

Variação de Tonalidade em Revestimentos Decorados por Cilindros de Silicone Gravados à Laser

Fabio Ferraço^a, Anselmo O. Boschi^{ja,b*}

^aPrograma de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PPG- CEM, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP, Brasil

^bDepartamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP, Brasil

*e-mail: daob@ufscar.br

Resumo: A variação de tonalidade é um problema comum na fabricação de revestimentos cerâmicos. A cor dos revestimentos é influenciada por um grande número de variáveis. A decoração por cilindros gravados a laser é ainda a técnica de decoração mais utilizada na indústria de revestimento. Por razões econômicas, os produtores de revestimentos procuram por métodos e técnicas que possibilitem acelerar o processo de fabricação sem comprometer a qualidade de seus produtos. Neste cenário o presente trabalho estudou os efeitos da velocidade da linha de decoração sobre a variação de tonalidade. À medida que a velocidade de impressão é aumentada, pode ser visto que há uma perda de área recoberta pelos pontos transferidos pelo cilindro à superfície da peça cerâmica causando variações da reflectância e da tonalidade final da peça.

Palavras-chave: *decoração de revestimentos cerâmicos, variação de tonalidade, cilindros de silicone, gravação a laser.*

1. Introdução

O design é uma das características mais valorizadas em revestimentos cerâmicos. Entre todas as características contidas no conceito do design, uma das mais importantes é a cor. Revestimento cerâmico é um produto modular, o qual colocado, ou assentado um ao lado do outro permite o recobrimento de superfícies proporcionando um melhor acabamento em construções. Implícito neste conceito está a constância das características. Portanto, em princípio, a variação das cores é indesejada e compromete a qualidade do produto. Entretanto, devido ao elevado número de variáveis que afetam a cor do produto final, apesar de todos os esforços e estudos realizados ao longo dos anos, a então chamada “variação de tonalidade” é ainda um problema comum e de difícil solução, com o qual todos os produtores de revestimentos cerâmicos têm que lidar todos os dias.

As características da tinta e o “setup” dos equipamentos de decoração estão entre as etapas mais importantes no processo de fabricação, responsáveis pela tonalidade do produto final.

A decoração por cilindros gravados a laser é um dos métodos mais utilizados na indústria de revestimentos cerâmicos. Nesta técnica a tonalidade é fortemente afetada pela: 1) cor dos pontos decorados e 2) fração da área total recoberta pelos pontos decorados. Assim sendo, para evitar a variação de tonalidades, o tamanho e a forma dos pontos deve ser controlada¹⁻³.

Devido a razões econômicas, muitos produtores estão interessados em aumentar a velocidade da linha de decoração. Entretanto, esta aceleração pode afetar a forma dos pontos finais decorados e por consequência, a tonalidade do produto final.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da velocidade de decoração dos cilindros sobre a forma dos pontos decorados e consequentemente a fração da área total recoberta pelos mesmos.

2. Materiais e Métodos

Para decorar os revestimentos foi utilizado o equipamento Rotocolor S5 Universal™ com cilindros T1 720 incidido com a gravação tipo 0,4/45°. A tinta (corante e fluxo fornecidos pela Endeka Cerâmica Ltda. e veículo fornecido pela Zchimmer & Schwarz do

Brasil Ltda.), as peças cerâmicas (obtidas por via seca, cobertas por engobe esmalte) e as características do cilindro (tipo de silicone, dimensões, incisão e desenho base) foram mantidas constantes em todos os experimentos.

As velocidades estudadas foram de 25, 40, 50 e 60m/min. A decoração dos cilindros foi realizada com duas escalas de cinza variando discretamente e continuamente de 1 a 100%, três canais comuns para mármores: um com tons médios, um composto por veios e outro com alto contraste e finalmente três quadrados plenos de 5%, 25% e 85% da escala de cinza.

Antes da decoração os revestimentos foram deixados em uma estufa para equilibrar e homogeneizar a temperatura. Na sequência receberam uma cobertura de água com pistola de ar para homogeneizar a umidade e temperatura superficial.

As características avaliadas após a decoração foram: a forma dos pontos decorados, a área coberta, o volume de tinta transferido pelos alvéolos à peça e a tonalidade final.

A forma e a área coberta foram obtidas utilizando um microscópio óptico Zeiss modelo Axio Scope A1 auxiliado pelo software analisador de imagens Axio Vision versão 4.8.2. A cor e as características de tonalidade foram medidas com um espectrofotômetro Spectramagic Konica Minolta RS232C com o software SpectraMagic version 3.61G.

3. Resultados

Os dados obtidos pela análise de microscopia para a incisão 04/45° após a decoração com as velocidades de 25, 40, 50 e 60 m/min. são mostrados na Figura 1 para 5% da escala de cinza. A Figura 2 mostra a variação nas curvas de reflectância com o aumento da velocidade para as amostras decoradas com 5% da escala de cinza.

Na Figura 3, são mostrados os dados obtidos pela análise de microscopia para a incisão 04/45° após a decoração com as velocidades de 25, 40, 50 e 60 m/min para 25% da escala de cinza. A variação das curvas de reflectância com a velocidade para as amostras decoradas com 25% da escala de cinza são mostradas na Figura 4.

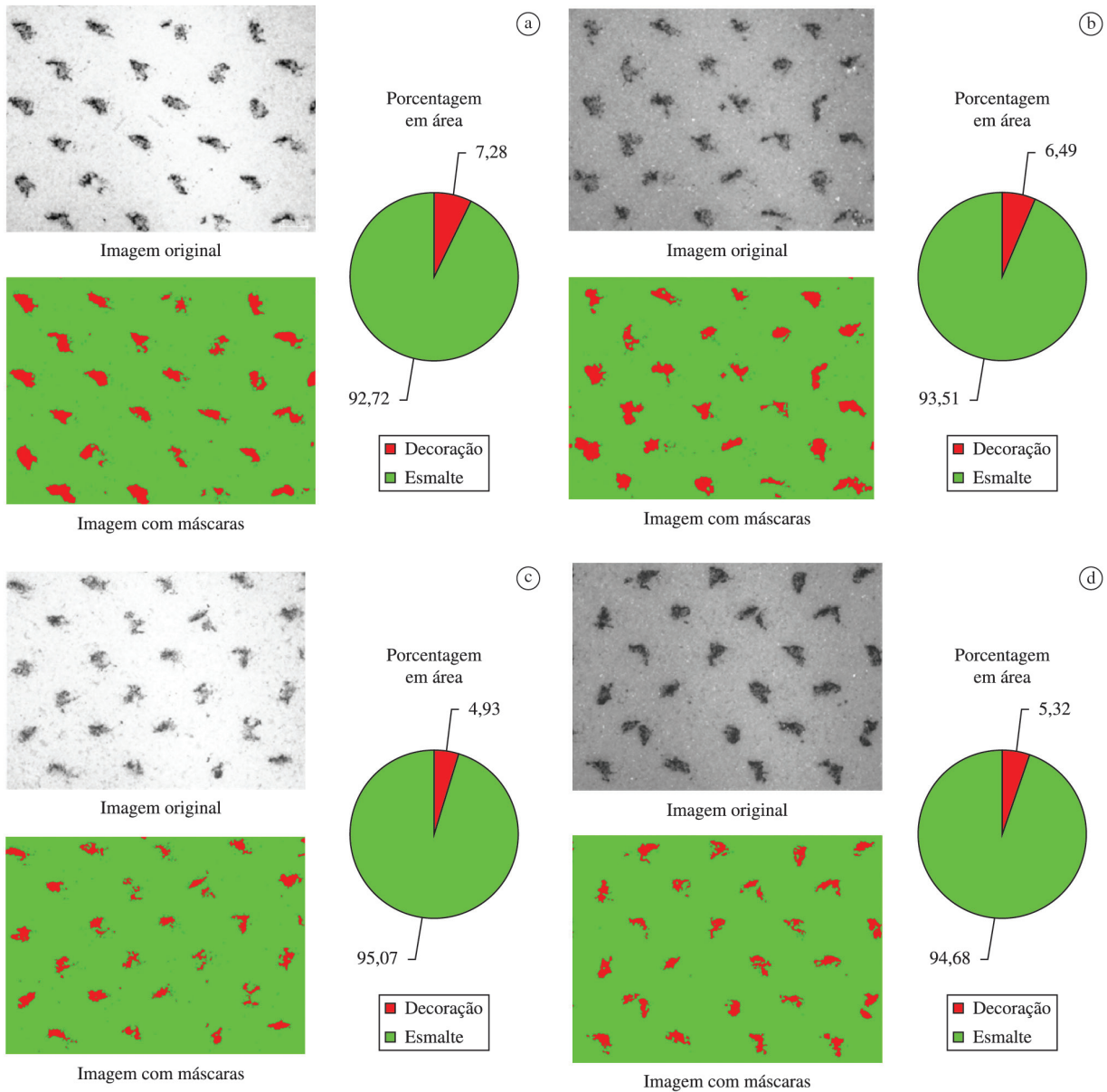


Figura 1. Decoração de 5% da escala de cinza com análise de imagem e porcentagem de área recoberta pela decoração com velocidade de (a) 25m/min; (b) 40m/min; (c) 50m/min e (d) 60m/min.

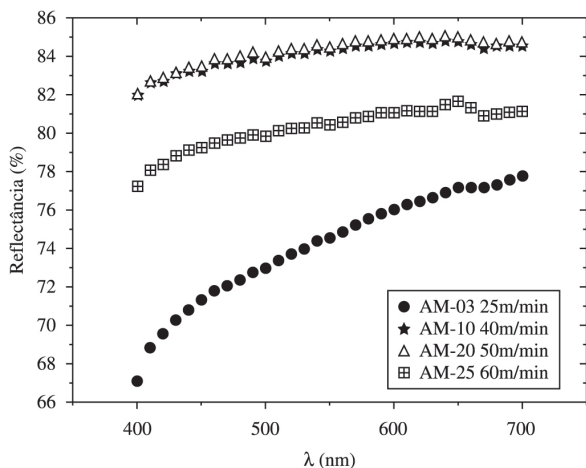


Figura 2. Variação da reflectância com a velocidade para as áreas cobertas com 5% da escala de cinza para a incidência 04/45°.

Na Figura 5, para 85% da escala de cinza; são mostrados os dados obtidos pela análise de microscopia para a incidência 04/45° após a decoração com as velocidades de 25, 40, 50 e 60 m/min com os respectivos dados de área coberta.

O resumo das porcentagens de área recoberta após a decoração pode ser visto na Tabela 1.

Os valores teóricos para os diâmetros foram de: 0,136mm e 0,195mm respectivamente para 5% e 25% da escala de cinza. O cálculo da área para os 85% da escala de cinza não foram realizados, pois em todas as amostras os pontos coalesceram.

4. Discussão

Como pode ser visto na Figura 1, a forma dos pontos decorados é irregular, longe da forma circular ideal e da forma oblonga real, o que significa que nem todo o volume de tinta contido nos alvéolos foi descarregado.

A área teórica coberta por um ponto para a decoração de 5% da escala de cinza supondo uma forma circular perfeita deveria ser de

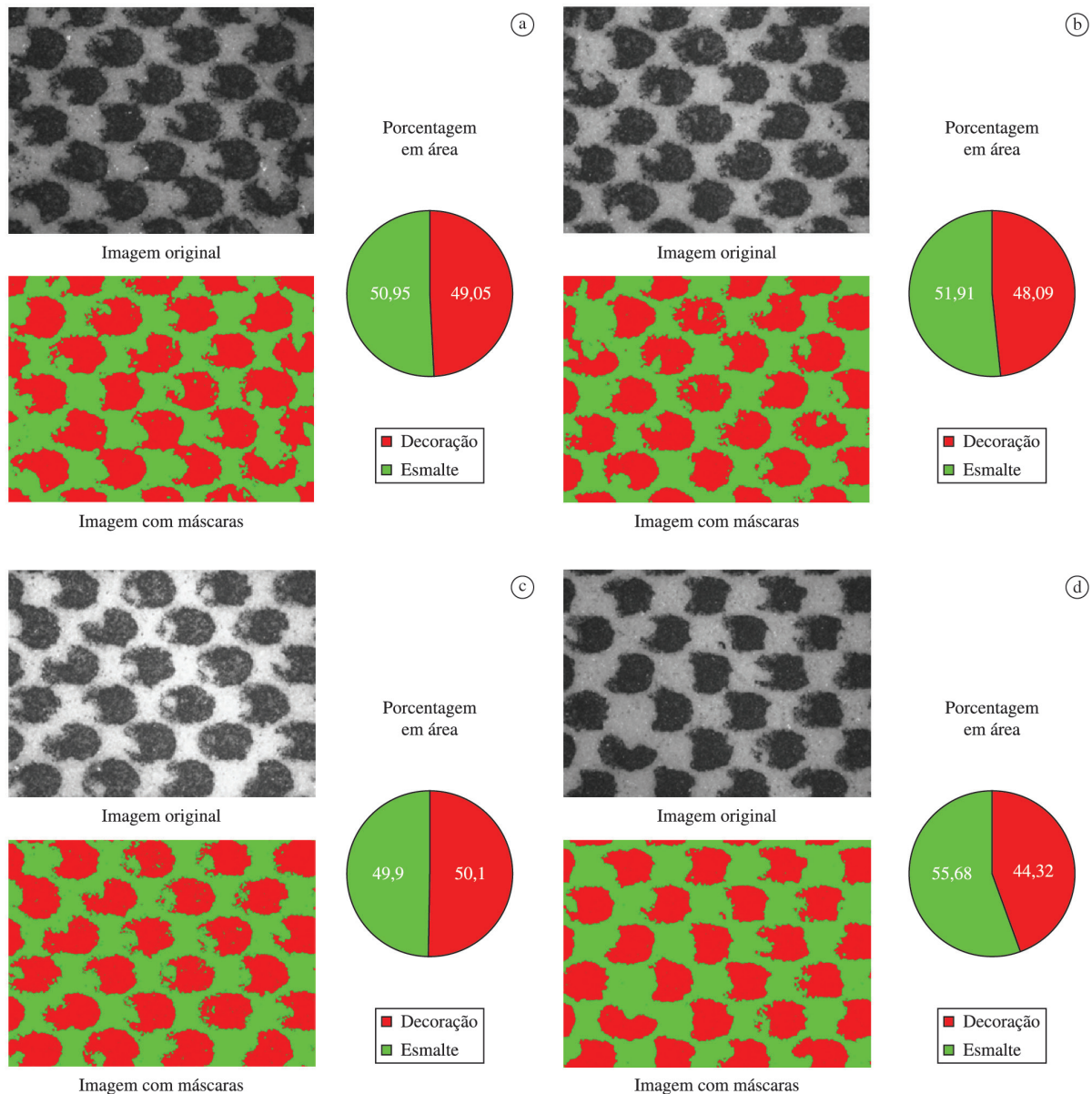


Figura 3. Decoração de 25% da escala de cinza com análise de imagem e porcentagem de área recoberta pela decoração com velocidade de (a) 25m/min; (b) 40m/min; (c) 50m/min e (d) 60m/min.

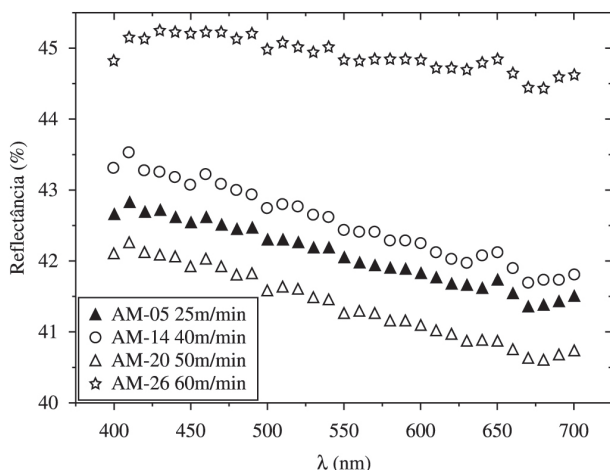


Figura 4. Variação da reflectância com a velocidade para as áreas cobertas com 25% da escala de cinza para a incisão 04/45°.

$4,52 \times 10^{-8} \text{m}^2$ (para um diâmetro mínimo de 0,12mm – 1% da escala de cinza)¹. Os valores para cada área coberta por um ponto são dados na Tabela 2, dependendo da velocidade testada. Se houvesse uma condição ideal sob a qual a decoração pudesse ser realizada, a área recoberta ideal para um ponto único deveria assumir os valores mostrados na segunda coluna da Tabela 2.

Utilizando os raios médios experimentais obtidos através dos ensaios de microscopia, a área teórica calculada para um único ponto em todos os casos é menor que a área teórica. Como pode ser visto na Tabela 2, todos os valores diminuem à medida que a velocidade aumenta.

O aumento no valor para a velocidade de 60m/min na Tabela 1 é explicado pela falha na limpeza completa do cilindro realizado pela espátula causada pela própria velocidade, formando um filme de tinta sobre toda a superfície do cilindro; a qual causa a divergência dos valores e uma reflectância menos intensa na Figura 2. Para que uma limpeza completa fosse realizada, a pressão da lamina sobre o cilindro ou o ângulo de ataque da lâmina deveria ser modificado, o

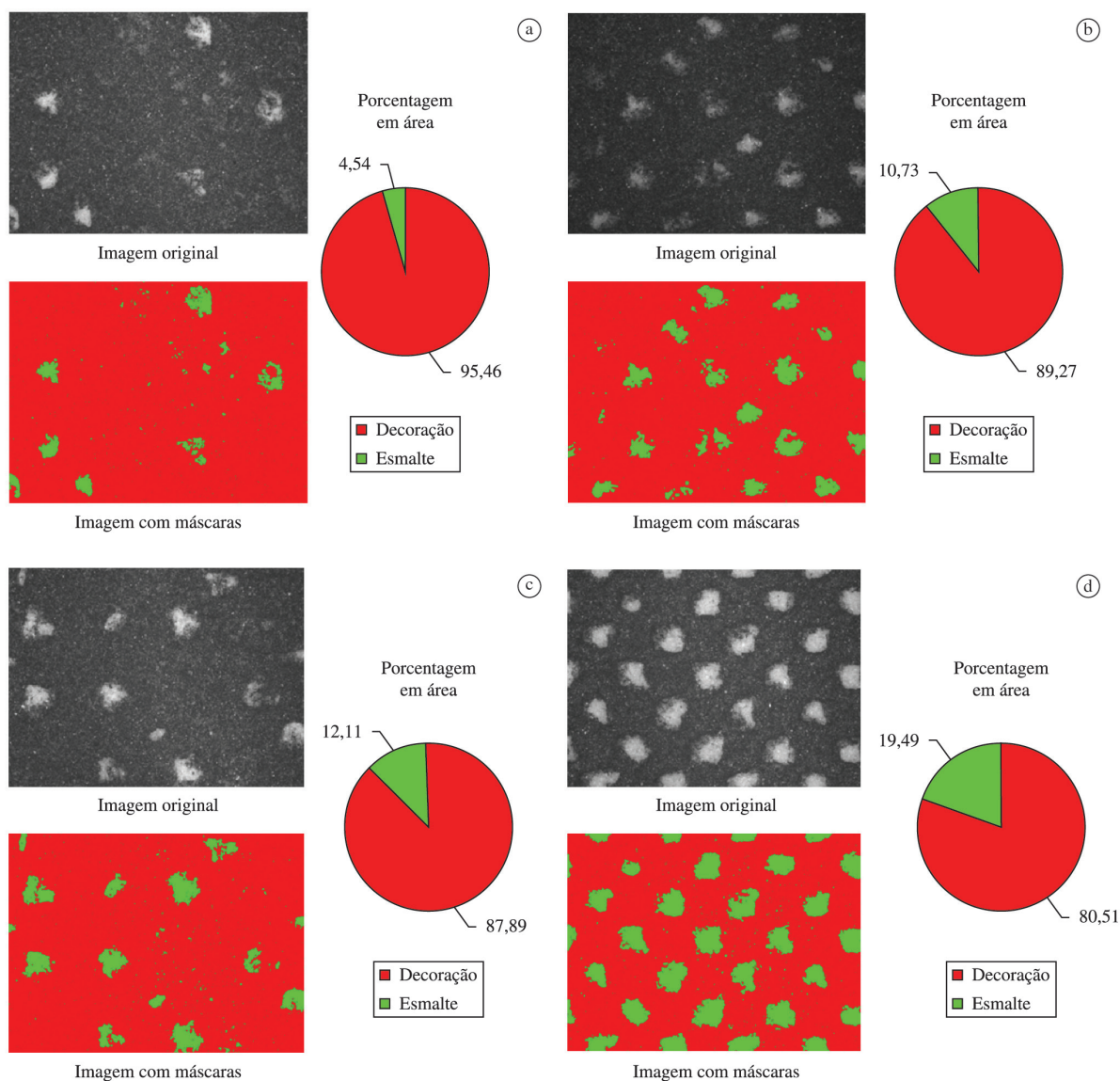


Figura 5. Decoração de 85% da escala de cinza com análise de imagem e porcentagem de área recoberta pela decoração com velocidade de (a) 25m/min; (b) 40m/min; (c) 50m/min e (d) 60m/min.

Tabela 1. Porcentagem de área recoberta medida após a decoração com cilindros de silicone incididos pelo método de gravação a laser.

Velocidade (m/min)	Porcentagem de área recoberta pela tinta após a decoração [%]		
	5%	25%	85%
25	7,28	49,05	95,46
40	6,49	48,09	89,27
50	4,93	50,10	87,89
60	5,32	44,32	80,51

Tabela 2. Cálculo da área dos pontos, assumindo diâmetros teóricos e médios experimentais variando com a velocidade.

25m/min			40m/min		
Escala de cinza	Área teórica de cada ponto (m ²)	Área teórica de um ponto médio experimental (m ²)	Escala de cinza	Área teórica de cada ponto (m ²)	Área teórica de um ponto médio experimental (m ²)
5%	5,81E-08	4,70E-08	5%	5,81E-08	4,12E-08
25%	2,15E-07	2,10E-07	25%	2,15E-07	1,85E-07
50m/min			60m/min		
Escala de cinza	Área teórica de cada ponto (m ²)	Área teórica de um ponto médio experimental (m ²)	Escala de cinza	Área teórica de cada ponto (m ²)	Área teórica de um ponto médio experimental (m ²)
5%	5,81E-08	3,22E-08	5%	5,81E-08	2,73E-08
25%	2,15E-07	2,09E-07	25%	2,15E-07	1,52E-07

Tabela 3. Porcentagem de área teórica coberta por um ponto.

Escala de cinza	Porcentagem de área teórica de um ponto			
	25m/min	40m/min	50m/min	60m/min
5%	81,0	71,0	55,4	47,1
25%	97,7	85,8	97,1	70,7

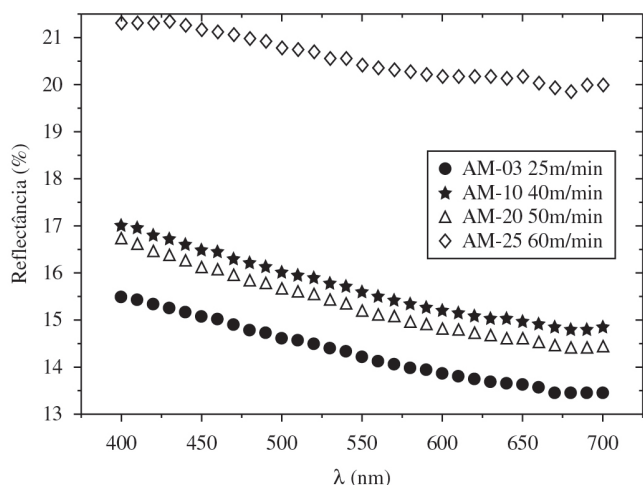


Figura 6. Variação da reflectância com a velocidade para as áreas cobertas com 25% da escala de cinza para a incisão 04/45°.

que significa que os parâmetros iniciais deveriam ser modificados, levando assim à uma análise sem padrões de comparação.

O mesmo efeito pode ser visto na decoração de 25% da escala de cinza; à medida que a velocidade aumenta a porcentagem de área recoberta também diminui. Pode ser isto na Figura 3 que a forma dos pontos é elíptica (incompletos) e não circular.

Na Figura 4, assim como ocorreu na análise da área de 5% da escala de cinza, o problema de falha na limpeza do cilindro pela lâmina aparece para a velocidade de 50m/min.

Na Tabela 3 para a decoração dos 5% e 25% da escala de cinza, a área dos pontos reduz constantemente com o aumento da velocidade na decoração.

Por fim, para os 85% da escala de cinza na Figura 5 a maioria dos pontos decorados coalesceram mas mesmo assim pode-se ver que os valores de área recoberta diminuem com o aumento da velocidade de decoração. O efeito na tonalidade pode também ser visto na Figura 6 com as curvas de reflectância, onde à medida que a velocidade aumenta, sua intensidade diminui.

5. Conclusões

O efeito do aumento de velocidade de decoração na variação tonalidade é muito mais significativo em níveis baixos da escala de cinza como mostrado na Tabela 3 e na Figura 2; para os tons médios, a diferença pode ser vista na medida em que a velocidade passa dos 50m/min. Para os tons altos, mesmo não sendo possível calcular as áreas dos pontos e as áreas cobertas, pode ser visto nas Figura 5 e Figura 6 que o aumento da velocidade pode influenciar consideravelmente o formato dos pontos e a área recoberta e, portanto, a tonalidade das peças. Assim sendo os resultados obtidos indicam que a velocidade da linha de produção em revestimentos cerâmicos pode influenciar a tonalidade do produto final. O ganho em volume de produção com o aumento da velocidade de produção pode ser comprometido pela perda em intensidade das cores e a possibilidade de variação de tonalidade durante o processo.

Referências

1. MONARI, P. et al. **Manuale di tecnologia ceramica per la decorazione:** apostila Rotocolor. Fiorano Modenese: System SpA. Rev. 5.0, 2005.
2. CAMPOS, J. M. et al. influência de variáveis de material e de processo sobre a presença de tonalidades em revestimentos cerâmicos decorados através de cilindros de silicone (Técnica Rotocolor). **Cerâmica Industrial**, v. 7, n. 3, p. 18-28, 2002.
3. SHARMA, K. D. Genesis of shade variations in ceramic tiles and some suggested remedies. **Tile & Brick International**, v. 6, n. 6, p. 22-24, 1990.