

Estudo do Fenômeno de Metamerismo em Revestimentos Cerâmicos

Alfredo Maccari Neto^{a,b}, André Ferro^a, Carlos Pérez Bergmann^{b*}

^aEliane Revestimentos Cerâmicos S/A, Unidade Porcellanato,
Rod. Luiz Rosso km 4, 88803-470 Criciúma - SC, Brasil

^bUniversidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS,
Av. Paulo Gama 110, 90040-060 Porto Alegre - RS, Brasil

*e-mail: bergmann@ufrgs.br

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo sobre a interferência de algumas variáveis que estão comumente presentes em revestimentos cerâmicos sobre o fenômeno metamérico. Para tanto, avaliou-se o efeito da variação de iluminante, correlacionado com as seguintes características referentes ao esmalte utilizado no revestimento cerâmico: i) tipologia de esmalte; ii) base, engobe esmaltes; iii) variação de camada; iv) utilização de quartzo, caulim e zirconita; v) variação de corantes. Os resultados mostraram que esmaltes, como o branco-brilhante, se destacam no aparecimento da característica metamérica, tanto maior quanto mais espessa a camada. Já, quando se aumenta a camada do mate, este fenômeno ameniza. A zirconita, por ser um opacificante, ameniza a reflexão da luz, gerando uma diminuição do metamerismo. O quartzo promove o metamerismo, já que influencia no aparecimento do brilho. A adição de corantes nos esmaltes é um fator que na maioria das vezes aumenta a característica metamérica, salvo corantes escuros que possuem uma reflectância baixa.

Palavra-chave: esmalte, metamerismo, iluminante.

1. Introdução

Um dos grandes atrativos dos produtos cerâmicos, sem dúvida, é a ampla possibilidade de cores e efeitos decorativos que podem ser desenvolvidos e que não sofrem deterioração com o tempo. Isto faz com que o produto, além da característica funcional, tenha a função decorativa cada vez mais em destaque.

Normalmente, a avaliação da tonalidade dos revestimentos cerâmicos é feita através de um local adequado com um iluminante (fonte de luz), padronizado pela empresa, ou propriamente com a utilização de colorímetros ou espectrofotômetros, sendo que estes normalmente também possuem a padronização de um iluminante para a avaliação da tonalidade dos produtos.

Esta padronização pode ser um erro crucial para as empresas no quesito de variação de tonalidade, pois os revestimentos fabricados por essas indústrias podem estar sobre um efeito metamérico, ou metamerismo, que nada é mais do que a variação de tonalidade das placas cerâmicas de acordo com a troca de iluminante.

A Figura 1 apresenta um fluxograma típico para a fabricação de um revestimento cerâmico tradicional. A etapa de esmaltação assume importância fundamental no processo de fabricação, pois é nessa etapa que é agregada a cobertura da base cerâmica do revestimento. Cada vez mais, é no esmalte que estão definidas as características mercadológicas do produto cerâmico, sejam de caráter tecnológico, como resistência ao desgaste e ao manchamento, ou estéticas, como cor, brilho e design.

Os esmaltes cerâmicos são uma mistura de várias matérias-primas, tendo como constituintes principais, fritas, caulim e água. Esses componentes ao serem misturados e moídos formam uma suspensão aquosa que é aplicada na superfície do suporte cerâmico, formando o vidrado após a queima, o qual é responsável pelo aspecto vítreo dos revestimentos. As matérias-primas complementares aos constituintes principais podem ter diferentes funções, como, reguladores de fundência, opacificantes, matezantes, reguladoras das características reológicas e corantes.

1.1. Cor e metamerismo

A cor é uma sensação recebida pelos olhos, e que é interpretada pelo cérebro humano quando se observa um objeto que interagem com

uma radiação eletromagnética, como a luz visível. Nesse contexto, a percepção da cor envolve aspectos físicos, fisiológicos e psicológicos. Portanto, é um fenômeno psicobiofísico.

Fisicamente, as fontes luminosas não são somente caracterizadas pela matiz que é a presença de um comprimento de onda dominante. Pode-se definir também a intensidade (ou brilho) que é a amplitude do comprimento de onda, e a saturação que é a concentração em torno do comprimento de onda dominante. Assim, tem-se as três principais características de uma fonte luminosa: matiz, brilho e saturação¹.

O processo de formação de cores por pigmentação, baseia-se na interação da luz incidente com a camada de pigmentos. Três fenômenos complementares entre si podem descrever essa interação: reflexão, absorção e transmissão. A cor refletida será função do quanto da radiação foi absorvido e do quanto transpassou pigmento (Figura 2).

Um outro processo de formação de cores é o chamado processo aditivo quando duas fontes luminosas de cores diferentes são projetadas simultaneamente. O olho humano não consegue distinguir cada fonte isoladamente e sim o somatório na zona de sobreposição. O processo aditivo é usado, largamente nos monitores e televisões comerciais.

1.2. Metamerismo

O metamerismo é um aspecto muito importante na tecnologia da cor. É definido de forma simples como a situação onde duas amostras de cores parecem iguais sob uma condição de iluminação ou observador, mas diferente sob outra, como ilustrado na Figura 3^{2,3}.

A combinação (iluminante/objeto/observador) pode ser expressa com as coordenadas de cores, que são obtidas em um espectrofotômetro, a partir de uma fonte de luz, sendo o observador definido pelo Padrão CIE (1964 10°).

Do ponto de vista das distribuições espectrais, as curvas espectrais de dois objetos metaméricos se cruzam em no mínimo três pontos, fornecendo a mesma sensação visual com uma combinação de sistema de iluminação e observador, não fornecendo, porém a mesma sensação visual com outra combinação de sistema de iluminante e observador.

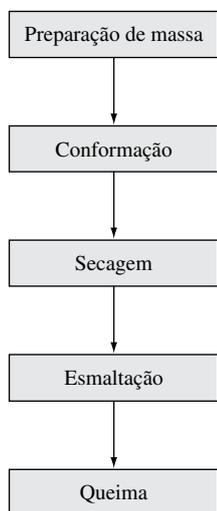


Figura 1. Fluxograma das etapas de fabricação de um revestimento cerâmico.

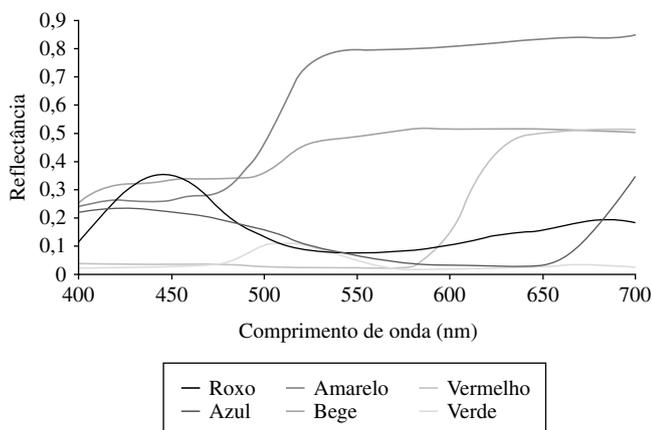


Figura 2. Curva espectral de cores.

2. Parte Experimental

Primeiramente, foi realizado um mapeamento das referências monocolors produzidas na empresa Eliane Revestimentos Cerâmicos, sendo em seguida efetuadas as medições de metameria. A técnica utilizada foi pelo cálculo de diferenças de cor (ΔE), sobre diferentes combinações de iluminante. Para determinação das coordenadas colorimétricas foi utilizado um espectrofotômetro BYK-Gardner, modelo Spectro-guide, com faixa de leitura de 400 nm a 700 nm e resolução de 10 nm, pertencente à empresa Eliane Revestimentos Cerâmicos. O procedimento de medição adotado é o constante da norma NBR 13.818 anexo R de 1997, que utiliza o sistema de coordenadas retangulares $L^* a^* b^*$ ou seja, determinação da diferença de tonalidade, definido em 1976 pela CIE.

Os iluminantes utilizados foram o iluminante Padrão D65 (corresponde à luz média do dia, incluindo a radiação ultravioleta); o iluminante Padrão F11 (corresponde à luz branca fria – luz fluorescente) e o iluminante Padrão A (corresponde à luz de lâmpadas incandescentes).

Para o desenvolvimento do estudo, foram escolhidos dois esmaltes, denominados de acordo com sua tipologia: branco-brilhante de monoporosa e mate de porcelanato. O procedimento experimental seguiu a sequência do fluxograma da Figura 4. A Tabela 1 apresenta o

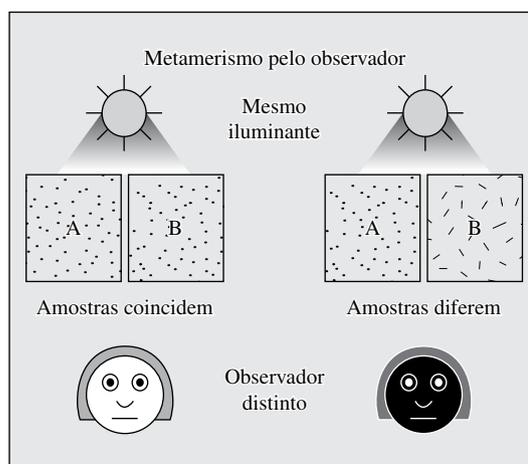
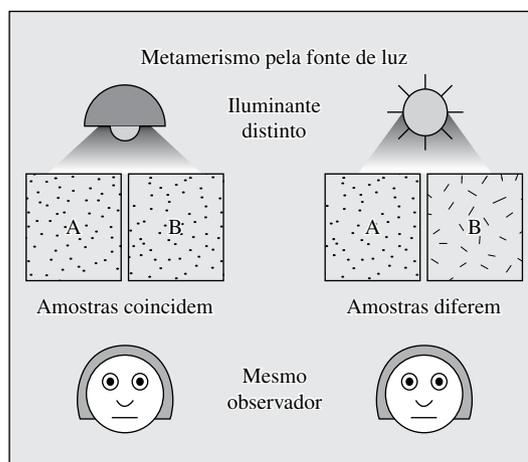


Figura 3. O fenômeno de metamerismo: a mesma sensação de cor, em função do iluminante e do observador.

número de referências por tipologia de esmalte que foram analisadas em cada processo.

O estudo das variáveis para detecção de metamerismo levou em consideração as camadas que compõem um revestimento cerâmico: suporte (ou biscoito), engobe e esmalte. Para tanto, as peças foram submetidas a uma adaptação para a realização deste estudo. Para cada processo foram feitas quatro peças, cada peça foi dividida em três tipos: uma exclusivamente com biscoito, outra com biscoito e engobe, e a última com a união de biscoito, engobe e esmalte. Amostras utilizadas tinham as seguintes dimensões: monoporosa 335 x 450 mm² e porcelanato 450 x 450 mm².

Foram investigadas as variáveis teor do agente opacificante (zirconita), brilhante (quartzo) e suspensivo (caulim), camada de esmalte (quantidade de esmalte aplicado), e adição de corantes, conforme descrito a seguir.

2.1. Variação no teor de material opacificante, brilhante e suspensivo

Para cada processo escolhido, foi variado o teor de opacificante (zirconita, fornecida pela Colorobbia do Brasil, fração <400 μ m), brilhante (quartzo, fornecido pela Ceramil, fração <500 μ m) e suspensivo (caulim Caulisa da Mineração Paraná, fração <325 μ m), nos percentuais 1, 2 e 4%, em sobrecarga. A abertura

dos binis utilizados foi de 0,04 mm para esmaltes de monoporosa, e 0,02 mm para os de porcelanato. A maior abertura para o esmalte de monoporosa foi em função da sua maior viscosidade.

2.2. Variação na camada (engobe ou esmalte)

A fim de analisar se havia ou não relação entre camada de insumo (engobe ou esmalte) com o efeito metamérico, foram realizadas variações na espessura da camada aplicada nas peças para as duas tipologias estudadas. Para cada regulagem na camada de insumo realizada no véu campana, eram efetuadas a passagem das quatro peças pelo mesmo.

A camada de insumo foi controlada através de uma bandeja metálica no formato da peça cerâmica, onde a mesma era tarada em uma balança digital de 0,01 g de precisão, e logo em seguida ocorria a passagem desta bandeja pelo equipamento de aplicação do engobe/esmalte, sendo levada novamente a balança para a análise de seu peso.

As Tabelas 2 e 3 apresentam as variações na camada do esmalte branco-brilhante de monoporosa e do esmalte mate de porcelanato, respectivamente.

2.3. Análise da influência dos corantes

Para analisar a influência de cada corante em relação ao metamerismo, foram utilizados os 13 corantes do Kit Maxi. Cada corante foi adicionado em apenas um pote, em uma quantidade de 1% em sobrecarga no esmalte.

Foi realizado o mesmo método da aplicação do material opacificante, brilhante e suspensivo, ou seja, foram separados 13 potes para adicionar os corantes, sendo que em cada pote era adicionado apenas um corante, e um pote para o esmalte padrão.

2.4. Queima

Após a aplicação das variáveis realizadas, as peças foram queimadas em fornos industriais, a 1140 °C em ciclo de 45 minutos para peças de monoporosa, e 1205 °C em ciclo de 37 minutos para peças de porcelanato.

2.5. Análise de metamerismo

As Tabelas 4, 5 e 6 apresentam exemplos das coordenadas colorimétricas de quatro peças. Cada iluminante proporcionou coordenadas colorimétricas diferente dos demais. Sendo assim, cada peça possui três ΔE 's, um para cada iluminante. A partir daí, foi calculada a diferença do maior para o menor valor de ΔE em uma mesma peça para os três iluminantes. Feito isso para todas as peças, foi calculada a média dessas diferenças (Tabela 7). Quanto mais baixo for o valor da média das amplitudes dos ΔE 's, menor foi considerado o aparecimento do efeito metamérico nessas peças.

3. Resultados e Discussões

3.1. Análise das referências

As Figuras 5 e 6 apresentam, respectivamente, as variações colorimétricas das cores (ΔE), em três iluminantes (D65, F11 e A) de quatro amostras brancos-brilhanes de monoporosa e quatro peças mates de porcelanato.

As peças brilhantes de monoporosa apresentaram uma maior influência na variação de tonalidade por troca de iluminantes em relação às peças de porcelanato, pois obteve uma amplitude máxima de ΔE entre seus iluminantes de 0,22 contra 0,05 do esmalte mate. Deve-se isso provavelmente pelo fato dessas peças de porcelanato apresentarem uma quantidade relativamente maior de materiais opacificantes, que obstruíam a reflexão da luz, diminuindo gradativamente o fenômeno de metamerismo. Pelos parâmetros industriais, uma $\Delta E \geq 0,30$ já acarreta em abertura de uma nova tonalidade.

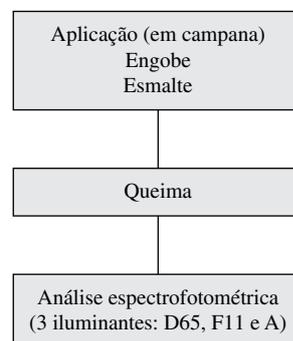


Figura 4. Sequência do procedimento experimental adotado neste trabalho.

Tabela 1. Mapeamento das referências monocores Eliane Revestimentos Cerâmicos.

Processo	Tipologia de esmalte	Quantidade de amostras
Monoqueima	Brilhante	1
Monoqueima	Branco-brilhante	1
Monoporosa	Branco-brilhante	3
Monoporosa	Brilhante	1
Monoporosa	Mate	3
Porcelanato	Mate	4

Tabela 2. Variações na camada do esmalte branco-brilhante de monoporosa.

Esmalte branco-brilhante: monoporosa			
Engobe		Esmalte	
Camada (g)	ρ (g.cm ⁻³)	Camada (g)	ρ (g.cm ⁻³)
55	1,87	90	1,87
55	1,87	110	1,87
55	1,87	130	1,87
55	1,87	150	1,87

Tabela 3. Variações na camada do esmalte mate de porcelanato.

Esmalte mate: porcelanato			
Engobe		Esmalte	
Camada (g)	ρ (g.cm ⁻³)	Camada (g)	ρ (g.cm ⁻³)
80	1,87	50	1,87
80	1,87	60	1,87
80	1,87	70	1,87
80	1,87	90	1,87

3.2. Análise suporte, engobe e esmalte

As Figuras 7 e 8 apresentam as variações colorimétricas para os suportes nas duas tipologias investigadas (branco-brilhante monoporosa e mate porcelanato). A média da amplitude das variações colorimétricas (ΔE) das quatro peças de monoporosa para os três iluminantes empregados foi de 0,069. E para as amostras de porcelanato foi de 0,018. Assim, o suporte de monoporosa apresenta um maior valor de metamerismo quando comparado ao de porcelanato, o que pode ser explicado com as tabelas de coordenadas colorimétricas para o iluminante D65.

Tabela 4. Coordenadas colorimétricas para o iluminante D65.

D65/10°				
Peças	L	a	b	ΔE
Padrão	90,00	5,00	5,00	-
1	89,51	4,50	4,75	0,743
2	89,75	4,75	4,50	0,612
3	89,90	4,80	4,55	0,502

Tabela 5. Coordenadas colorimétricas para o iluminante F11.

F11/10°				
Peças	L	a	b	ΔE
Padrão	89,90	4,88	4,95	-
1	89,42	4,40	4,63	0,750
2	89,72	4,71	4,39	0,612
3	89,81	4,70	4,49	0,502

Tabela 6. Coordenadas colorimétricas para o iluminante A.

A/10°				
Peças	L	a	b	ΔE
Padrão	89,50	4,90	4,90	-
1	89,09	4,39	4,53	0,752
2	89,31	4,73	4,35	0,606
3	89,39	4,79	4,45	0,476

Tabela 7. Diferença e média dos valores de ΔE .

Diferença dos ΔE 's	
Peça	Valor
1	0,008
2	0,006
3	0,026
Média	0,013

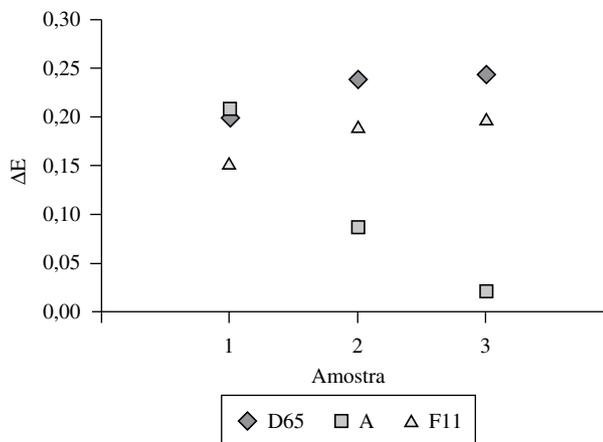


Figura 5. Metameria do esmalte branco-brilhante de monoporosa.

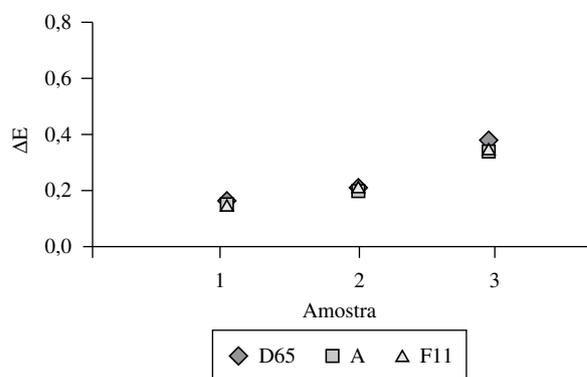


Figura 6. Metameria do esmalte mate de porcelanato.

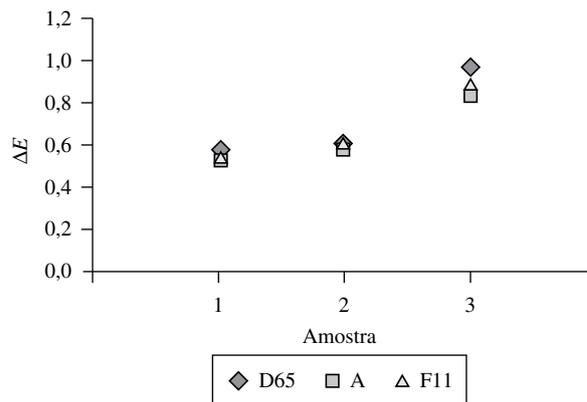


Figura 7. Gráfico da análise metamérica do suporte de monoporosa.

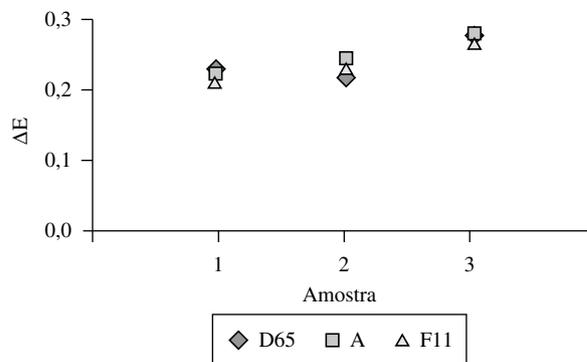


Figura 8. Gráfico da análise metamérica do suporte de porcelanato.

As Figuras 9 e 10 apresentam uma comparação entre os engobe investigados. A média de amplitude das variações dos ΔE 's para as peças de monoporosa nos iluminantes D65/10°, F11/10° e A/10° foi de 0,026. Já as peças de porcelanato apresentaram uma variação de 0,04, ficando próxima do valor do processo de monoporosa. Assim, os engobes apresentariam as mesmas finalidades em ambos os processos, isto é, serem opacos o suficiente para “recobrir” o corpo cerâmico.

As Figuras 11 e 12 apresentam a variação dos índices de metameria para os esmaltes nas tipologias investigadas. Como se pode observar, o esmalte de monoporosa apresentou uma característica metamérica maior que o de porcelanato: 0,054 do material branco-brilhante, contra 0,023 do material mate. Os

materiais brilhantes tendem a possuir um maior índice de reflexão da luz quando comparados a materiais mates, onde este tipo de esmalte apresenta uma presença elevada de materiais opacificantes, que nitidamente, obstruem a passagem da luz, dando respaldando os resultados obtidos.

3.3. Variação na camada de esmalte

A Tabela 8 apresenta as variações ocorridas nas camadas dos esmaltes e a média dos valores da amplitude da variação do ΔE para a tipologia branco-brilhante monoporosa. Como é possível observar, à medida que se aumenta a camada de esmalte, realça-se seu caráter metamérico do esmalte, diminuindo o efeito do engobe, menos metamérico que o esmalte.

Para o esmalte mate porcelanato, cujos dados são apresentados na Tabela 9, ocorre o efeito contrário, onde o engobe é menos metamérico que seu esmalte. Portanto, no porcelanato, o efeito metamérico do engobe é maior que o do esmalte. Com a diminuição da camada de esmalte, as propriedades do engobe refletem nas características do produto, aumentando a metameria do mesmo.

3.4. Variação no teor de material opacificante, brilhante e suspensivo

A Tabela 10 apresenta os valores da amplitude de variação do ΔE para a aplicação de material opacificante (zirconita), juntamente com o esmalte padrão, para as tipologias branco-brilhante monoporosa e mate porcelanato.

A aplicação da zirconita em esmaltes, muito utilizado para manutenção de tonalidade, resultam em ambos os processos na diminuição da amplitude de variação de ΔE , devido à diminuição da reflexão da luz, amenizando o efeito metamérico.

A Tabela 11 apresenta os valores da amplitude de variação do ΔE para a adição de quartzo, juntamente com o esmalte padrão, para as tipologias branco-brilhante monoporosa e mate porcelanato.

Já como o esperado, as adições de quartzo nos esmaltes resultam em um leve aumento nos índices de metamerismo quando comparado ao esmalte padrão, devido ao fato do mesmo proporcionar um vidro mais brilhante, gerando uma maior reflexão da luz.

A Tabela 12 apresenta os valores da amplitude de variação do ΔE para a adição de caulim, juntamente com o esmalte padrão, para as tipologias branco-brilhante monoporosa e mate porcelanato.

A adição do caulim em esmaltes cerâmicos com a finalidade de promover a não decantação da suspensão, não teria maior influência no metamerismo. Assim, sua adição no esmalte mate porcelanato (que é bastante significativa) não acarretaria em maiores modificações quanto ao metamerismo deste esmalte.

3.5. Análise da influência dos corantes

A Tabela 13 apresenta os valores da amplitude de variação do ΔE para esmaltes branco-brilhantes de monoporosa e esmaltes mates de porcelanato. Os valores dos corantes Maxis 3 e 7 apresentam os menores índices de metamerismo para ambas tipologias investigadas. No Maxi 3, a cor predominante é a cinza, já para o 7, é o preto. O cinza e o preto têm a característica de serem cores escuras, com índice de reflexão baixo. As Figuras 13 a 16 apresentam as curvas espectrais dos corantes Maxi 3 e 7, onde se pode verificar que as curvas não se cruzam. Para que houvesse metamerismo, era de se esperar que suas curvas espectrais cruzassem-se em no mínimo três pontos.

No esmalte mate, o corante Maxi 6 é uma cor marrom avermelhada e o corante Maxi 11, que apresentou o maior índice de metamerismo, é o amarelo. Já no esmalte brilhante de monoporosa, o Maxi 1, é o azul claro, e o Maxi 6 é o mesmo marrom avermelhado do porcelanato. A manifestação do fenômeno do metamerismo para essas cores pode ser verificada nas curvas espectrais de duas amostras de cada um desses corantes, apresentadas nas Figuras 17 a 20.

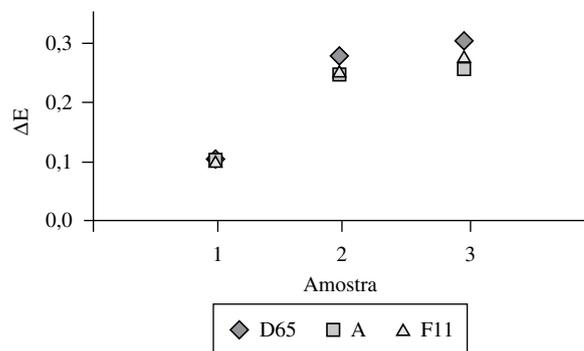


Figura 9. Gráfico da análise metamérica do engobe de monoporosa.

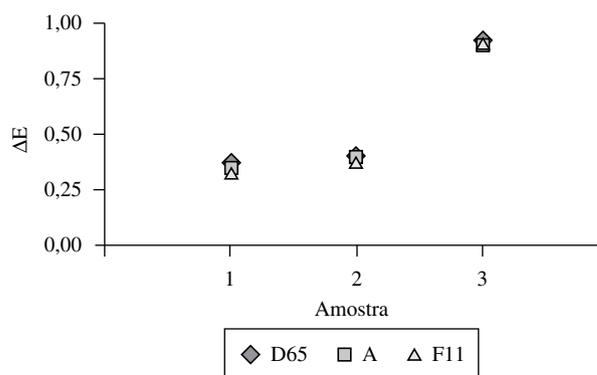


Figura 10. Gráfico da análise metamérica do engobe de porcelanato.

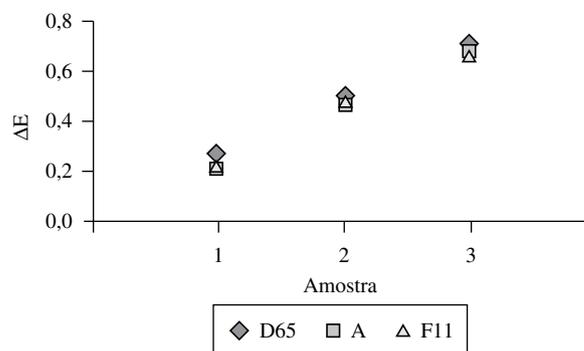


Figura 11. Gráfico da análise metamérica do esmalte de monoporosa.

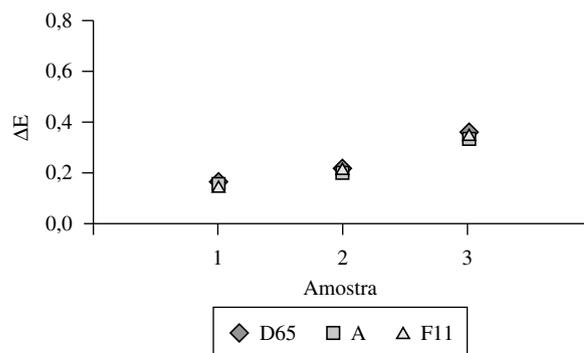


Figura 12. Gráfico da análise metamérica do esmalte de porcelanato.

Tabela 8. Valores metaméricos para a variação de camada de esmalte branco-brilhante monoporosa.

Esmalte branco-brilhante: monoporosa				
Engobe		Esmalte		Média da amplitude do ΔE
Camada (g)	ρ (g.cm ⁻³)	Camada (g)	ρ (g.cm ⁻³)	
55	1,87	90	1,87	0,006
55	1,87	110	1,87	0,012
55	1,87	130	1,87	0,019
55	1,87	150	1,87	0,019

Tabela 9. Valores metaméricos para a variação de camada de esmalte mate porcelanato.

Esmalte mate: porcelanato				
Engobe		Esmalte		Média da amplitude do ΔE
Camada (g)	ρ (g.cm ⁻³)	Camada (g)	ρ (g.cm ⁻³)	
70	1,87	50	1,87	0,031
70	1,87	60	1,87	0,018
70	1,87	70	1,87	0,015
70	1,87	90	1,87	0,013

Tabela 10. Adição de zirconita em esmalte branco-brilhante de monoporosa e mate porcelanato.

Teor de zirconita (%)	Média da amplitude do ΔE	
	Branco-brilhante monoporosa	Mate porcelanato
Padrão	0,027	0,023
1	0,22	0,021
2	0,11	0,007
4	0,13	0,008

Tabela 11. Adição de quartzo em esmalte branco-brilhante de monoporosa e mate porcelanato.

Teor de quartzo (%)	Média da amplitude do ΔE	
	Branco-brilhante monoporosa	Mate porcelanato
Padrão	0,027	0,023
1	0,034	0,033
2	0,034	0,030
4	0,037	0,031

Tabela 12. Adição de caulim em esmalte branco-brilhante de monoporosa e mate porcelanato.

Teor de caulim (%)	Média da amplitude do ΔE	
	Branco-brilhante monoporosa	Mate porcelanato
Padrão	0,027	0,023
1	0,022	0,023
2	0,020	0,022
4	0,020	0,030

Tabela 13. Aplicação de corantes em em esmalte branco-brilhante de monoporosa e mate porcelanato.

Variações no esmalte	Média da amplitude do ΔE	
	Branco-brilhante: monoporosa	Mate porcelanato
Padrão	0,054	0,023
Maxi 1	0,186	0,066
Maxi 2	0,085	0,106
Maxi 3	0,039	0,026
Maxi 4	0,086	0,035
Maxi 5	0,060	0,057
Maxi 6	0,198	0,138
Maxi 7	0,031	0,015
Maxi 8	0,089	0,037
Maxi 9	0,096	0,135
Maxi 10	0,047	0,047
Maxi 11	0,051	0,888
Maxi 12	0,097	0,036
Maxi 13	0,073	0,053

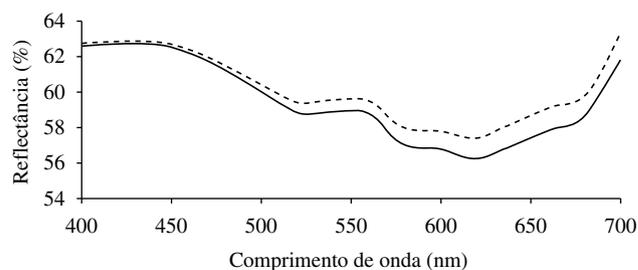


Figura 13. Curva espectral para o Maxi 3 em esmalte branco-brilhante de monoporosa.

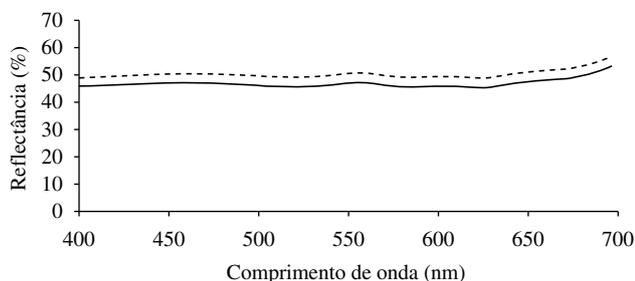


Figura 14. Curva espectral para o Maxi 3 em esmalte mate de porcelanato.

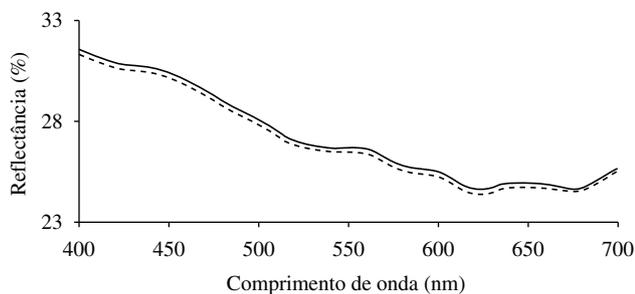


Figura 15. Curva espectral para o Maxi 7 em esmalte branco-brilhante de monoporosa.

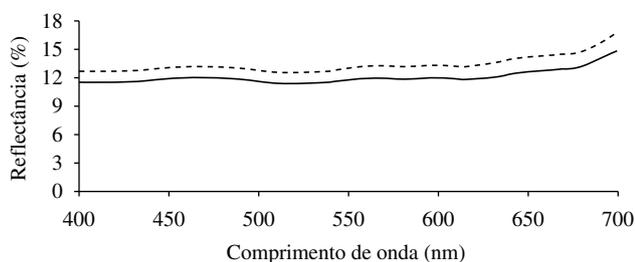


Figura 16. Curva espectral para o Maxi 7 em esmalte mate de porcelanato.

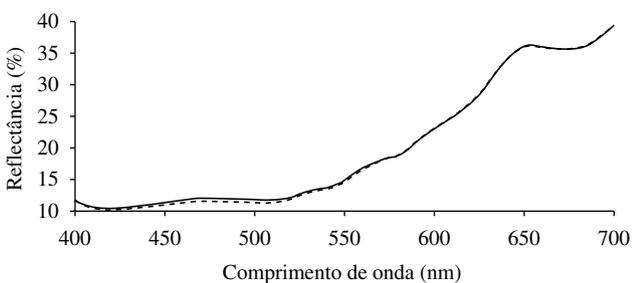


Figura 17. Curva espectral para o Maxi 6 em esmalte mate de porcelanato.

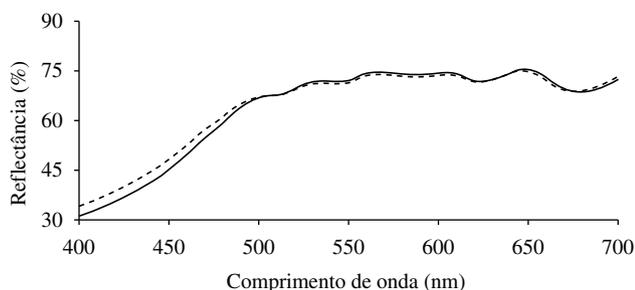


Figura 18. Curva espectral para o Maxi 11 em esmalte mate de porcelanato.

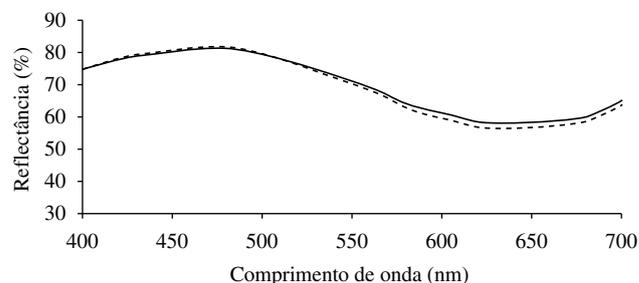


Figura 19. Curva espectral para o Maxi 1 em esmalte branco-brilhante de monoporosa.

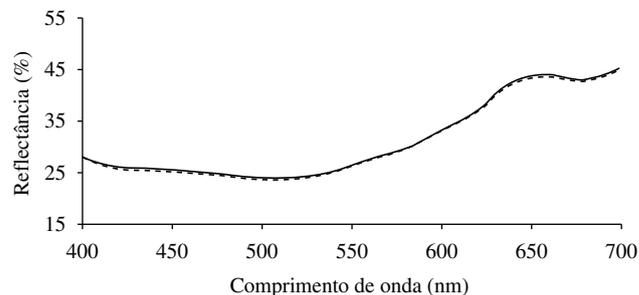


Figura 20. Curva espectral para o Maxi 6 em esmalte branco-brilhante de monoporosa.

Esses corantes possuem uma reflexão da luz elevada, cujas curvas espectrais apresentam frequentes cruzamentos, o que corrobora o comportamento metamérico destes corantes.

4. Conclusão

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, é possível inferir que o corpo cerâmico não influencia no aparecimento do metamerismo, já que em cima deste é posta uma camada de engobe que possui a finalidade de formar uma barreira óptica. Esmaltes que apresentam um reflexo maior da luz como o branco-brilhante se destaca no aparecimento na característica metamérica. Diante disto, quando há um aumento na camada de esmalte, a característica metamérica aumenta. Já quando se aumenta a camada do esmalte mate, o fenômeno do metamerismo ameniza. Matérias-primas que são comumente utilizadas no ramo cerâmico como a zirconita e quartzo geram interferências neste fenômeno, já que a zirconita, por ser um opacificante, ameniza a reflexão da luz gerando uma diminuição do metamerismo, o contrário que o quartzo proporciona, já que influencia no aparecimento do brilho.

A adição de corantes nos esmaltes é um fator que na maioria das vezes proporciona um aumento na característica metamérica, salve os corantes escuros que possuem uma reflectância baixa. Já os corantes que proporcionaram valores metaméricos elevados, como relatado em fundamentação teórica se cruzaram em no mínimo três pontos nas curvas da variação da reflectância em função do comprimento de onda.

Referências

1. PETTER, C. O.; GLIESE, R. **Apostila do Curso de Fundamentação de Calorimetria**. Novembro, 2000.
2. SCHABBACH, L. M. **Utilização da Espectrofotometria na Caracterização e Predição de Cores de Esmaltes Cerâmicos Monocromáticos Opacos**. Florianópolis, 2004. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina.
3. STEFANI, R. **Pigmentos Cerâmicos de Cromo-Estanho**. São Carlos, 1997. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos – UFSCar.