

Tintas e Vernizes UV: Conceitos e Controle de Processo

Autor: Sérgio Medeiros – Graúna Química

E-mail: sergio@graunagroup.com

Site: www.graunagroup.com

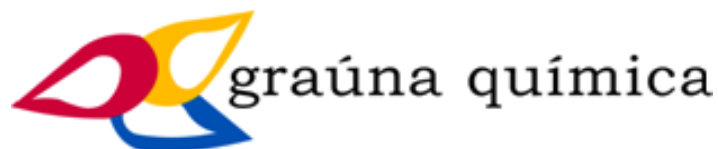
1) INTRODUÇÃO

Entende-se por cura UV a conversão instantânea de um líquido reativo em um filme sólido com o uso da radiação ultravioleta. Isso se dá por meio de uma reação química onde o fotoiniciador presente no revestimento absorve a energia emitida pela lâmpada gerando radicais livres que, por sua vez, iniciam a polimerização resultando assim em um filme sólido em questão de segundos. (MEDEIROS, 2003)

A utilização da tecnologia de cura UV é ampla, podendo-se destacar adesivos, restauração dentária, revestimentos para componentes eletrônicos, componentes automotivos, fibra óptica, restauração de pára-brisas, tinta em pó, repintura automotiva além de tintas e vernizes para madeira, papel, metais, vidros e plásticos.

Para se obter o máximo da tecnologia é necessário observar alguns parâmetros que influenciam diretamente no processo. Em primeiro lugar o fotoiniciador utilizado deve ser condizente com a aplicação final e tipo de lâmpadas utilizadas. Deve-se então analisar as lâmpadas que, além da necessidade de emitir radiação no comprimento de onda absorvido pelos fotoiniciadores, deve apresentar uma intensidade suficiente para que a formação de radicais livres seja alcançada.

Além da intensidade, é preciso estar atento ao tempo de exposição desse revestimento às lâmpadas bem como o estado dos refletores. Em resumo a velocidade de esteira, espessura de camada, componentes de formulação, lâmpadas e refletores são variáveis do processo que influenciam diretamente na qualidade do filme curado.



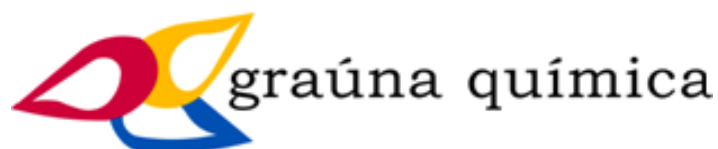
A tecnologia de cura UV, quando devidamente utilizada e controlada por meio da utilização de um radiômetro, proporciona revestimentos com alta resistência física e química, superfície macia ao toque e alto brilho além de apresentar vantagens técnicas na aplicação como baixo consumo de energia e baixa emissão de compostos orgânicos voláteis quando comparado com os sistemas convencionais.

A formulação de um revestimento de cura UV utiliza basicamente os seguintes componentes:

- a) *Fotoiniciador*: Substância que absorve a radiação UV e está diretamente envolvida na produção dos radicais livres necessários para a polimerização do revestimento.
- b) *Oligômero*: Componente que confere ao filme curado propriedades como dureza, flexibilidade, resistência física e química além de determinar a velocidade de cura.
- c) *Monômero*: Utilizado para o ajuste de viscosidade além de contribuir em propriedades como aderência, flexibilidade, velocidade de cura e resistência física e química.
- d) *Aditivos*: Conferem propriedades especiais ao filme curado como deslizamento, resistência a abrasão, aderência em substratos como vidro, metal e plástico, redução de brilho dentro outros.

2) APLICAÇÕES

A cura de revestimentos por meio da radiação UV encontra uma ampla aplicabilidade em segmentos onde os sistemas convencionais eram considerados como única opção. A utilização da tecnologia vai muito além de vernizes para madeira e tintas de impressão. Abaixo as aplicações mais conhecidas atualmente: (YAMASAKI, 1997).



a) Madeira e derivados

- a.1)** massa para aglomerados
- a.2)** vernizes transparentes e pigmentados
- a.3)** vernizes para acabamento de superfícies impressas
- a.4)** vernizes para pisos e carpetes de madeira
- a.5)** vernizes para peças bi e tridimensionais como molduras, cadeiras e batentes

b) Artes Gráficas

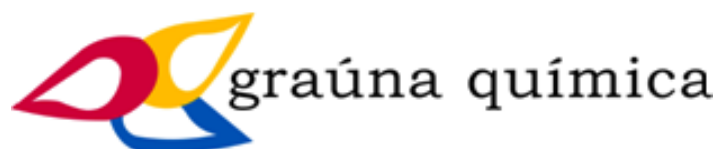
- b.1)** verniz de sobre impressão
- b.2)** tintas e vernizes para embalagens plásticas
- b.3)** tintas e vernizes para embalagens metálicas
- b.4)** tintas para selos e papel moeda
- b.5)** tintas e vernizes para materiais promocionais como folhetos e catálogos
- b.5)** tintas e vernizes para livros e revistas
- b.6)** laminação papel/papel e papel/plástico para cartões de crédito e baralhos
- b.7)** vernizes para acabamento de faróis
- b.8)** tintas e vernizes para velocímetros e painéis de eletrodomésticos

c) Adesivos e eletrônicos

- c.1)** adesivos para a área calçadista
- c.2)** vedação para lacre de dispositivos eletrônicos, reforço de terminais, capacitores e termostatos
- c.3)** revestimentos para fibra óptica, máscara de solda e placas de circuito impresso
- c.1)** adesivo para laminação vidro/vidro, vidro/metálico, vidro/plástico, plástico/metálico utilizados na fabricação de pára-brisas, seringas e bolsas de sangue

d) Outras aplicações

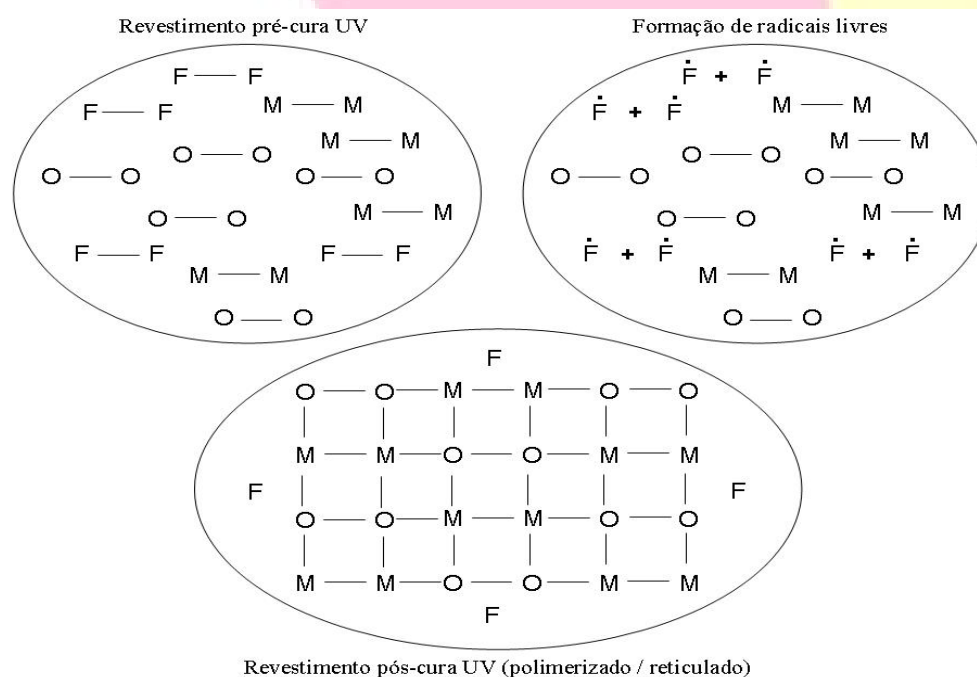
- d.1)** Restauração dentária
- d.2)** Repintura automotiva
- d.3)** Tinta em pó UV para eletrodomésticos, bicicletas e móveis
- d.4)** Restauração de pára-brisas



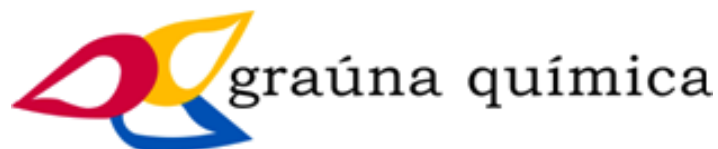
3) MECANISMO DE REAÇÃO

Conforme descrito anteriormente entende-se por cura UV a conversão instantânea de um líquido reativo em um filme sólido com o uso da radiação ultravioleta. Isso se dá por meio de uma reação química onde o fotoiniciador presente no revestimento absorve a energia emitida pela lâmpada gerando radicais livres que, por sua vez, iniciam a polimerização resultando assim em um filme sólido e reticulado em questão de segundos. (MEDEIROS, 2003). Porém, dentre as espécies reativas formadas, nem todas são capazes de iniciar a polimerização. (KOLESKE, 2002)

O fotoiniciador, quando submetido à radiação UV, é transformado em fragmentos que estarão presentes no filme curado, porém sem fazer parte do retículo. (KOLESKE, 2002) e (SZCYPULA, 1999). Segue ilustração simplificada do mecanismo de cura:



Onde $F - F$ representa os fotoiniciadores, $M - M$ os monômeros e $O - O$ os oligômeros. Na primeira ilustração nota-se o revestimento antes da cura. A segunda ilustração representa, após a incidência da radiação UV, a formação dos radicais livres por meio quebra das ligações dos fotoiniciadores transformando-os em espécies reativas. A terceira ilustração mostra o filme reticulado com fragmentos de fotoiniciadores que não reagiram completamente. (MEDEIROS, 2004)



Os radicais livres são formados por excitação da molécula do fotoiniciador e subsequente quebra das duplas ligações químicas do composto quando este é exposto à luz UV. Esses radicais formados reagem com as duplas ligações presentes no revestimento formando as espécies que darão início à reação de polimerização. (YAMASAKI, 1997)

A polimerização via radical livre pode ser retardada ou até mesmo interrompida pela presença de oxigênio. Os radicais livres formados ou as cadeias em crescimento podem ser oxidados, impedindo assim que a cura se complete. Esse problema pode ser solucionado com utilização de um gás inerte que circula entre a fonte UV e o revestimento que está sendo curado. Normalmente o gás utilizado para promover a atmosfera inerte é o nitrogênio, porém este é um método que encarece o custo do processo.

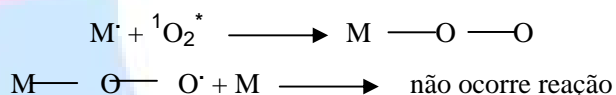
No caso da cura UV recomenda-se a utilização de aminas em conjunto com os fotoiniciadores. Essas aminas “seqüestram” os átomos de oxigênio que podem reverter o estado excitado do fotoiniciador (F^*), trazendo-o de volta à sua condição original (F^0) formando um oxigênio singleto ($^1O_2^*$) conforme representado na reação abaixo: (KOLESKE, 2002)

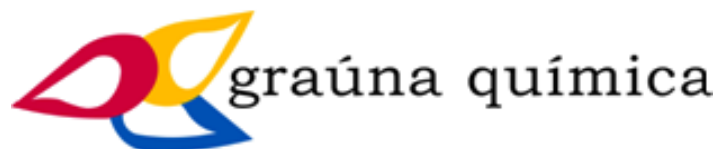


O oxigênio pode ainda reagir com os monômeros da formulação UV. Uma propagação normal dos monômeros ocorre conforme a representação abaixo: (KOLESKE, 2002)



Porém com a presença de oxigênio essa propagação é retardada ou até mesmo impedida interferindo diretamente na cura do revestimento. As reações abaixo ilustram essa situação:





4) RADIOMETRIA

Para o perfeito funcionamento do sistema e obtenção de resultados satisfatórios se faz necessário controlar o processo de cura. Ao realizar esse controle pode-se analisar se a lâmpada está emitindo energia suficiente no comprimento de onda desejado, medir a quantidade de energia que o material recebe durante a exposição, estabelecer o parâmetro de cura para diferentes substratos, tintas e vernizes além de estabelecer o ajuste ideal do equipamento de cura permitindo o aperfeiçoamento do processo como um todo.

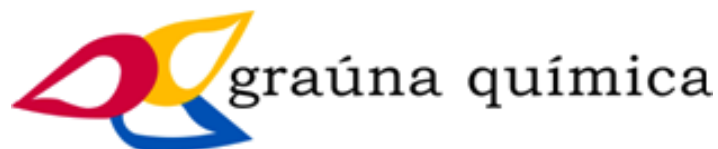
Esse controle é realizado por meio da utilização de um radiômetro. Trata-se de um equipamento que utiliza diversos circuitos eletrônicos e filtros ópticos que juntos possibilitam analisar a real condição das lâmpadas UV de um sistema de cura. O equipamento informa os valores dos parâmetros essenciais no controle do processo de cura UV: dose e intensidade.

Dose: Energia total recebida por unidade de área pela superfície do substrato. Varia com o tempo, ou seja, quanto maior o tempo de exposição maior a dose. **Unidade: J/cm².**

Intensidade: É a quantidade de fótons recebidos por unidade de área pela superfície do substrato. Varia conforme a potência da lâmpada e pela distância entre o substrato e o conjunto de lâmpadas e refletores. **Unidade: W/cm².**

Para um controle eficaz do processo de cura UV deve-se analisar a dose e a intensidade em faixas distintas do espectro UV possibilitando dessa forma melhor desempenho do processo de cura durante a produção. Conforme mencionado a dose tem relação direta com o tempo de exposição do material, porém não é unicamente responsável pela cura.

Nas linhas de produção, quando se percebe que a cura está perdendo eficiência, alguns usuários reduzem a velocidade da linha para aumentar o tempo de exposição e conseqüentemente elevar a dose para níveis considerados “ideais” para a cura. Este procedimento não é válido por um simples motivo: Se a intensidade não for suficiente para penetrar no revestimento e dessa forma atingir os fotoiniciadores a cura não se dará de forma satisfatória. Trata-se de um exemplo clássico que demonstra a importância do controle simultâneo da dose e intensidade. Outro erro comum dos usuários é analisar o valor global de todo o espectro UV uma vez que dessa maneira não é possível determinar os valores de cada faixa separadamente. (EFSEN, 2003)



Vale ressaltar que o radiômetro é utilizado por todos aqueles envolvidos na cadeia produtiva. Sejam eles fabricantes de tintas, vernizes e demais produtos curáveis por UV, usuários finais ou ainda fabricantes de túneis, refletores e lâmpadas. No caso dos formuladores o radiômetro é utilizado para desenvolvimento de novos produtos, controle de qualidade e prestação de serviço a clientes além de estabelecer os valores mínimos ideais para cura dos produtos comercializados.

Também permite reproduzir em laboratório as condições de cura encontradas nos clientes auxiliando na identificação de problemas bem como correção de formulações. Os usuários finais utilizam o radiômetro para controle do processo de cura UV na linha de pintura, estabelecer o ajuste ideal das máquinas ao se variar os revestimentos e aplicações além de determinar os padrões mínimos ideais de cura para cada fornecedor.

Pode-se ainda fazer acompanhamento do desempenho de diferentes lâmpadas visando identificar qual delas oferece a melhor relação custo/benefício. Por sua vez os fabricantes de túneis e lâmpadas utilizam para a prestação de serviços em clientes, certificação de equipamentos, emissão de laudo das lâmpadas comercializadas, controle de qualidade e desenvolvimento de novos túneis, refletores e lâmpadas.

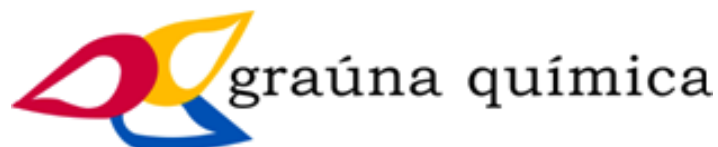
5) CONCLUSÃO

A cura de revestimentos por meio da radiação ultravioleta possibilita a obtenção de revestimentos com qualidade muito superior quando comparado aos sistemas convencionais.

Essa tecnologia, que deixou de ser uma aposta do futuro e se tornou realidade, proporciona vantagens técnicas, econômicas e ecológicas. É utilizada com grande sucesso em diversos segmentos da indústria, garantindo baixa emissão de compostos orgânicos voláteis bem como menor consumo de energia nas linhas de produção.

Os significativos avanços no desenvolvimento de novos produtos e processos de aplicação aumentam gradativamente as alternativas de utilização da tecnologia de cura UV em segmentos onde atualmente os sistemas base solvente e base água ainda são maioria.

Em breve, considerando o crescente interesse pela tecnologia de cura UV no mundo, os sistemas convencionais terão sua importância reduzida, garantindo uma indústria mais limpa e menos agressiva ao meio ambiente.



6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Nota do autor: este artigo técnico foi estruturado com trechos do trabalho “Tintas e Vernizes UV: Conceitos e Controle de Processo” escrito por Sérgio Medeiros tendo como base as referências bibliográficas abaixo:

EFSEN, K.; RAYMONT J.; *Radiometry as a tool: Trouble-shooting Production Problems in a Kitchen Cabinet Manufacturing Plant.* Radtech Report, pp. 29-34, Maio/Junho 2003.

KOLESKE, J.V. – *Radiation Curing of Coatings* – ASTM International, 2002.

MEDEIROS, S.; *Artigo Radiometria Básica.* Revista Empresário Serigráfico, Edição 21, pp. 12-13, Novembro/Dezembro 2003 e Revista Tintas & Vernizes, Edição 213, pp. 61-62, Junho/Julho 2004.

MEDEIROS, S.; *Geral sobre Radiometria.* Apresentado na Feitintas 2004, 16 de setembro de 2004; Latincoat 2004, 11 de novembro de 2004; Abrafati 2005, 14 de setembro de 2005; RadTech South America, 22 de novembro de 2006; Abrafati 2009, 24 de setembro de 2009 – São Paulo, SP, Brasil.

SZCYPULA, R.C.; *A Cura UV e Suas Aplicações* – Seminário ATBCR – Maio 1999.

YAMASAKI, M. C. R.; *A Cura de Tintas, Vernizes e Revestimentos por Ultravioleta e Feixe de Elétrons.* IPEN/CNEN-SP; ATBCR, 1997