

A Medição das Cores em Cerâmica Digital

Alessandro Beltrami^a, Maira da Costa^{a*}

^aIntesa, Image Division, Fiorano, Itália

*e-mail: maira.dacosta@intesa.sacmi.it

Resumo: Existe uma série de instrumentos utilizados para a medição de cores, mas para os sistemas de trabalho de cerâmica digital os mais apropriados são os espectrofotômetros. Eles podem possuir a geometria 0°: 45° ou 45°: 0° ou serem esféricos. A escolha de qualquer um dos tipos citados vai depender da aplicação e do tipo de superfície a ser medida. Esta medição influencia diretamente na qualidade do perfil ICC a ser gerado e na conversão dos dados espectrais no gerenciamento de cores.

Palavras-chave: medição de cores, perfis ICC, gerenciamento de cores, espectrofotometria, cerâmica digital.

1. Introdução

Os *workflows* de decoração de cerâmica digital são baseados em algoritmos de gerenciamento de cores que usam principalmente o padrão ICC ou outros modelos baseados em colorimetria semelhantes, tal como definido pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação)¹. Os dados colorimétricos para esses modelos são obtidos a partir de medições feitas com espectrofotômetros ou scanners espectrais e servem para descrever a renderização de cor e correlacioná-la com dados digitais. Como todos os instrumentos de medição, espectrofotômetros têm limites e tolerâncias que são frequentemente ignorados pelos usuários. Há também diversas classes de espectrofotômetros, cada um com suas próprias características e recomendação de uso. A tecnologia neste campo não evoluiu muito que, ao contrário do esperado, permite encontrar hoje espectrofotômetros muito semelhantes aos de 20 anos atrás, em termos de precisão de medição.

Usando um espectrofotômetro corretamente no fluxo de trabalho digital permite economias de tempo consideráveis quando a conversão dos dados que contém a imagem que necessita ser transferida para a impressora digital de cerâmica. A utilização incorreta do espectrofotômetro ou a escolha de um modelo que não é adequado para o material a ser medido introduz erros instrumentais que resultam em rendimentos muito baixos do processo de conversão e uma consequente perda de detalhes ou em cores indesejáveis.

O processo de conversão de imagem digital está intimamente ligado com a qualidade das medições.

A saída de perfil ICC contém todas as tabelas de associação entre o espaço de cor CIE XYZ e as combinações de porcentagens dos canais da impressora digital que mais se aproximam da matriz. Essas tabelas são válidas para um substrato específico (esmalte), para uma

impressora digital específica e com aplicativos e ciclo de queima específicos. Elas são criadas através de leituras espectrofotométricas por aplicativos de software chamado de “profilers”, sendo que a sua qualidade está intimamente relacionado com o da medição.

Embora o padrão ICC (ISO 15076)² é o mais amplamente usado no mercado, existem outros métodos exclusivos para descrever a relação entre a colorimetria e da matriz de impressão. No entanto, se eles usam a CIE XYZ ou modelo de cores Lab, sua lógica de funcionamento não divergem significativamente do modelo padrão.

Como pode ser visto na figura 1, durante um processo de conversão de uma imagem digital é estabelecido uma correlação estreita entre os perfis ICC de entrada e saída, os quais são ligados por um espaço de cor CIE XYZ referência. O espaço de cor CIE XYZ torna possível definir a correspondência de qualquer cor, quando vista por um observador específico em condições específicas de iluminação. Os três números que compõem CIE XYZ representar simplesmente a forma na qual uma pessoa percebe a cor, mas não dão nenhuma indicação das características físicas da cor que tenha sido medido, o qual deve então ser definidos por meio de medição de tipo espectral.

O sistema utilizado pelos perfis ICC é, portanto, uma simplificação do modelo de visão, porque ele não leva em conta diversos parâmetros que são muito importantes para as cerâmicas digitais, incluindo:

- Aparência da superfície do material, tal como o nível de brilho;
- A capacidade do olho humano de ter em conta outras cores que cercam o observado;
- Reticulagem da amostra de cor digital observada (presença de pontos visíveis criadas pela tecnologia digital);
- Efeitos do metamerismo da cor quando vistas sob iluminantes que não D50;
- Os defeitos de superfície em amostras (por exemplo, *matting*, *colour floating*, etc.)...

O padrão ICC requer duas medidas, ou seja, tanto os perfis de entrada e quanto os de saída, para compartilhar as mesmas condições de medição:

- Geometria das medições espectrofotométricas e outros parâmetros de medição definidos pela norma ISO 13655³ (0° : 45° ou 45° : 0°);
- Iluminante de referência, que define o ponto de branco (D50 / 2°).

Analisaremos estes dois parâmetros para entender suas limitações e possíveis desenvolvimentos futuros.

2. Geometria

Existem várias classes de espectrofotômetro com diferentes geometrias de medição no mercado, em especial:

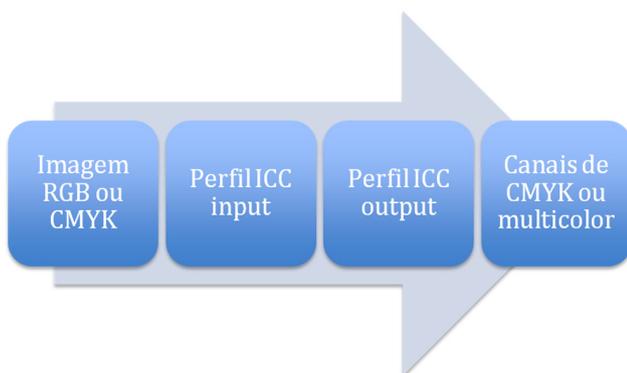


Figura 1. Processo de conversão de imagem digital.

- 0° : 45° ou 45° : 0° Espectrofotômetros para artes gráficas;
- Com a digitalização manual ou automático;
- Com ou sem função de espectroradiômetro (capacidade também para medir a luz emitida por uma fonte luminosa ou por um monitor);
- Integração espectrofotômetros esfera;
- Manual;
- Com automação de mesa;
- Scanners espectral.

A cor também pode ser medida usando colorímetros ou densitômetros. Colorímetros são instrumentos mais simples que permitem a aquisição de cores utilizando três filtros capazes de devolver as coordenadas de CIE XYZ. Eles não têm aplicações práticas na indústria de cerâmica além de calibrar monitores.

Densitômetros são instrumentos com filtros (geração antiga) ou com sensores espectrais (nova geração) concebidos para medir a quantidade de C, M, Y e K tinta depositada sobre um substrato de papel, e não são utilizados na indústria da cerâmica.

Assim, o modelo ICC prevê apenas o uso de espectrofotômetros de artes gráficas, com a medição das condições descritas pela ISO 13655³, um padrão desenvolvido para medição em substratos de papel. A superfície de cerâmica tem características específicas que diferem consideravelmente do papel, especialmente nas seguintes condições:

- Esmaltes altamente brilhantes;
- Imperfeições superficiais;
- Superfícies texturizadas;
- Esmaltes ou grãos de protecção.

Qualquer uma destas situações pode causar a um espectrofotômetro 0° : 45° uma leitura incorreta da cor da amostra. No caso dos esmaltes brilhantes ou superfícies com textura, o efeito que se observa é certo grau de “cegueira” nas áreas de cor clara ou escura, em função das circunstâncias específicas. No caso dos esmaltes de protecção ou grits, um fenómeno de difracção de luz ocorre, resultando numa variação da cor tipicamente na zona de tonalidades avermelhadas.

Embora espectrofotômetros com a integração de geometria esfera, como o modelo apresentado na Figura 2, não são compatíveis com o padrão ICC e com o modelo de visão algorítmico de gerenciamento de cores geral, eles são capazes de ler amostras de cores em praticamente todas as condições. A área de medição é tipicamente de 8 milímetros, mas há modelos com 4 milímetros ou 12/14 milímetros aberturas. Uma abertura excessivamente pequena (por exemplo, 4 mm) será muito sensível a imperfeições na amostra a ser medida, enquanto que com uma abertura demasiado grande (por exemplo, 8 mm), não permitirá a criação de *testcharts* com muitas combinações. Esses instrumentos também têm uma precisão muito maior do que os modelos de 0° : 45°, principalmente devido à sua qualidade de construção superior. Como os espectrofotômetros esfera tem um tempo de medição de 2-3 segundos por amostra, eles devem de ser

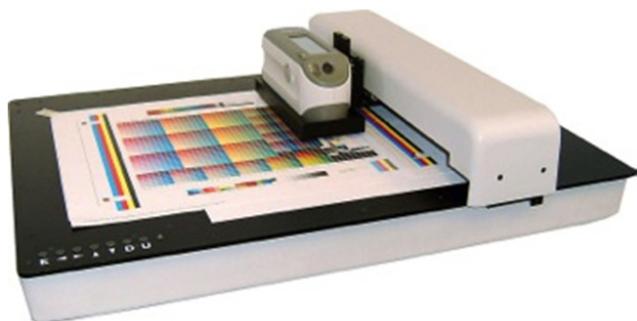


Figura 2. Espectrofotômetro esférico automático da Konica Minolta CM2600d.

automatizado, a fim de ser utilizado eficazmente nos procedimentos de caracterização.

3. Iluminante de Referência

O iluminante de referência define a luz incidente sobre o material sobre o qual os dados colorimétricos são calculados. Simplificando, ela define a “cor” que o branco absoluto assume nas diversas áreas do espectro de cores. Todos os dados CIE XYZ e CIE Lab são calculados com base num iluminante referência: para o mesmo valor numérico, dois valores Lab diferentes podem referir-se a duas cores diferentes, se a fonte luminosa de referência é diferente.

A Tabela 1 apresenta os tipos de iluminantes mais comuns e seus usos principais. O uso do iluminante D50 para todos os dados do fluxo de trabalho gráfico desde início da década de 1950 diverge do iluminante D65 usado em todo o mundo da indústria. A razão para esta diferença, que hoje cria problemas consideráveis em vários setores, incluindo o de cerâmica, é um mistério. Várias autoridades na área de padronização e colorimetria dão respostas diferentes. A teoria mais amplamente aceita é que o 5000K do iluminante D50 corresponde mais de perto ao ponto de branco dos filmes fotográficos da época, quando vistos em uma janela ensolarada. Se for esse o caso, foi uma escolha arbitrária e ilógica (luz solar varia de acordo com a época do ano e da latitude). Em vez disso, parece provável que um fator que contribuiu foi uma briga acirrada entre o grupo de trabalho das indústrias de tintas e de pigmentos, que favoreceu o D65, por isso a escolha foi parcialmente feita por maldade. A ciência nem sempre segue os caminhos mais lógicos e racionais. Dito isto, a situação hoje é que de dois mundos diferentes devem dividir medições feitas com dois iluminantes diferentes. Do ponto de vista da indústria e controle de matérias-primas (tintas, esmaltes, substratos, etc.), o padrão de uso é D65/10°, enquanto que para o intercâmbio de dados gráficos (ICC), o padrão é D50 / 2°. Embora os sistemas de cálculo aproximado existam, não é matematicamente possível transformar as medidas de um sistema para outro, com qualquer grau de certeza tão grande, é preciso ter cuidado para não misturar medições efetuadas de acordo com padrões diferentes. Se considerarmos uma estação de trabalho gráfico clássico para o desenvolvimento e engenharia de projetos de cerâmica, as medições espectrofotométricas são feitas em várias etapas:

- Medição das condições de iluminação (ISO 3664)⁴;
- Calibração e perfis do monitor (ISO 3664 e ISO 12646)^{4,5};
- Calibração (linearização) da máquina de decoração digital;
- Caracterização (e conseqüente perfilação) da máquina de decoração digital (ISO 15076)²;
- O controle de qualidade na produção e várias análises de tinta.

O tipo de aparelho utilizado para cada uma destas fases é muito importante, para permitir que todo o sistema utilize um sistema métrico e medições comparáveis. Cada classe de instrumento lê a cor de um modo característico, e os valores que são obtidos podem não ser mutuamente compatíveis.

Tabela 1. Tipos de iluminantes e sua temperatura de luz.

Iluminante	Temperatura (K)	
A	2.856	Lampada incandescente
F11	4.000	Típico neon de escritório (TL84)
D50	5.003	Luz solar no horizonte (usado em artes gráficas e pelo padrão ICC)
D65	6.504	Luz solar do meio-dia (usado na indústria, controle, televisão, fotografia digital de alta qualidade - sRGB e Adobe 1998).

4. A Solução Intesa

A Intesa desenvolveu o seu próprio fluxo de trabalho de impressão digital em cerâmica, Crono, que leva em conta o rigor das medições espectrofotométricas. Crono é compatível com várias classes de espectrofotômetros, desde os mais simples: 0° 45° do tipo que são mais amplamente utilizados em sistemas de perfis, aos mais sofisticados espectrofotômetros esfera automatizadas que proporcionam um desempenho excepcional nas mais variadas condições. Na Figura 3, é apresentada uma versão do Crono que utiliza o espectrofotômetro da Eye-One da X-Rite. Entretanto, Crono pode utilizar dados espectrais provenientes de outros tipos de espectrofotômetros, aplicação de filtros matemáticos proprietários em algumas fases de harmonizar as diversas normas de medição. A análise espectral também é usada para compensar os fundos coloridos,



Figura 3. Sistema Crono com o espectrofotômetro 0°:45° X-Rite Eye-One.

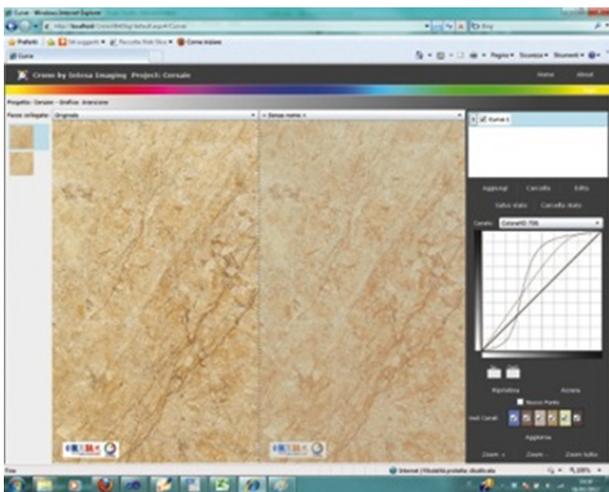


Figura 4. Correção de esmalte colorido no Crono.

em casos em que os projectos gráficos têm de ser convertido a partir de um colorido para um esmalte branco ou vice-versa. Neste caso, a qualidade das medições espectrofotométricas é essencial para evitar a degradação dos desenhos gráficos originais. Numerosas experiências mostraram que, nestes casos, a utilização de espectrofotômetros esfera traz enormes vantagens sobre os espectrofotômetros de 0° : 45°, apesar do seu custo mais elevado.

5. O Crono

- 1 Adquisição, inserção e análise de gráficos. Imagens a serem impressas podem ser recuperados a partir de fornecedores externos, mas também adquiridas por meio de um scanner dedicado para ser inserida no sistema. Todos os principais formatos (TIFF, JPEG, PSD, etc) são aceitos com a possibilidade de leitura RGB, CMYK Lab, espaços de cores Multicolor; ilustrações podem ser carregados como faces individuais ou por meio de um único lenço. A atribuição automática ou manual de perfis de origem também é implementada.
- 2 Printability test. Geração automática de uma peça teste com verificação visual e instrumental da “qualidade de impressão” de um projeto com compensação automática da tinta/máquina/ substrato/ disparando a calibração do sistema.
- 3 A caracterização e separação. A geração automática de paletas (*testchart*), de 3 a 8 cores, dependendo da calibração da máquina e padrões para a produção, gravação de espectrofotometria com instrumentos 45°/0° (X-Rite i1 e Konica Minolta FD-7) ou instrumentos de esfera (X-Rite SP62) ou scanners espectrais. Separação automática de gráficos no formato adequado para a máquina e criação automática de previews do resultado final.
- 4 Gestão de modificações manuais. Variações de tom com curvas aplicada em sequência para os gráficos originais ou separação final. As modificações são salvas em um relatório especial , conforme apresentado na Figura 4.
- 5 Produção e controle de qualidade. Gerenciamento simultâneo de várias unidades de impressão, integração com a impressora digital Colora HD Black e outros fluxos de trabalho. Possibilidade de criptografar dados na Colora HD Black para a proteção dos dados em caso de transferência para estações remotas

Referências

1. COMMISSION INTERNATIONALE DE L ECLAIRAGE – CIE. **CIE 015:2004**: Colorimetry. 3rd ed. CIE, 2004.
2. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 15076-1:2010**: Image technology colour management -- Architecture, profile format and data structure -- Part 1: Based on ICC.1:2010. ISO, 2010.
3. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 13655:2009**: Graphic technology -- Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images. ISO, 2009.
4. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 3664:2009**: Graphic technology and photography — Viewing conditions. ISO, 2009.
5. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 12646:2008**: Graphic technology — Displays for colour proofing — Characteristics and viewing conditions. ISO, 2008.