

Utilização eficiente do dióxido de titânio

Introdução

Os formuladores e fabricantes de revestimentos estão interessados em produzir e comercializar produtos de baixo custo e alta qualidade para aumentar o lucro. Em muitos revestimentos, o TiO_2 tem um efeito importante na qualidade e no custo. Assim, é válido que um produtor de revestimentos responda as seguintes perguntas com um alto grau de certeza:

- Estou usando o TiO_2 de maneira muito eficiente para obter a opacidade em meus produtos?
- Estou usando o melhor tipo de TiO_2 ?
- Tenho a quantidade certa de TiO_2 por galão ou estou usando uma quantidade maior ou menor para a qualidade que desejo atingir?
- Como posso usar o TiO_2 e os toners para obter o equilíbrio de brilho e opacidade que desejo?

Normalmente, as respostas a essas perguntas são qualitativas com um baixo nível de certeza. Boas respostas são importantes e úteis, principalmente quando o dióxido de titânio é escasso no mundo inteiro e provavelmente assim o continuará por algum tempo.

Para determinar o poder de cobertura ou a opacidade, os especialistas em revestimentos normalmente usam métodos visuais ou instrumentais. Em uma comparação visual de dois revestimentos, o observador dirá que um revestimento tem opacidade superior, inferior ou, talvez, idêntica com relação ao outro. Essa pessoa pode até mesmo adivinhar a proporção. É o mesmo que acontece com as razões de contraste, porém, a propensão do observador é reduzida.

Por exemplo, se o Revestimento A tem uma razão de contraste de 0,920 e o Revestimento B tem uma razão de contraste de 0,900, tudo o que se pode dizer a respeito é que o Revestimento A tem uma opacidade mais alta do que o Revestimento B. Podemos dizer que ela é 0,020 mais alta, mas não está claro como podemos usar esse número para formular o Revestimento B de tal forma que tenha cobertura idêntica. Além disso, esse número não ajuda muito a decidir o que deve ser alterado para melhorar a opacidade.

Felizmente, as respostas quantitativas às perguntas acima podem ser obtidas com a realização de uma quantidade razoável de trabalho em laboratório usando as equações de Kubelka e Munk. Essa abordagem é conhecida de muitos que trabalham na área. Acreditamos que o uso

dessa técnica é bastante facilitado por nosso programa de computador amigável. Esse documento se dedicará a explicar esse método e a fornecer exemplos de como pode ser utilizado.

Informações

Em 1931, Kubelka e Munk publicaram equações demonstrando a relação entre a razão de contraste, o brilho e a quantidade de material dispersor da luz no filme pigmentado. As equações são bastante complexas e envolvem cálculos matemáticos tediosos. Ao longo dos anos, as equações foram modificadas¹ e, até mesmo, simplificadas em formatos tabulares ou gráficos.^{2,3,4,5,6,7} O uso muito difundido de computadores pelos fabricantes de revestimentos nos levou a desenvolver um software fácil de ser usado para realizar cálculos Kubelka-Munk com precisão e velocidade, ao mesmo tempo em que diminui o tédio, em comparação a outras técnicas.

A equação geral de Kubelka-Munk:

$$R = \frac{SX(1R_\infty - R_\infty)}{(R_g - R_\infty) - (R_g/R_\infty)e^{-SX(1R_\infty - R_\infty)}}$$

Ela expressa a refletância, R , do filme sobre um fundo de refletância R_g como uma função do poder de dispersão do filme SX e R_∞ — a refletância de um filme tão espesso que uma espessura maior não altera a refletividade. Essa relação pode ser usada para determinar o poder de dispersão de um revestimento, SX .

SX é um produto sem dimensão; S é o coeficiente de dispersão e X é a quantidade de material dispersante. S é uma característica constante de um determinado revestimento e uma medida direta da eficácia do TiO_2 em proporcionar opacidade e brilho. O poder de dispersão de SX desse revestimento só pode ser alterado com a variação de X , a quantidade de material dispersor da luz. X pode ser expresso como espessura do filme em mil ou galão/pé² (as unidades de S serão recíprocas de X , por exemplo, mil⁻¹ ou pé²/galão).

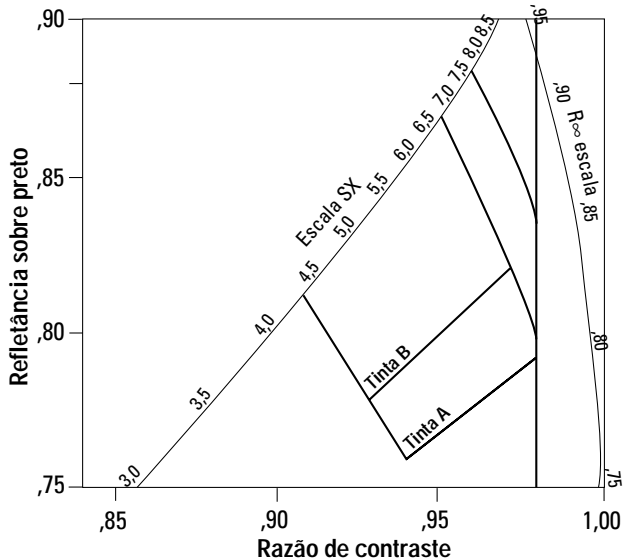


The miracles of science™

X também pode ser expresso em termos da quantidade de TiO_2 presente no revestimento, normalmente g/m^2 , ou seja, gramas de TiO_2 em cada metro quadrado de superfície revestida. Novamente, as unidades de S serão recíprocas a X, por exemplo, m^2/g .*

Uma representação gráfica das equações de Kubelka-Munk é mostrada na **Figura 1**. Ela inter-relaciona a refletância sobre preto, R_∞ , razão de contraste e SX. Através da determinação experimental da razão de contraste e da refletância sobre preto, a **Figura 1** pode ser usada para descobrir SX e R_∞ .

Figura 1. Inter-relações de Kubelka-Munk



Os coeficientes de dispersão são afetados por muitos fatores nas fórmulas de tintas. Eles fornecem medidas quantitativas úteis na comparação de fórmulas de tintas, dos tipos de TiO_2 diferentes e dos efeitos das alterações nas formulações.

A vantagem de trabalhar com coeficientes de dispersão da luz, em vez de somente com a razão de contraste, pode ser ilustrada com os dados da **Tabela 1** tirados dos exemplos da **Figura 1**.

Ambas as tintas, nesse caso, têm o mesmo valor de SX (4,3), indicando poder de dispersão idêntico. Porém a Tinta A tem mais cobertura total (razão de contrastes mais alta) em virtude de uma maior absorção (demonstrada por um R_∞ menor). Se diminuído o brilho da Tinta B para 0,81, ela ficaria igual à Tinta A. Nesse exemplo, X, expressado como uma taxa de difusão, é o mesmo para as duas tintas.

Tabela 1
Exemplo da comparação de tintas de acordo com o poder de dispersão da luz

Tinta	Razão de contraste	R_∞	SX	Taxa de difusão aplicada, pés ² /galão
A	0,94	0,81	4,3	800
B	0,93	0,85	4,3	800

Usando os mesmos dados, pode-se calcular a taxa de difusão necessária para cada tinta atingir cobertura total.** Como mostra a **Figura 1**, a Tinta A requer um SX de 6,7 para atingir cobertura total.

A demonstração gráfica disso fica no ponto definido pela razão de contraste de 0,98 e R_∞ de 0,81. Como S é uma constante, para aumentar o SX, a espessura do filme (X) deve aumentar por um fator de $6,7/4,3 = 1,55$. Como a taxa de difusão é inversamente proporcional a X, a taxa de difusão para cobertura total é $800/1,55 = 510$ pés²/galão.

De maneira semelhante, a Tinta B requer um SX de 7,7 para atingir cobertura total, o que significa que a espessura do filme X deve aumentar pelo fator $7,7/4,3 = 1,8$ para alcançar cobertura total. A taxa de difusão em cobertura total pelo filme seco será $800/1,8 = 445$ pés²/galão.

Nosso programa de computador, seguindo os mesmos conceitos e utilizando as mesmas entradas, dá resultados mais precisos do que um gráfico ou uma tabela porque não é necessária a interpolação.

Programa de computador

Um programa de computador amigável está disponível em um disco flexível para facilitar os cálculos. Esse programa gerará informações ópticas, incluindo os coeficientes de dispersão do TiO_2 e as taxas de difusão da tinta em cobertura total, com o intuito de avaliar o desempenho do TiO_2 e de revestimentos.

As entradas e saídas do programa de computador são mostradas na **Tabela 2**.

As entradas são refletâncias e outras informações que o químico da tinta normalmente mede. Os revestimentos práticos também dependem da absorção da luz assim como da dispersão para desenvolver a opacidade. A absorção da luz por um revestimento pode ser descrito em termos quantitativos por seu coeficiente de absorção K. K/S é relacionado de maneira única com R_∞ . Quando R_∞ e S são conhecidos, K pode ser calculado. Isso também é feito por nosso programa de computador.

Um exemplo de resultados computadorizados é mostrado na **Tabela 3**. A espessura do filme espalhado dessa tinta comercial foi 2,397 mil, calculado a partir do peso e da área do espalhamento e da densidade medida da tinta. Esse filme produzir uma razão de contraste de 0,971.

* Alguns trabalhadores podem expressar X em microns, representando a espessura do TiO_2 em uma seção transversal do filme; então, S teria as unidades de microm.¹

**Nesta discussão, definimos arbitrariamente a cobertura total como uma razão de contraste de 0,98 desenvolvida pelo filme seco. Outras definições são possíveis.

Tabela 2
Informações do programa sobre a taxa de difusão

Entradas	
• Refletância medida do substrato branco	
• Refletância medida sobre preto	
• Refletância medida sobre branco	
• Peso medido da tinta úmida no espalhamento	
• Área medida do espalhamento	
• Densidade medida da tinta	
• Concentração conhecida de TiO_2 na tinta (Opcional, obrigatória para obter S em m^2/g)	
Saídas	
• SX	
• Razão de contraste	
• X	
• S, por mil de revestimento	
• S, m^2/g para TiO_2 no revestimento	
• Taxa de difusão	
– do espalhamento como preparado para as medidas acima	
– Na razão de contraste alvo	
– No SX alvo	
• K/S	
• K, por mil de revestimento	
• $R_x = R_{Inf}$	
• Tabulação das entradas para referência futura	

Tabela 3
Exemplo da saída do computador

Amostra	Previsão com cobertura total	
Refletância do substrato	0,810	0,810
Espessura em mils	2,397	2,772
Refletância sobre preto	0,805	0,813
Refletância sobre branco	0,829	0,830
Razão de contraste	0,971	0,980
SX	6,344	7,336
S por mil	2,647	2,647
S m^2/g	0,309	0,309
Taxas de difusão		
Amostra como está: 670 pés ² /galão	CR = 0,980:579	pés ² /galão
ou		ou
16 m ² /L		14 m ² /L

Os cálculos baseados nos dados de entrada mostram que o espalhamento tinha uma razão de contraste de 0,971 e um SX de 6,344, correspondendo a um coeficiente de dispersão para o filme de tinta de 2,647 por mil ou um coeficiente de dispersão para o TiO_2 de 0,309 m^2/g .

A partir dessas informações, o programa de computador pode prever o SX necessário para obter cobertura total e, assim, a taxa de difusão em cobertura total.

Em uma taxa de difusão de 579 pés²/galão, essa tinta produziria uma razão de contraste de 0,98.

Esses dados sugerem que essa tinta é mais do que adequada para o objetivo normal de cobertura total a 450 pés²/galão, e essa economia em matéria-prima é possível com a diminuição do conteúdo de TiO_2 , de sólidos totais ou uma combinação desses dois fatores.

Procedimentos experimentais

O resultado de uma operação matemática não é melhor do que os dados de entrada, que dependem do projeto e da execução do trabalho experimental. O programa experimental deve ser planejado para que empregue o mínimo de esforço necessário para obter resultados úteis. A **Tabela 4** lista os equipamentos que utilizamos para o trabalho experimental. Muitas empresas fabricantes de tintas já têm esse equipamento. Uma lâmina a vácuo para segurar gráficos de papel proporciona filmes mais uniformes do que uma lâmina sem vácuo, e o equipamento de espalhamento automático é ainda melhor, porque o revestimento é espalhado a uma velocidade uniforme.

Tabela 4
Equipamentos e procedimentos experimentais

Equipamentos

Lâmina de espalhamento, Gardner	Calculadora
Aplicadores do tipo Bird, Gardner	Gráficos, formulário 14H
	Leneta
Balança com prato superior, Mettler	Computador
Refletômetro	

Procedimento

1. Meça a refletância verde da parte branca do gráfico da razão de contraste e registre.
2. Pese o gráfico da razão de contraste e registre.
3. Afixe o gráfico à lâmina de vácuo e espalhe o revestimento usando um aplicador apropriado.
4. Pese o gráfico revestido e registre.
5. Repita as etapas 1 a 4 três vezes para completar um total de quatro espalhamentos pesados.
6. Deixe que os revestimentos sequem por um dia.
7. Leia a refletância verde sobre as áreas preta e branca e registre cada valor.
8. Determine a refletância média sobre branco e a refletância média sobre preto.
9. Calcule o peso do revestimento em cada gráfico e calcule a média.
10. Repita para cada revestimento.
11. Usando um programa de computador, digite: a refletância do substrato, a refletância sobre preto, a refletância sobre branco, o peso do revestimento, a área do espalhamento, a densidade da tinta úmida e (se conhecida) a concentração de TiO_2 na tinta.

A espessura do filme na qual as medidas são tomadas não é tão importante com o programa de computador como o seria se estivéssemos usando gráficos e tabelas. Os erros devidos à interpolação são minimizados ou eliminados. A **Tabela 5** mostra o efeito de vários tamanhos de lâmina de espalhamento sobre as informações calculadas. Note que S é constante, dentro do erro da experiência, para tamanho de espalhamento de espessura de 0,003 a 0,010 mil. Recomendamos usar um tamanho de lâmina de 0,005 mil para ficar dentro da faixa intermediária.

O procedimento da **Tabela 4** dá as informações básicas necessárias para determinar SX, bem como S por mil de revestimento, S relacionado à concentração de TiO_2 e X em g/m^2 de TiO_2 . Com essas informações, pode-se fazer uma série de comparações e previsões. Mostramos a seguir algumas das possibilidades.

Tabela 5
Efeito do tamanho da lâmina de espalhamento sobre as propriedades ópticas calculadas de duas tintas

Tamanho	Razão de contraste	Taxa de difusão em cobertura total, pés ² /galão	S, m ² /g	S ⁻¹ , mil	R _∞
Tinta B					
0,0025	0,887	298	0,272	1,861	0,924
0,003	0,920	315	0,277	1,899	0,916
0,004	0,946	323	0,278	1,903	0,911
0,005	0,959	336	0,283	1,935	0,906
0,006	0,971	313	0,271	1,853	0,909
0,008	0,986	312	0,266	1,822	0,907
0,010	0,991	324	0,272	1,860	0,903
	Média	317			
Tinta G					
0,0025	0,916	457	0,282	1,932	0,814
0,003	0,945	459	0,285	1,952	0,814
0,004	0,966	459	0,282	1,931	0,813
0,005	0,977	453	0,279	1,911	0,813
0,006	0,989	451	0,278	1,901	0,812
0,008	0,996	433	0,265	1,815	0,812
0,010	0,999	460	0,282	1,929	0,811
	Média	453			

Comparação das aplicações práticas dos revestimentos

Testamos duas tintas de emulsão fosca comerciais de média qualidade para verificar o poder de dispersão. Determinamos experimentalmente todas as entradas listadas na **Tabela 2**, exceto a concentração de TiO₂, que era mostrada nos rótulos das embalagens.

A Tinta B, embora mais barata, apresenta melhor poder de cobertura, brilho mais alto e melhor dispersão, conforme demonstra a **Tabela 6**. Aparenta ser um valor melhor para os pintores.

Um fator importante para os fabricantes de tintas é que os coeficientes de dispersão sugerem que o Fabricante A deveria trabalhar para melhorar a eficiência do TiO₂, talvez com a troca dos tipos.

Se o químico tiver observado a diferença em brilho e removido o toner da Tinta A, será observada uma perda de poder de tingimento. Eles devem se concentrar em melhorar o coeficiente de dispersão do TiO₂.

Efeitos da tonalização

A tonalização das tintas brancas é usada como uma maneira barata de melhorar a opacidade através da absorção da luz. Para ilustrar a eficiência

da tonalização, foram preparadas duas tintas de emulsão semi-brilho contendo a mesma quantidade de TiO₂: A (sem toner) e G (tonalizada para atingir brilho de 0,811 com negro-de-fumo). Cinco outras tintas foram feitas misturando-se A e G. Os resultados dos estudos dessas tintas são mostrados na **Tabela 7**. Pode-se fazer as seguintes observações:

- O coeficiente de dispersão S do TiO₂ é praticamente o mesmo em cada uma das tintas, como era esperado.
- A Tinta A não tonalizada teria que ser aplicada em 267 pés/galão para obter cobertura total. Isso é muito baixo para ser considerado prático.
- As tintas F e G, tonalizadas para obter brilho de 0,825 e 0,811 respectivamente, têm taxas de difusão consideradas práticas em cobertura total.
- O coeficiente de absorção K é proporcional à concentração de negro-de-fumo, o esperado quando não ocorre floculação.

Nosso programa de computador calcula R_∞ a partir das entradas descritas na **Tabela 2**. Observando-se a **Tabela 7**, fica evidente que, em alto brilho, R_∞ se desvia do brilho medido em espalhamentos de espessura razoável. As tintas laboratoriais não tonalizadas, como a Tinta A, às vezes dão dados

Tabela 6
Comparação de duas tintas de emulsão comerciais

Tinta	Preço de venda, US\$/galão	TiO ₂ , lb/galão	Brilho medido	Taxa de difusão em cobertura total	Coefficiente de dispersão do TiO ₂ , m ² /g
A	14,98	2,1	0,87	470	0,236
B	13,95	2,1	0,88	530	0,273

Tabela 7
Efeito da tonalização sobre a óptica do revestimento

Tinta	Razão de contraste	Brilho medido	Taxa de dispersão calculada, pés ² /galão*	TiO ₂ calculado, m ² /g	Calc. R _∞	Calc. K/S	K, mil ⁻¹
A	0,887	0,923	267	0,279	0,978	0,000247	0,0004
B	0,887	0,896	298	0,272	0,924	0,00312	0,0058
C	0,899	0,899	354	0,281	0,889	0,00693	0,013
D	0,902	0,866	375	0,278	0,866	0,0104	0,020
E	0,912	0,839	417	0,286	0,844	0,0144	0,028
F	0,914	0,825	432	0,282	0,829	0,0176	0,034
G	0,916	0,811	457	0,282	0,814	0,0213	0,041
			Média	0,280			

Refletância do substrato, 0,800

Tamanho da lâmina de espalhamento: 0,0025 pol. para poder de cobertura, 0,008 pol. para medições do brilho.

*Em cobertura total, definido como razão de contraste = 0,98.

que aparecem no espaço imaginário da análise de Kubelka-Munk. Tal espaço aparentemente corresponde a R_∞ maior do que 1,00.

O motivo disso é que esses filmes se desviam dos filmes ideais considerados por Kubelka e Munk. Esse fenômeno é bem conhecido e foi discutido por Ross.¹ Nosso programa de computador indicará tal circunstância com a impressão de “R Inf = 1.000”.

Efeitos do aglutinante

Como era esperado, os aglutinantes têm um efeito significativo no desempenho do TiO₂ e na opacidade do filme de tinta seco. A **Tabela 8** mostra os resultados de uma fórmula de tinta de emulsão proprietária, preparada com volumes idênticos de sólidos e PVC, usando dois aglutinantes diferentes: acrílico e vinil acrílico. Os aglutinantes produzem filmes que são claramente diferentes em termos de brilho, poder de dispersão, taxa de difusão e eficiência do TiO₂.

Pode-se considerar vários mecanismos pelos quais os aglutinantes afetam a opacidade do filme seco; nós não fizemos esforços para separar ou priorizá-los. Esses efeitos são significativos e podem ser estudados quantitativamente empregando-se os procedimentos defendidos neste documento.

Um formulador, observando os resultados da **Tabela 8**, deve considerar em seguida o valor do aglutinante acrílico mais caro em relação à opacidade. Se a opacidade do filme de vinil

Tabela 8
Propriedades ópticas dos filmes de tintas de emulsão: efeitos do aglutinante

	acrílico	Vinil Acrílico
R _∞	0,960	0,945
SX	6,66	5,74
S, por mil	2,30	1,99
S, m ² /g	0,303	0,265
Taxa de difusão em cobertura total, pés ² /galão	398	298

acrílico for satisfatória, o formulador pode avaliar usando o aglutinante acrílico com menos TiO₂.

Seleção de um tipo de TiO₂

A abordagem sugerida neste documento pode ser usada para comparar tipos de TiO₂, com base no desempenho óptico relativo e, portanto, no fator preço. A **Tabela 9** mostra as medições em filmes secos feitas com o uso de dois tipos de TiO₂ rutilo de produção artesanalmente através do processo cloro em uma tinta semi-brilho de emulsão acrílica de boa qualidade. Ambas as tintas apresentaram quantidades idênticas de toner negro-de-fumo.

Tabela 9
Propriedades ópticas dos filmes de tintas de emulsão: dois tipos de TiO₂ com quantidades idênticas de toner

	TiO ₂	
	Tipo 1	Tipo 2
R _∞	0,880	0,866
SX	3,82	3,63
S, por mil	2,03	1,90
S, m ² /g	0,296	0,278
Taxa de difusão em cobertura total, pés ² /galão	382	375

Esses dados demonstram que as duas tintas têm aproximadamente as mesmas taxas de difusão, mas o Tipo 1 proporciona um brilho mais alto (0,880 versus 0,866), devido a um coeficiente de dispersão mais alto (0,296 versus 0,278).

Dois maneiras de se beneficiar do coeficiente de dispersão mais alto do Tipo 1 são a tonalização e a redução dos níveis de TiO₂.

A tinta feita com o Tipo 1 pode ser tonalizada para atingir o brilho do Tipo 2, com o benefício de que a dispersão mais alta a um brilho idêntico resulta em uma taxa de difusão mais alta. Os dados que comprovam os méritos dessa abordagem são mostrados na **Tabela 10**. As propriedades da dispersão da tinta do Tipo 1 permanecem inalteradas como esperado, mas o acréscimo de toner reduz o brilho, aumenta a absorção e melhora de forma significativa a taxa de difusão.

Tabela 10
Propriedades ópticas das tintas semi-brilho:
dois tipos de TiO₂ tonalizados para atingir brilho idêntico

	TiO ₂	
	Tipo 1	Tipo 2
R _∞	0,863	0,866
SX	3,81	3,63
S, por mil	2,02	1,90
S, m ² /g	0,295	0,278
Taxa de difusão em cobertura total, pés ² /galão	407	375

A outra maneira de explorar a dispersão superior do Tipo 1 seria fazer uma correspondência do efeito do Tipo 2 usando uma concentração menor do Tipo 1 no filme seco. Os resultados da **Tabela 9** sugerem o uso de menos 6% do Tipo 1 (0,278/0,296 = 0,94). Isso foi comprovado experimentalmente, como mostra a **Tabela 11**. Os volume de sólidos foi mantido constante, com o acréscimo de baritas em vez da redução do TiO₂. O aumento na eficiência de dispersão do TiO₂ Tipo 1 é provavelmente real, como explicado por Fitzwater e Hook.⁸

Tabela 11
Propriedades ópticas das tintas semi-brilho:
dois tipos de TiO₂ com quantidades idênticas de toner,
mas com redução de 6% na concentração do Tipo 1

	TiO ₂	
	Tipo 1	Tipo 2
R _∞	0,864	0,866
SX	3,70	3,63
S, por mil	1,96	1,90
S, m ² /g	0,305	0,278
Taxa de difusão em cobertura total, pés ² /galão	389	375

Tintas comerciais

A **Tabela 12** mostra os resultados de uma pesquisa feita com tintas foscas de emulsão para interiores disponíveis no varejo. Nessa tabela, “SX seco” indica o poder de dispersão do filme seco, obtido como explicado anteriormente. “S óleo” é o coeficiente de dispersão do TiO₂ calculado a partir das medições feitas em filmes aos quais foi aplicado óleo mineral para eliminar a cobertura fosca seca ou a dispersão de vácuo. Um S aparente pode ser calculado para um filme *sem óleo*, mas isso atribuiria toda a dispersão, do TiO₂ e do vácuo, ao TiO₂ e, portanto, não seria um índice adequado do desempenho do TiO₂; “SX, O/S” é a razão do SX do filme com óleo sobre o SX do filme seco ou sem óleo. Um valor de 1 indica ausência de porosidade. Um valor baixo de “SX, O/S” indica porosidade considerável.

Separamos essas tintas em três grupos que acreditamos descrever os três tipos nos quais a maioria das tintas de emulsão fosca pode ser classificada. O Tipo 1 inclui tintas de alta qualidade, tipificadas por alto PVC de TiO₂,

Tabela 12
Pesquisa de tintas foscas comerciais para interiores

SX seco	SX, O/S	PVC do do TiO ₂	Taxa de difusão	S com óleo	Brilho medido
			em cobertura total		
Tipo 1 (alta qualidade)					
6,34	0,92	22	580	0,286	0,832
4,73	0,92	19	420	0,294	0,839
4,66	0,81	20	430	0,283	0,806
5,02	0,89	24	370	0,264	0,885
4,44	0,93	18	470	0,236	0,815
Tipo 2 (média qualidade)					
7,23	0,72	19	630	0,320	0,839
5,67	0,70	12	420	0,358	0,875
4,98	0,72	17	330	0,291	0,894
5,13	0,67	16	410	0,349	0,856
4,62	0,57	12	410	0,264	0,815
5,54	0,60	14	520	0,328	0,841
6,62	0,58	18	470	0,236	0,872
Tipo 3 (qualidade de teto)					
7,66	0,51	22	660	0,337	0,841
6,42	0,32	10	450	0,302	0,888
5,27	0,53	12	500	0,340	0,837
4,84	0,53	10	410	0,369	0,862
4,70	0,49	14	260	0,264	0,833

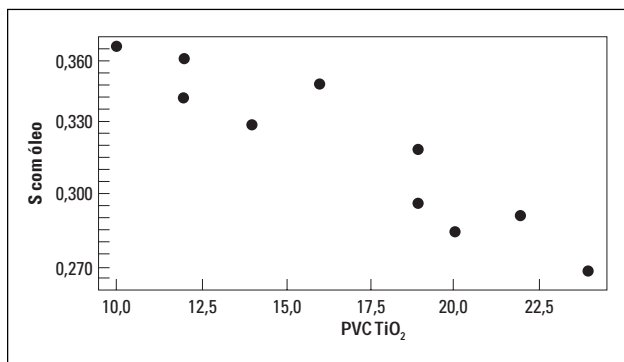
grandes quantidades de TiO₂ aplicado por área de unidade e boa integridade do filme (alto “SX, O/S”). O Tipo 2 inclui as tintas foscas de média qualidade, representando cerca de 50% do mercado de tintas de emulsão fosca para interiores. O Tipo 3 inclui as tintas para tetos com alta porosidade (baixo “SX, OS”) e, devido à grande quantidade de cobertura fosca seca, sem necessidade de conteúdo de TiO₂ além daquele que fornece o nível desejado de cobertura úmida.

As tintas de qualquer tipo podem dar boa opacidade inicial, indicada por “SX seco”. Contudo, o “SX, O/S” mais baixo indica menor integridade física do filme, que é o motivo pelo qual nos referimos ao Tipo como “tintas para tetos”.

Para avaliar a eficiência do uso de TiO₂, podemos observar o “S óleo”, que varia de 0,236 a 0,369. Isso é parcialmente explicado pelo efeito da aglomeração de partículas na eficiência da dispersão (consulte a **Tabela 12**). Se compararmos, entretanto, duas tintas do Tipo 2 a 12% de PVC de TiO₂, veremos os coeficientes de dispersão de 0,264 e 0,358. O TiO₂ na melhor tinta tem desempenho 36% superior ao TiO₂ na tinta de qualidade mais baixa. A tinta de qualidade inferior obtém altas taxas de difusão através da tonalização a um brilho baixo (0,815 versus 0,875). Poderíamos dizer que o químico desse fabricante deve tentar aprimorar a eficiência do TiO₂; com melhoramentos, ele poderia obter a mesma qualidade com menos TiO₂ ou obter um brilho maior com a mesma concentração de TiO₂.

A **Figura 2** mostra o S óleo em contraste com o PVC do TiO₂ para tintas sem floculação. A relação mostrada representa a relação esperada entre a aglomeração e o poder de dispersão do TiO₂: a eficiência da dispersão diminui à medida que as partículas de TiO₂ ficam mais concentradas. A magnitude das alterações e a relação linear são compatíveis com a teoria.⁸

Figura 2. Eficiência da dispersão do TiO₂ versus PVC do TiO₂



Resumo

Foi apresentado um método que permite a um formulador de revestimentos determinar quantitativamente a eficiência da cobertura do TiO₂ em fórmulas diferentes e a comparar a eficiência da cobertura dos diferentes produtos de TiO₂.

O procedimento também pode ser usado para estudar o efeito da tonalização sobre o poder de cobertura e o brilho e para prever com razoável precisão quais as alterações na formulação necessárias para atingir determinadas propriedades ópticas. O trabalho experimental necessário é bastante razoável.

Muitos laboratórios de tintas já possuem o equipamento necessário para utilizar o método.

Referências

1. Ross, W. D., “*Kubelka-Munk Formulas Adapted for Better Computation*”, *Jnl. Coat. Tech.* **39** (1967) 515.
2. Mitton, P. B., e Jacobsen, A. E., “*New Graph for Computing Scattering Coefficient and Hiding Power*”, *Off. Dig.* **35** (1963) 871.
3. Judd, D. B., *Color in Business Science and Industry*, John Wiley & Sons, Inc.
4. Mitton, P. B., “*Easy, Quantitative Hiding Power Measurements*”, *Jnl. Coat. Tech.* **42** (1970) 159.
5. Clark, H. B., e Ramsay, H. L., “*Predicting Optical Properties of Coated Papers*”, *TAPPI* **48** (1965) 609.
6. Ramsay, H. L., “*Simplified Calculation for Predicting Optical Properties of Coated Board*”, *TAPPI* **49** (1966) 116A.
7. ASTM D 2805-85, “*Standard Test Method for Hiding Power of Paints by Reflectometry*”.
8. Fitzwater, S., e Hook, J. W., “*Dependent Scattering Theory: A New Approach to Predicting Scattering in Paints*”, *Jnl. Coat. Tech.* **57** (1985) 39.

Agradecimentos

Todo o trabalho experimental foi habilmente realizado por Richard F. Hopkins, que também contribuiu em diversas discussões úteis. O programa de computador foi desenvolvido por William R. Mendenhall, que trabalhou paciente e eficazmente conosco para chegar a um procedimento correto e prático. Somos gratos à DuPont pela oportunidade de trabalhar neste assunto.

DuPont Titanium Technologies

Chestnut Run Plaza 728/1229

P.O. Box 80728

Wilmington, DE 19880-0728

+1 (302) 992-5166 +1 (800) 441-9485

Fax: +1 (302) 999-5184

www.titanium.dupont.com

As informações aqui contidas são fornecidas gratuitamente e se baseiam em dados técnicos que a DuPont acredita serem confiáveis. Pretende-se que essas informações sejam usadas por pessoas com qualificação técnica, por risco próprio. Como as condições de uso estão fora de nosso controle, não concedemos garantias, explícitas ou implícitas, nem assumimos qualquer responsabilidade resultante do uso dessas informações. Nada do que foi expresso neste documento pode ser interpretado como licença para operar nem como uma recomendação para infringir quaisquer patentes.

O logotipo ovalado da DuPont, DuPont™, The miracles of science® e Ti-Pure® são marcas comerciais ou marcas registradas da DuPont.
Copyright © 2002 E.I. du Pont de Nemours and Company. Todos os direitos reservados.



The miracles of science™