

Estudo da Distribuição da Quantidade Esmalte em Sistemas de Aplicação por Campana

J. Boix^{a*}, M. Aguilera^a, D. Llorens^a, V. Cantavella^a, J. Milián^a

Instituto de Tecnología Cerámica – ITC, Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas – AICE, Universitat Jaume I, Castellón, España
**e-mail: jboix@itc.uji.es*

Resumo: Os sistemas de aplicação de esmalte por campana sempre foram caracterizados por uma deposição de esmalte não homogênea sobre as placas cerâmicas devido à forma circular da cortina que é gerada. Esta característica, tão mais acentuada quanto mais próximo é o diâmetro da campana da largura da peça, leva ao surgimento de defeitos associados a variações de tonalidades no produto final. No presente trabalho, objeto de patente, a forma construtiva de um sistema de aplicação por campana foi otimizada com a finalidade de minimizar as diferenças na quantidade de esmalte aplicado entre as laterais e o centro das peças cerâmicas. O trabalho é concluído com testes em escala piloto que validam o correto funcionamento do dispositivo.

Palavras-chave: *esmaltação, campana, placas cerâmicas, otimização.*

1. Introdução

Um dos defeitos mais comuns no processo de fabricação de placas cerâmicas e que leva à perda de qualidade no produto final é a falta de homogeneidade de cor entre peças de uma mesma tipologia e em uma mesma peça. Vários estudos¹⁻⁵ mostraram que a origem deste defeito encontra-se na falta de estabilidade das propriedades físico-químicas dos materiais usados no processo de decoração (suporte, engobes, esmaltes, tintas) e, por outro lado, no desenvolvimento inadequado das etapas que constituem o processo de fabricação: aplicação do engobe e do esmalte, decoração e queima.

Atualmente, os sistemas de aplicação de esmalte por campana são amplamente usados no setor de fabricação de placas cerâmicas. Apesar de sua simplicidade e efetividade, a aplicação de esmaltes por campana apresenta uma série de inconvenientes que obriga a realização de um controle contínuo e exaustivo da operação de esmaltação para garantir a qualidade do produto final. Por um lado há a sensibilidade às variações da viscosidade do esmalte, que pode originar variações na quantidade de esmalte depositado sobre a placa, denominada “gramatura”. Por outro lado, as diferenças na quantidade de esmalte depositado entre as bordas e a parte central das peças de grande formato, que se originam em consequência da forma circular da cortina de esmalte⁶.

Estes inconvenientes resultaram em que, nos últimos anos, os fabricantes de máquinas mostraram uma boa aceitação por sistemas de cortinas lineares, também conhecidos como “velas” ou “feiras”. Estes sistemas resolvem os problemas associados às diferenças na quantidade de esmalte aplicado sobre uma mesma peça e, em suas versões mais avançadas, podem manter constante a vazão de esmalte aplicado independentemente de suas variações de viscosidade. Apesar dos avanços dos sistemas de aplicação lineares, o menor custo e menor complexidade da campana a tornam o sistema majoritariamente usado na operação de aplicação de engobes e esmaltes cerâmicos.

Existem vários trabalhos que propõem soluções para abordar os problemas relacionados com a sensibilidade da vazão de descarga em relação às variações de viscosidade do esmalte. Este se destaca um sistema para a medição contínua da vazão de esmalte alimentado à campana⁷ e que permite regular automaticamente a válvula de controle de fluxo no alimentador para assegurar uma vazão de descarga constante. Há outro sistema de alimentação de esmalte^{8,9} melhorado no qual, graças a um projeto otimizado, as perdas de carga do esmalte ao fluir no sistema são minimizadas e a

vazão de descarga é insensível às variações de viscosidade. Apesar destes avanços até o momento nenhum sistema permite minimizar ou eliminar os problemas associados às diferenças na quantidade de esmalte aplicado entre as bordas e o centro das peças.

O método de controle normalmente usado para corrigir as diferenças de “gramatura” no meio de uma peça consiste em colocar placas metálicas (uma na parte central e duas em cada lateral) sobre a borda e a parte central de uma das peças a ser decorada e assim recolher o esmalte depositado nas diferentes regiões da placa cerâmica. Comparando-se a quantidade de esmalte recolhido sobre as placas metálicas é possível saber se é necessário realizar algum tipo de atuação sobre o nível da campana para corrigir as diferenças de “gramatura” observadas.

Na maioria dos casos quando surgem problemas relacionados com a distribuição de esmaltes sobre as peças a ação necessária é inclinar ligeiramente a campana no sentido da queda da cortina de esmalte para favorecer seu fluxo pela parte central e assim aumentar a quantidade relativa de esmalte que é aplicado no centro das peças. Em outros casos alguns fabricantes aumentam a distância entre a borda da campana e a superfície das peças.

De qualquer modo, apesar destas ações de controle melhorarem sensivelmente a distribuição de esmalte sobre as placas decoradas elas restringem o uso das campanas para tamanhos de peças muito menores que o diâmetro da própria campana. Além disso, embora para determinadas condições reológicas a ação de controle resulte em boa homogeneidade da camada aplicada de esmalte, se as propriedades do esmalte são alteradas não se pode garantir que a distribuição do mesmo continue sendo homogênea. Se a campana é inclinada devido a uma distribuição heterogênea da quantidade aplicada de esmalte até que esta distribuição seja igualada um possível aumento da viscosidade alterará novamente o perfil de fluxo do esmalte sobre a campana por diminuir a vazão de esmalte que é depositado, e a homogeneidade obtida com a manobra é então perdida.

2. Objetivo

O objetivo do presente trabalho foi projetar e validar uma nova forma construtiva para a borda de descarga de um sistema de esmaltação por campana que permita garantir uma distribuição homogênea de esmalte em toda a largura da peça independentemente das variações que ocorram nas propriedades reológicas do esmalte.

3. Fundamentação Teórica

3.1. Análise geométrica da deposição de uma cortina circular de esmalte sobre a superfície de placas cerâmicas

Do ponto de vista geométrico as campanas consistem de um corpo de revolução obtido a partir de uma curva relativamente complexa. O desenho de uma campana apresenta uma seção circular onde a suspensão de esmalte, ao ser alimentada na parte central do sistema, estende-se de forma radial sobre sua superfície até que se desprende gerando uma cortina também circular ao alcançar a borda. Normalmente, no centro da campana há um sistema de transbordamento que permite dirigir o fluxo de esmalte até a lateral da campana para criar uma cortina semicircular, como mostrado na Figura 1.

Para obter as equações que relacionam os parâmetros geométricos característicos de uma campana com a quantidade de esmalte aplicado nas diferentes regiões da placa, considera-se uma campana ideal aquela representada na Figura 1. Antes de determinar a quantidade de esmalte aplicado sobre a superfície de uma placa é necessário definir a vazão mássica de esmalte por unidade de ângulo, m_ϕ (kg/s rad), dada pela Equação 1:

$$m_\phi = \frac{m_0}{\Phi_0} \quad (1)$$

Onde m_0 é a vazão mássica de esmalte descarregado pelo alimentador (kg/s) e ϕ_0 é o ângulo coberto pelo esmalte ao se estender sobre a campana (rad). Para o caso da campana representada na Figura 1, por se tratar de uma cortina semicircular, tal ângulo tem valor de 180° .

Considerando-se que a campana está perfeitamente equilibrada, o fluxo de esmalte alimentado no centro do transbordador distribui-se homogeneamente de forma radial gerando uma cortina semicircular, assim os efeitos de borda produzidos no transbordamento são desprezíveis e então m_ϕ é constante e independente de ϕ . A partir de m_ϕ é possível calcular a quantidade de esmalte depositado sobre a peça ao se conhecer seu tamanho e a velocidade de avanço da mesma.

A vazão mássica média de esmalte aplicado por unidade transversal de peça, \bar{m}_p (kg/(m s)), para uma placa (ou fração de placa) de largura y (m), é dada pela Equação 2:

$$\bar{m}_p = \frac{m_\phi \phi}{y} \quad (2)$$

Na qual ϕ é o ângulo de abertura da cortina de esmalte que se deposita sobre a placa, que pode ser calculada pela Equação 3:

$$\phi = 2 \arcsen \frac{y}{r} \quad (3)$$

sendo r (m) o raio da campana. Deste modo, para uma velocidade de avanço v_p (m/s) e um comprimento de peça x (m) a quantidade de esmalte depositado G (kg) é dada pela Equação 4:

$$G = \frac{\bar{m}_p}{v_p} y x \quad (4)$$

Finalmente, combinando-se as Equações 1, 2 e 4 é obtida a Equação 5 que permite calcular a quantidade de esmalte depositado sobre a placa quando a campana é alimentada com uma vazão mássica m_0 :

$$G = \frac{m_0}{v_p} \frac{\phi}{\Phi_0} x \quad (5)$$

Segundo esta equação, a “gramatura” aplicada sobre uma placa depende unicamente da velocidade de avanço das peças, de seu tamanho e da relação angular entre o ângulo total de abertura da cortina de esmalte e o ângulo de cortina depositada sobre a placa.

A Figura 2 representa a passagem de uma placa por baixo de uma campana de esmaltação: duas faixas longitudinais de mesma largura sobre a superfície da peça estão sombreadas. A vazão mássica de esmalte depositado por um elemento da cortina de esmalte m_{ϕ_i} de ângulo ϕ_i pode ser calculada como:

$$m_{\phi_i} = m_\phi \phi_i \quad (6)$$

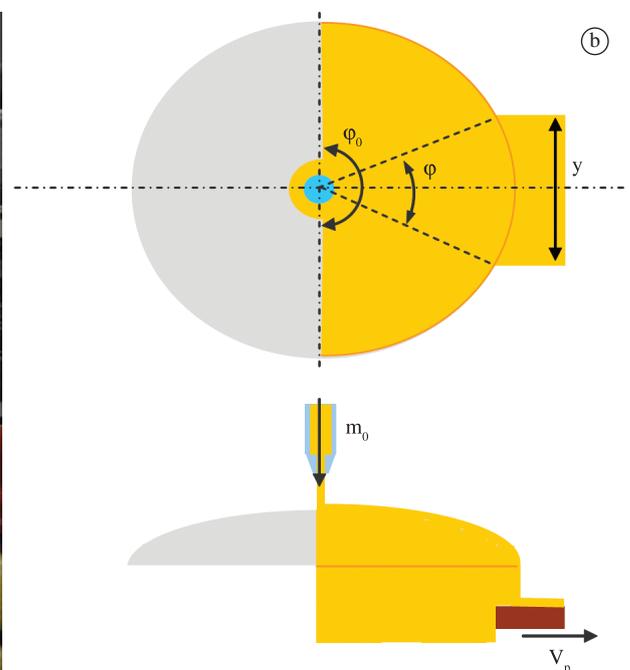


Figura 1. Cortina de esmalte semicircular gerada com uma campana convencional (esquerda) e esquema de funcionamento (direita).

Como o ângulo de cortina que deposita esmalte na parte central da peça ϕ_1 é inferior ao ângulo de cortina que o deposita na parte lateral ϕ_2 , a quantidade de esmalte aplicado sobre a parte central da placa é inferior à depositada na parte lateral. Ou seja, a vazão mássica média de esmalte por unidade de comprimento transversal da peça dada pela Equação 2 é menor na parte central da peça que nos extremos. Esta diferença é tanto maior quanto menor é o quociente entre o diâmetro da campana e a largura da peça decorada, sendo a razão pela qual as campanas dificilmente têm um grau de aproveitamento superior a 50% de seu diâmetro.

3.2. Campana de geometria otimizada

Para garantir uma distribuição homogênea da quantidade depositada de esmalte sobre uma peça é necessário que m_p se mantenha constante e não varie com a largura da peça, o que implica que a borda de descarga da campana não pode ser circular, devendo adotar a forma de uma curva determinada. Para deduzir a equação representativa desta curva é necessário definir o parâmetro r_0 (Equação 7) como o quociente entre a vazão mássica do esmalte por unidade de ângulo e a vazão mássica média de esmalte aplicado por unidade transversal da peça:

$$r_0 = \frac{m_\phi}{\bar{m}_p} \quad (7)$$

Como a distribuição de esmalte aplicado é homogênea quando m_p é constante, e considerando-se que m_ϕ é independente do valor de ϕ (Equação 7), para que m_p seja constante então r_0 também deve sê-lo. Deste modo, a partir da Equação 2 e tendo-se em conta a definição de m_ϕ dada pela Equação 1, pode-se obter:

$$r_0 = \frac{m_0 y}{\phi_0 m_\phi \phi} = \frac{m_0 y}{m_0 \phi} = \frac{y}{\phi} \quad (8)$$

Definindo-se r como a distância entre o centro da campana e a borda de descarga da mesma, medida sobre o plano horizontal que passa por seu centro (Figura 2), é obtida a relação:

$$\text{sen}\phi = \frac{y}{r} \rightarrow y = r \text{sen}\phi \quad (9)$$

Finalmente, combinando-se as Equações 8 e 9 pode-se obter a Equação 10:

$$r(y, \phi) = \frac{r_0(y)\phi}{\text{sen}\phi} \quad (10)$$

Como r_0 deve manter-se constante para assegurar a homogeneidade da distribuição de esmalte, então:

$$\frac{r}{r_0} = \frac{\phi}{\text{sen}\phi} \quad (11)$$

Sendo r_m o raio de uma campana circular, quando r é igual a r_m o ângulo ϕ é igual a $\pi/2$ e a relação entre r_m e r_0 é dada diretamente por:

$$\frac{r_m}{r_0} = \frac{\pi}{2} \quad (12)$$

A Equação 11 combinada com a Equação 12 indica para r_m ou r_0 qual é a variação do raio de curvatura com o ângulo ϕ que a campana deve apresentar para que a cortina gerada resulte em uma distribuição de esmalte homogênea em toda a largura da peça.

Para se compreender melhor o significado destas equações na Figura 3 a linha vermelha representa de forma qualitativa a cortina circular de esmalte gerada por uma campana convencional de raio r . A linha azul corresponde a uma cortina que gera uma distribuição homogênea de esmalte sobre a peça, onde r_m é igual ao raio da campana circular representada pela linha vermelha. Por último, a linha verde representa uma cortina de esmalte melhorada, onde r_0 tem o mesmo valor que o raio da campana circular.

Como pode ser comprovado, é possível obter-se uma campana de distribuição homogênea a partir de uma campana circular recortando-se a borda da mesma. Ou seja, seguindo-se o exemplo da Figura 3, a curva azul poderia ser obtida a partir de uma campana circular como a representada pela linha vermelha.

3.3. Simulação do comportamento do projeto da campana melhorada

Para determinar se o projeto proposto apresentaria na prática as vantagens mencionadas, o comportamento de uma campana como a representada pela linha vermelha na Figura 3 foi comparado

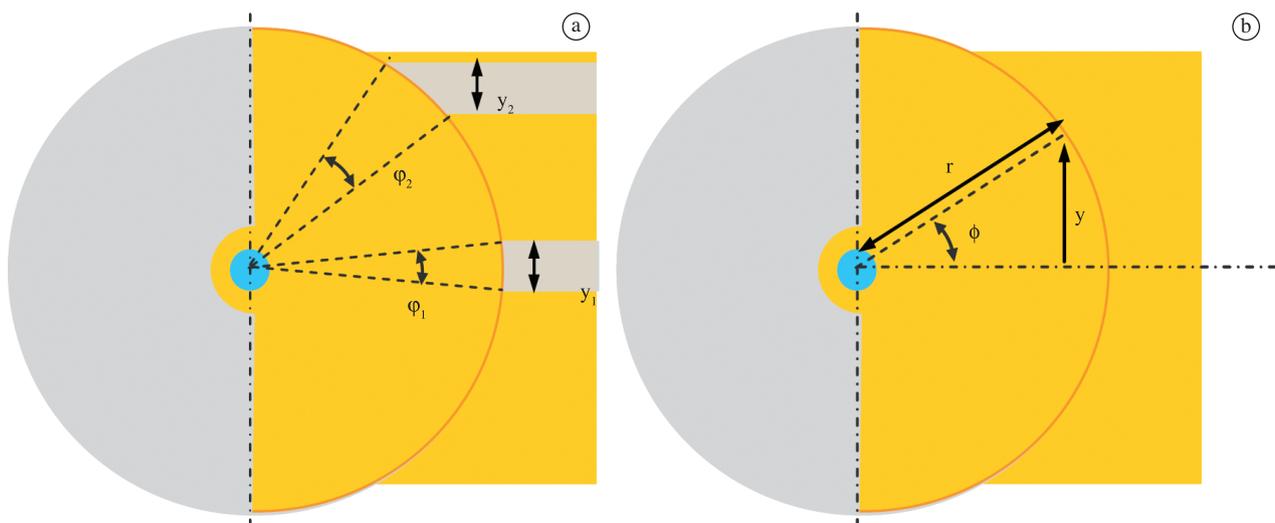


Figura 2. Ângulos de cortina de esmalte correspondentes a diferentes regiões de uma peça esmaltada (a) e parâmetros geométricos característicos da borda de descarga (b) em uma campana circular.

teoricamente com o de uma campana melhorada como a representada pela linha azul.

Desenvolvendo-se as equações apresentadas, pode-se demonstrar que a quantidade de esmalte aplicado por uma campana de revolução e de perfil arbitrário é dada pela Equação 13:

$$\frac{m_p}{m_\phi} = \frac{1}{r \cos \phi + r' \sin \phi} \quad (13)$$

Sendo m_p a quantidade de material aplicado por unidade de comprimento perpendicular ao avanço da peça (kg/(m s)). Se a campana é circular, seu raio r é constante e sua derivada r' anula-se (Equação 14), o que permite calcular a quantidade total de esmalte por unidade de comprimento aplicada por uma campana convencional de raio r :

$$\frac{m_p}{m_\phi} = \frac{1}{r \cos \phi} \quad (14)$$

Para uma campana de distribuição homogênea como a proposta, substituindo-se a Equação 11 na Equação 13 resulta em:

$$\frac{m_p}{m_\phi} = \frac{1}{r_0} \quad (15)$$

As Equações 14 e 15 mostram que para uma campana otimizada m_p é constante em toda a largura da peça, mas para uma campana convencional este parâmetro depende do ângulo ϕ e, portanto, da largura da peça esmaltada.

Como exemplo, foi calculada a variação da vazão média por unidade de comprimento transversal para cinco peças hipotéticas de 20, 40, 60, 80 e 100 cm de largura (parâmetro 2 e segundo Figura 2) esmaltadas com uma campana convencional de 50 cm de raio e uma campana otimizada de raio máximo igual a 50 cm para uma vazão mássica de esmalte por unidade de ângulo de 0,15 kg/(s rad), Tabela 1.

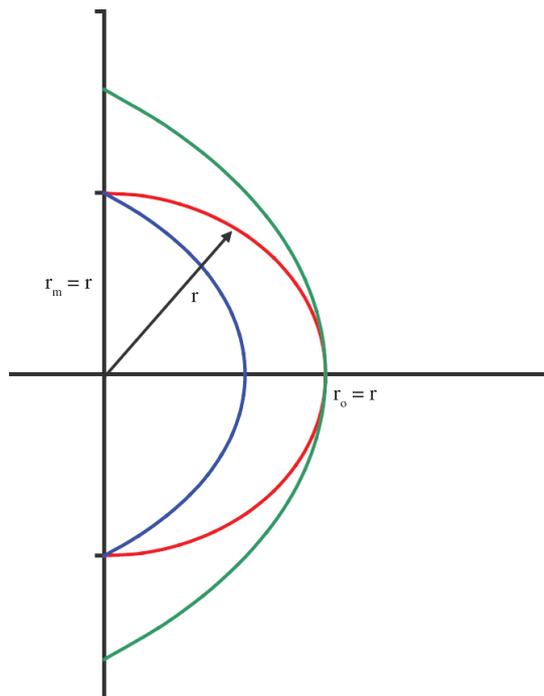


Figura 3. Cortina gerada por uma campana circular convencional (linha vermelha) e a gerada por duas campanas de distribuição homogênea (linhas verde e azul).

Pode-se ver na Tabela 1 que para uma campana convencional o valor da vazão mássica média por unidade transversal da peça aumenta consideravelmente ao se esmaltar peças mais largas. Isto resulta em que a zona útil da cortina de esmalte é reduzida em praticamente 50% ao se evitar a aparição de defeitos associados a uma distribuição heterogênea de esmalte sobre a superfície das peças.

Mas ao contrário, a vazão mássica média por unidade de comprimento transversal de peça não depende da largura da peça quando se utiliza uma campana melhorada, Tabela 2. Isto garante que a qualidade do esmalte aplicado sobre a peça seja homogênea em toda sua largura se o equilíbrio da campana é correto, sendo a zona útil da cortina gerada de esmalte muito maior que em uma campana convencional.

As vantagens de uma campana melhorada devem-se a que a relação entre a largura da peça e o ângulo da cortina que deposita o esmalte nesta zona da peça é independente da posição considerada. A partir dos valores do ângulo de cortina de esmalte depositado sobre cada peça (ϕ) obtidos das Tabelas 1 e 2, pode-se comprovar para uma peça de 1 m de largura que para uma campana convencional os 10 cm centrais são cobertos por um ângulo de cortina de 12°, enquanto que os 10 cm mais próximos da borda da peça são decorados por um ângulo de cortina de 36°. Porém, para uma campana melhorada tanto os 10 cm mais próximos do centro da peça quanto os mais próximos da borda são decorados por um ângulo de cortina de 18°.

4. Materiais e Métodos

A partir de uma campana convencional de 66 cm de diâmetro foi obtida uma campana melhorada de raio máximo de 33 cm mediante a usinagem da borda de descarga da primeira. Foi usada uma máquina de corte por eletroerosão a fio controlada por comando numérico e alimentada com os dados correspondentes à curva característica da borda melhorada, e o excesso de material foi eliminado, obtendo-se a campana melhorada mostrada na Figura 4.

Para validar o funcionamento da campana melhorada esta foi instalada em uma linha de esmaltação piloto junto a uma campana de esmaltação convencional com as mesmas dimensões que a campana original a partir da qual foi obtida a melhorada. Ambas as campanas foram alimentadas por uma única bomba impulsora com o mesmo esmalte a partir de um tanque situado ao lado da linha. Foi usado um esmalte normalmente empregado para decoração de suportes de grés porcelânico.

Os ensaios para determinar a distribuição da quantidade de esmalte aplicado por ambos os dispositivos consistiram em fazer

Tabela 1. Variação teórica da vazão mássica média por unidade transversal de peça aplicada por uma campana convencional.

2y (cm)	Φ (°)	m_p (g/(s cm))
20	24	3,02
40	48	3,09
60	74	3,22
80	108	3,48
100	180	4,71

Tabela 2. Variação teórica da vazão mássica média por unidade transversal de peça aplicada por uma campana otimizada.

2y (cm)	Φ (°)	m_p (g/(s cm))
20	36	4,71
40	72	4,71
60	108	4,71
80	144	4,71
100	180	4,71



Figura 4. Campana com distribuição homogênea da quantidade de esmalte aplicado obtida pela usinagem de uma campana convencional (a) e placa metálica de controle (b).



Figura 5. Campana convencional e melhorada durante a validação experimental.

passar através da cortina criada por cada uma das campanas uma placa metálica com 40 cm de largura e 30 cm comprimento, sobre a qual foram dispostas cinco tiras metálicas de 5 cm por 30 cm homogeneamente distribuídas sobre a placa metálica, sendo a lâmina 3 situada no centro, Figura 4. A partir da medição da massa de esmalte depositada sobre cada uma das lâminas metálicas, foi possível conhecer a distribuição de esmalte gerada pelos dois dispositivos, nas condições experimentais ensaiadas.

5. Validação Experimental

A Figura 5 mostra as duas campanas vertendo esmalte no momento da realização dos experimentos de validação do equipamento melhorado. As Tabelas 3 e 4 mostram as distribuições de esmalte obtidas segundo o procedimento experimental descrito na seção 3, sendo G_{total} a quantidade de esmalte vertido sobre a placa de controle completa e G_i as quantidades de esmalte depositado sobre cada uma das lâminas. Para cada dispositivo foram realizadas cinco repetições para se obter um valor médio da distribuição.

Tabela 3. Distribuição de esmalte aplicado por uma campana convencional.

Medida	G_{total} (g)	G_{total} (g/cm ²)	G_1 (g)	G_2 (g)	G_3 (g)	G_4 (g)	G_5 (g)	$\Delta G_{máx}$ (g)
1	129,1	0,108	17,3	15,3	15,5	16,4	18,5	3,2
2	128,6	0,107	17,6	15,3	15,1	16,2	18,3	3,2
3	128,6	0,107	17,1	15,7	15,2	16,2	18,2	3,0
4	127,3	0,106	17,0	15,4	14,8	16,0	18,0	3,2
5	124,9	0,104	16,9	14,7	13,9	15,2	17,8	3,9
Média	128,3	0,107	17,1	15,3	14,9	16,0	18,2	3,3

Tabela 4. Distribuição de esmalte aplicado por uma campana melhorada.

Medida	G_{total} (g)	G_{total} (g/cm ²)	G_1 (g)	G_2 (g)	G_3 (g)	G_4 (g)	G_5 (g)	$\Delta G_{máx}$ (g)
1	99,0	0,083	12,1	12,3	12,3	11,8	12,0	0,5
2	98,8	0,082	12,1	12,3	12,3	11,9	12,1	0,4
3	98,7	0,082	12,1	12,3	12,3	11,9	12,1	0,4
4	100,7	0,084	11,8	12,2	12,3	12,0	12,0	0,5
5	100,4	0,084	11,9	12,2	12,3	12,0	11,8	0,5
Média	99,5	0,083	12,0	12,3	12,3	11,9	12,0	0,5

Pode-se observar que, como era de se esperar, a campana convencional apresenta uma distribuição do esmalte aplicado muito mais heterogênea que a campana otimizada. Além disso, a campana convencional apresenta um desvio máximo de 3,9 g entre a quantidade depositada de esmalte sobre as diferentes lâminas, enquanto esta diferença é de somente 0,5 g para a campana melhorada.

A Figura 6 mostra as distribuições médias normalizadas da quantidade aplicada de esmalte para cada dispositivo nos ensaios realizados. De acordo com o gráfico, a campana convencional aplica uma maior quantidade de esmalte nas laterais da peça, enquanto que a campana otimizada aplica uma quantidade parecida e próxima a 20% do total em toda a largura da peça. Embora existam pequenos desvios em relação ao valor teórico de 20% estas diferenças estão sempre dentro do erro experimental existente na medida da quantidade depositada de esmalte sobre cada lâmina, como mostram as barras de erro do gráfico.

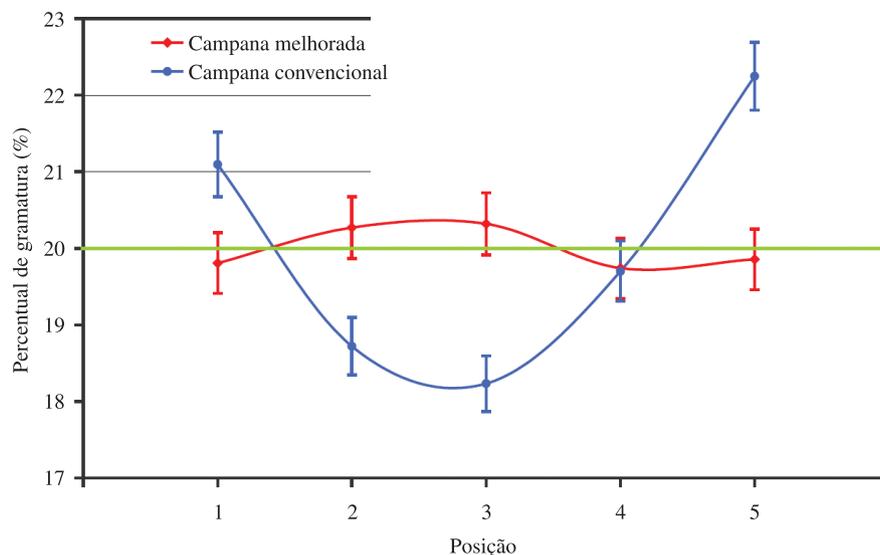


Figura 6. Distribuições médias normalizadas de esmalte aplicado pelos dois dispositivos ensaiados.

A pequena assimetria observada na distribuição de esmalte aplicado pela campana convencional pode ser devida a um equilíbrio deficiente do dispositivo durante o momento de se realizar as medidas. Isto mostra a grande importância de um bom equilíbrio para se obter uma correta distribuição de esmalte tanto no sistema convencional quanto no sistema proposto.

Os resultados obtidos nos experimentos realizados permitem validar o funcionamento da campana com borda de descarga melhorada e comprovam as equações teóricas mostradas na seção 3. Mesmo não tendo sido comprovado o bom funcionamento do dispositivo em condições industriais, pode-se dizer que o novo desenho da campana garante uma distribuição de esmalte muito mais homogênea que a proporcionada pela campana convencional.

6. Conclusões

As principais conclusões deste trabalho são:

- Foi estudada a geometria do processo de deposição de esmalte na forma de cortina semicircular sobre placas cerâmicas e foi comprovado que as diferenças na quantidade de esmalte aplicado entre as bordas e o centro das peças são devidas a que o arco de cortina por unidade de comprimento transversal de peça é maior nos lados da placa que no centro;
- Foi deduzida uma equação representativa da curvatura da borda de descarga de uma campana de esmaltação que mantenha constante o ângulo de cortina depositada por unidade de comprimento transversal de peça para toda a largura da placa decorada;
- Foi construída uma campana cuja borda de descarga tem a curvatura representada pela equação deduzida e seu funcionamento foi validado em condições reais de operação.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem ao Instituto da Pequena e Média Indústria Valenciana (IMPIVA) o financiamento para sua

realização pelo programa de apoio à P&D em centros tecnológicos da rede IMPIVA (IMDEEA/2011/105).

Referências

1. ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LAS INDUSTRIAS CERÁMICAS - AICE. **Campana esmaltadora isoflujo de piezas cerámicas**. PI 201031682, 17 out. 2010.
2. PEÑALVER, J. et al. Estudio de las variables de control de la aplicación serigráfica y su influencia sobre la dispersión de tonalidades en baldosas. **Cerámica Información**, v. 229, p. 37-43, 1997.
3. FERRANDO, F. et al. Desarrollo de color y aparición de tonalidades en piezas de pavimento extruido esmaltado, tipo rústico. **Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio**, v. 38, n. 6, p. 471-476, 1998. <http://dx.doi.org/10.3989/cyv.1998.v37.i6.992>
4. SHARMA, K. D. Génesis de la variación de tonalidades en las baldosas cerámicas y algunos remedios que se recomiendan. In: QUALICER: I CONGRESO MUNDIAL DE LA CALIDAD DEL AZULEJO Y DEL PAVIMENTO CERÁMICO, 1990, Castellón. **Anais...** Castellón: Cámara Oficial de Industria Comercio y Navegación, 1990.
5. PERIS FAJARNÉS, G. et al. Revisión de estudios y referencias sobre los parámetros que pueden producir variabilidad tonal y defectos superficiales en la producción de azulejos y pavimentos cerámicos. In: QUALICER 2002: VII CONGRESO MUNDIAL DE LA CALIDAD DEL AZULEJO Y DEL PAVIMENTO CERÁMICO, 3., 2002, Castellón. **Anais...** Castellón: Cámara oficial de Comercio, Industria y Navegación, 2002. p. 27-34.
6. BONET, G. et al. Estudio de factores industriales que influyen en la aparición de tonalidades en baldosas cerámicas. **Cerámica Información**, v. 240, p. 29-34, 1998.
7. ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LAS INDUSTRIAS CERÁMICAS - AICE. **Dispositivo y método de control automático de aportación de fluidos**. ES 2165760, 15 maio 2003.
8. MALLOL, J. G. et al. Desarrollo de un sistema de esmaltado insensible a las variaciones de viscosidad del esmalte. **Técnica Cerámica**, v. 367, p. 1056-1065, 2008.
9. ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LAS INDUSTRIAS CERÁMICAS - AICE. **Dispositivo de alimentación de líquidos o suspensiones**. PI 200702537, 27 set. 2007.