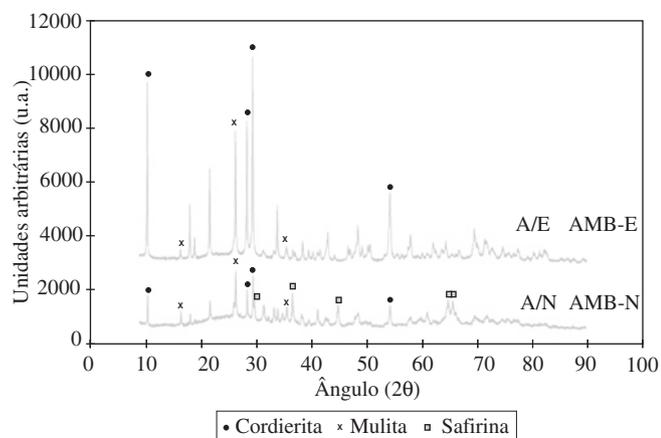


Figura 9. Difratogramas dos esmaltes preparados utilizando como matérias-primas a frita AMB e nefelina ou espodumeno.

nas de dois tipos: cordierita (cristais de maior tamanho, identificados como C) e mulita (cristais de menor tamanho, identificados como M), ambos indicados na Figura 13.

Os resultados da determinação da resistência química frente aos ácidos e as bases de elevada concentração (Tabela 8), indicam que o vidro não sofre uma deterioração apreciável com nenhum dos agentes testados.

Nas Figuras 14, 15 e 16 são mostradas as micrografias da superfície dos corpos de prova submetidos ao ataque. Nestas figuras podem ser observados os pequenos danos causados pelo ataque, uma vez que, unicamente parece existir uma ligeira dissolução da fase vítrea, não sendo atacados os cristais de cordierita por nenhum dos agentes utilizados no teste.

Tabela 7. Resultados da caracterização da composição de esmalte otimizada.

	AMB-E*
L*	82,11
a*	0,64
b*	4,07
TP	0,81
Brilho 60°	4
Fases cristalinas	Cordierita Mulita Espodumeno Akermanita ^M

Cordierita: $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_3\text{O}_{18}$, Mulita: $\text{Al}_6\text{Si}_3\text{O}_{15}$, Espodumeno: $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$, Akermanita^M: $\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{Si}_2\text{O}_7)$.
^M: Fase minoritária.

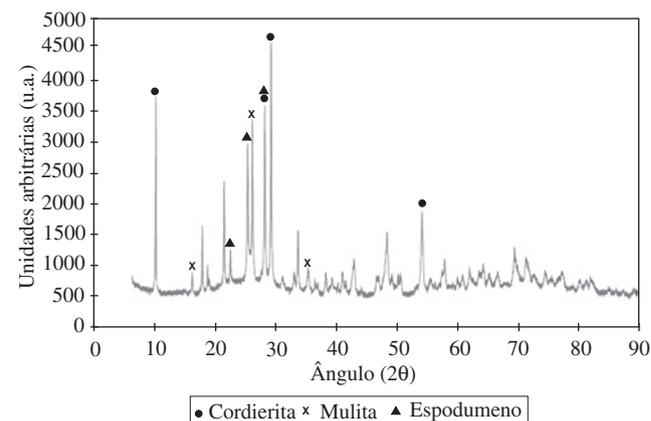


Figura 10. Difratograma do esmalte AMB-E*. 1180 °C.

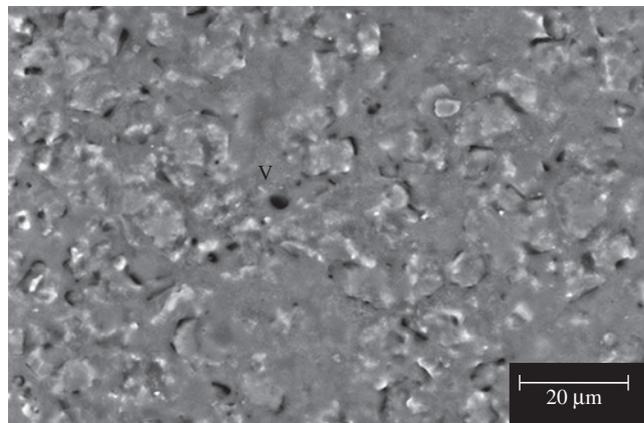


Figura 11. Superfície da peça obtida com o esmalte AMB-E*.

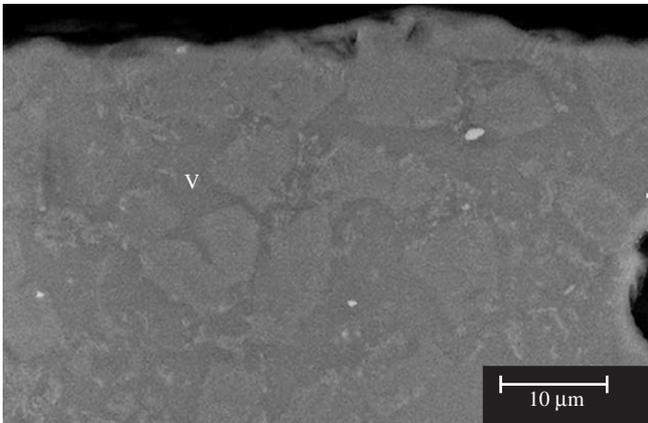


Figura 12. Seção transversal do vidrado AMB-E*.

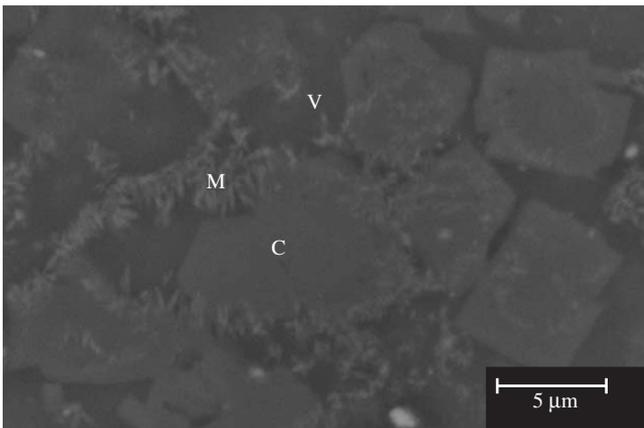


Figura 13. Seção transversal do vidrado AMB-E*.

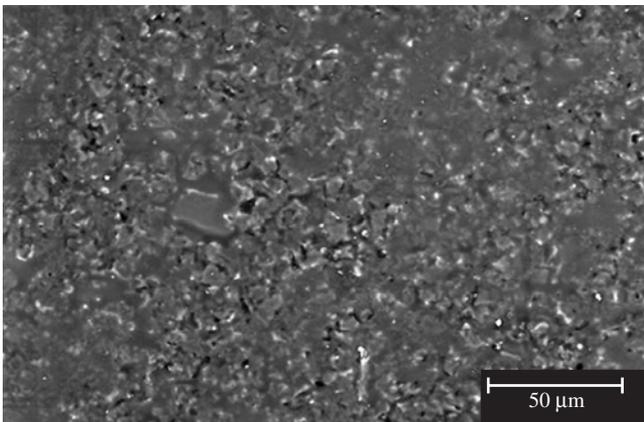


Figura 14. Superfície da peça AMB-E* atacada com ácido clorídrico.

Tabela 8. Resistência química do vidrado AMB-E*.

Reagentes	Classificação segundo a norma
Ácido clorídrico 18%	GHA
Ácido láctico 5%	GHA
Hidróxido de potássio 100 g.L ⁻¹	GHA

Como já havia sido mencionado anteriormente, a cordierita é uma fase que se caracteriza por apresentar um baixo coeficiente de dilatação, e os vidrados com elevada proporção desta fase, como é o caso do AMB-E*, podem apresentar tendência a manifestar problemas

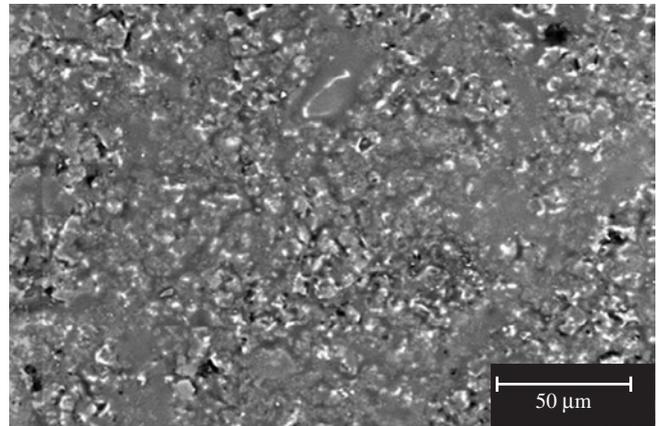


Figura 15. Superfície da peça AMB-E* atacada com ácido láctico.

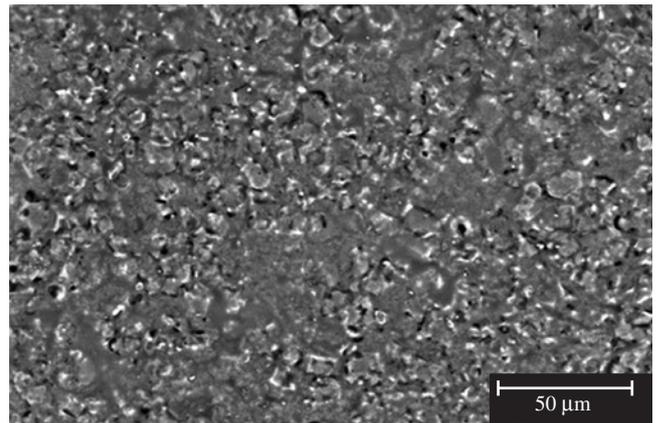


Figura 16. Superfície da peça AMB-E* atacada com hidróxido de potássio.

de lascamento. Contudo, o vidrado obtido neste trabalho apresenta um adequado acoplamento esmalte-suporte, permitindo a obtenção de peças com ausência deste defeito.

7. Conclusões

O aspecto mate e transparente observado no esmalte cálcio de partida está relacionado à presença de anortita, fase cristalina que se forma durante a queima devido à reação dos diferentes componentes do esmalte. A presença de anortita na superfície do vidrado é a principal causa da deterioração que este vidrado sofre quando é submetido ao ensaio normalizado de resistência química utilizando ácidos fortes.

Foi obtido um esmalte mate e transparente com uma resistência química melhorada, a partir de uma frita com um alto conteúdo em óxido de magnésio. O aspecto deste esmalte é determinado pela presença da fase cristalina cordierita, que por seu baixo índice de refração e elevado tamanho dos cristais, resulta num esmalte com uma transparência elevada.

A formação de cordierita a partir de uma frita com a composição adequada (alto conteúdo em alumina e óxido de magnésio, e ausência de óxido de cálcio), é favorecida quando se utiliza como óxido fundente o óxido bórico. Deste modo, a utilização de epodumeno no lugar da nefelina como matéria-prima do esmalte, favorece também a formação de cordierita no vidrado.

Referências

1. Escardino, A. et al. Study of crystalline-phase formation in firing glazes based on the system SiO₂-CaO-MgO. In: **Fourth Euro-Ceramics**. Faenza: Faenza Editrice, v. 13, p. 151-162, 1995.

- Baldi, G. et al. Effects of nucleating agents on diopside crystallization in new glass-ceramics for tile application. **Journal of Materials Science**, v. 30, p. 3251-3255, 1995.
- Leonelli, C. et al. Sistema vitroceramici come componenti di nuovi smalti per piastrelle. **Ceramiche Informazione**, v. 333, p. 729-735, 1993.
- Tichell, M. T. et al. Esmaltes vitrocerámicos con cristalizaciones de aluminatos y silicoaluminatos, adaptando a soportes de gres porcelánico. In: Qualicer 2000: VI Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico II. Castellón. **Proceedings...**, 2000. p. 465-473.
- Torres, F.J.; Alarcón, J. Effect of additives on the crystallization of cordierite-based glass-ceramics as glazes for floor tiles. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 23, n. 6, p. 817-826, 2003.
- Nebot, I. Development of opacities materials for glazes ceramics. In: Euroceramics V: Part II. Sessions 1B, 2A, 2B, 4. Uetikon-Zurich: Trans Tech Publications, 1997. (Key engineering materials, 132-136), p. 964-967.
- Levin, E. M. et al. Phase diagrams for ceramists. **Columbus: The American Ceramic Society**, v. 1, fig. 712, 1964 (1985 imp.).
- Hurlbut, C. S.; Klein, C. **Manual de mineralogía de Dana**. 3. ed. Barcelona: Reverté, 1985.
- Barbieri, L.; Leonelli, C.; Manfredini, T. Technological and product requirements for fast firing glass-ceramic glazes. **Ceramic Engineering and Science Proceedings**, v. 17 (1), p. 11-22, 1996.
- Ferrari, A. M. et al. Feasibility of using cordierite glass-ceramics as tile glazes. **Journal of the American Ceramic Society**, v. 80, n. 7, p. 1757-1767, 1997.
- Gören, R.; Mergen, A.; Ceylantekin, R. Preparation of cordierite ceramics from talc with boron oxide addition. In: Mandal, H.; Överçoğlu, L. (eds.) **Euroceramics VIII**. Uetikon-Zurich: TransTechEn: ÖVERÇOĞLU, L. (Euroceramics VIII. Trans Tech Publications, p. 301-304, 2004.



FEITEC BRASIL

FEIRA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA E EQUIPAMENTOS CERÂMICOS

Horário
14h às 21h

Local
ASPACER
Santa Gertrudes - SP

Informações
19 3545.1145

DE 26 A 29 DE JUNHO

www.feitecbrasil.com

EXPOSIÇÕES



2007

Acesso apenas com convite

Realização / Organização



Patrocinadores Oficiais



Patrocinadores



Apoio



Agência oficial



Promoção / Comercialização

