

DISPERSÃO DE PIGMENTOS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO POR MOAGEM E SUA UMECTAÇÃO

BERNARDO, Romildo Campos; OLIVEIRA, Marcos Fernandes de

romildobernardo2121@hotmail.com

Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz

Resumo: *Pigmentos são materiais sólidos, normalmente cristalinos e que são fundamentais na composição de diversos tipos de revestimentos. Sua natureza particulada, no entanto, cria uma forte tendência à aglomeração. Tal aglomeração precisa ser anulada ou reduzida, de modo a permitir sua incorporação uniforme dentro dos veículos ou resinas utilizadas na formulação de qualquer tinta colorida. Se esta incorporação não for adequada, a tinta final poderá apresentar uma série de problemas de qualidade, tais como brilho, normalmente mais baixo, presença de pontos, grumos, floculação e a cor, a qual poderá não ser desenvolvida corretamente. Dentre os métodos mais eficientes de proporcionar esta desaglomeração, destaca-se o método de dispersão, conhecido normalmente na indústria como moagem. O nome advém da utilização de equipamentos chamados de moinhos, tais como moinhos de rolos, bolas, verticais e horizontais. Com exceção do moinho de rolos, os demais se valem de um agente de moagem, composto por esferas de aço ou materiais cerâmicos que ajudam no cisalhamento e favorecem o processo de separação das partículas. O presente trabalho tem, portanto por finalidade descrever brevemente os fatores físicos envolvidos no processo de umectação e mostrar uma breve descrição dos métodos utilizados na desaglomeração e estabilização de partículas de pigmentos em sistema de pintura.*

Palavras-chave: *pigmentos, floculação, dispersão, moagem, moinhos, umectação.*

Abstract: *Pigments are solid, usually crystalline materials that are fundamental in the composition of several types of coatings. Its particulate nature, however, creates a strong tendency to agglomeration. Such agglomeration must be nullified or minimized in order to allow its uniform incorporation into the vehicles or resins used in the formulation of any colored paint. If this incorporation is not adequate, the final paint may show a number of quality problems, such as gloss, usually lower, presence of seeding, lumps, flocculation and color, which may not be developed correctly. Among the most efficient methods of providing this deagglomeration, the dispersion method can be mentioned. This method is commonly known in industry as grinding. The name comes from the use of equipment called mills or grinders, such as roller mills, balls, vertical and horizontal ones. With the exception of the roller mill, the others use a grinding agent, composed of steel balls or ceramic materials that aid in shear stress and help the process of particle separation. The present work has, therefore, to briefly describe the physical factors involved in the wetting process and to show a brief description of the methods used in the deagglomeration and stabilization of pigment particles in the paint system.*

Keywords: *pigments, flocculation, dispersion, grind, grind mills, wetting.*

1 INTRODUÇÃO

O processo de moagem é uma operação praticada há muitos anos, sendo utilizado em linhas de produção de diversos materiais, tais como defensivos agrícolas, medicamentos, alimentos e tintas. O termo moagem, principalmente em tintas, no entanto não é tecnicamente correto, sendo utilizado como jargão industrial há muito tempo em função da utilização de equipamentos chamados de moinhos para este tipo de operação. O termo mais adequado para estes casos é dispersão, onde as partículas de pigmentos, já com tamanhos definidos são separadas ou desagregadas e não moídas, como o termo moagem sugere.

1.1 Objetivo Geral

Compreender a importância da utilização da dispersão de pigmentos no processo de fabricação de tintas em geral.

1.2 Objetivos Específicos

- Descrever os principais processos utilizados na dispersão de pigmentos.
- Descrever os principais mecanismos envolvidos nos processos de umectação e dispersão de pigmentos.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, exploratória elaborada por meio de uma revisão bibliográfica a partir de materiais já elaborados, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Podem ainda ser incluídas teses e dissertações sobre a temática.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Teoria do Processo de Dispersão de Pigmentos

Pigmentos fazem parte fundamental da composição de qualquer tipo de tinta, sendo sua correta incorporação, de suma importância para a qualidade final do sistema de pintura. A maneira mais adequada de realizar esta incorporação é por meio do processo de dispersão, mais conhecido na indústria como moagem. Apesar da ampla utilização deste termo, a designação “moagem” não deve ser considerada, sendo mais correto o termo “dispersão”. Apesar do processo de dispersão utilizar-se, como será visto mais adiante, dos chamados “moinhos”, as partículas de pigmentos não sofrem esmagamento, mas sim um processo de desaglomeração e conseqüente separação. Esta separação resulta na sua melhor distribuição no veículo ou resina que será utilizado na produção da tinta. Na Figura 1, pode ser visto um exemplo deste processo de desaglomeração, de forma simplificada.

Uma dispersão ideal é alcançada quando partículas finamente dispersas entram em contato com uma grande superfície de líquidos e são umectadas sob cisalhamento (HARBS, 2003). O processo de dispersão usa forças mecânicas para o rompimento dos agregados e aglomerados reduzindo-os a partículas primárias. A umectação com solvente por si só não é suficiente e dispersões de pigmentos dispersas apenas neste meio tem fraca estabilidade. Cada partícula na suspensão de pigmento deve ser estabilizada por cadeias de polímero, ancoradas à sua superfície por atrações intermoleculares (BENTLEY; TURNER, 1998). Esse material, normalmente designado de dispersante pode muito eficientemente estabilizar pigmentos orgânicos e inorgânicos. Eles também podem atribuir uma mesma carga para todas as

partículas de pigmentos e assim aumentar a estabilidade da dispersão por forças de dispersão eletrostáticas sem influenciar negativamente o desempenho global da tinta (SCHOLZ, 1991). Neste caso, chama-se de estabilização eletrostática. Outro mecanismo de estabilização é conhecido como estabilização por impedimento estérico, baseado em polímeros de alto peso molecular. Na Figura 2 podem ser visto estes dois diferentes mecanismos.

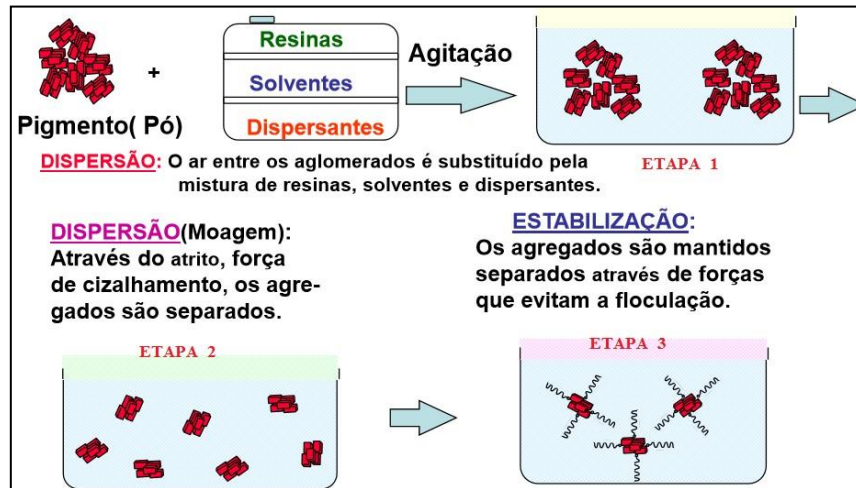


Figura 1 Processo de dispersão de modo simplificado.
Fonte: DuPont (2003).

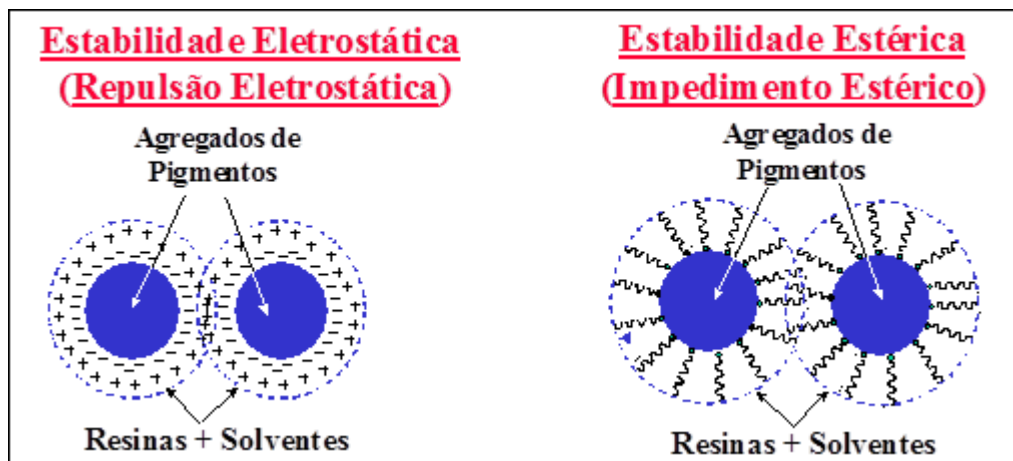


Figura 2 Mecanismos de estabilização de dispersões de pigmentos com aditivos dispersantes por repulsão eletrostática e impedimento estérico.
Fonte: DuPont (2003).

Dando continuidade ao conceito de dispersão, segundo Parfitt (1969), o termo *dispersão* refere-se ainda ao completo processo de incorporação de um material particulado (pó) em um meio líquido que resulta em um produto final que consiste de partículas finamente distribuídas por toda a extensão do meio. O processo de dispersão por sua vez é composto por 3 estágios fundamentais:

- Trabalho de umectação do material particulado.
- Quebra dos aglomerados.
- Estabilização e Resistência a Flocculação.

Trabalho de Umectação do material particulado.

Existem 3 tipos distintos de umectação: adesiva, de alastramento e por imersão, de acordo com o processo mecânico envolvido (Figura 3).

-Umectação adesiva (W_a):

Ocorre quando tem-se 1 cm² de um plano de uma superfície sólida (S) colocado em contato com 1 cm² de um plano de uma superfície líquida (L). O trabalho W_a envolvido neste processo é dado por Dupré conforme a equação (1)

$$W_a = \gamma_{SL} - (\gamma_{LV} + \gamma_{SV}) \cos \theta \quad (1) \text{ Onde,}$$

γ_{SL} , γ_{LV} e γ_{SV} são as tensões interfaciais das regiões sólido-líquido, sólido-vapor e líquido-vapor respectivamente e θ é o ângulo de contato entre o sólido e a interface líquida. Quando W_a é negativo e o ângulo de contato é menor que 180°; o processo é invariavelmente espontâneo.

-Umectação de alastramento (W_s):

Ocorre quando temos a gota de um líquido alastrando-se sobre uma superfície sólida plana e é expressa pela equação (2):

$$W_s = (\gamma_{SL} + \gamma_{LV}) - \gamma_{SV} = -\gamma_{LV} (\cos \theta - 1) \quad (2)$$

W_s será positivo apenas quando $\theta = 0$ e o trabalho deverá ser conduzido para se conseguir aumentar o máximo possível este ângulo.

-Umectação por imersão (W_i):

Compreende a imersão de 1 cm² de uma superfície sólida em meio líquido, conforme descrito pela equação (3):

$$W_i = 4\gamma_{SL} - 4\gamma_{SV} = -4\gamma_{LV} \cos \theta \quad (3)$$

Nesta etapa o processo só será espontâneo quando θ for menor que 90°.

Pode-se ainda simplificar o processo de umectação como um todo, através da equação de Washburn, conforme descrito por Chemie (2003), que expressa a velocidade com que ocorre a adsorção da fase líquida pelas partículas de pigmento, conforme a seguir, na equação (4):

$$V = \gamma_L \cdot \cos \theta \cdot r^3 / I \cdot \eta \quad (4)$$

Onde: V = velocidade de umectação

γ_L = tensão superficial da fase líquida

θ = ângulo de contato

r^3 = raio dos poros

I = comprimento dos poros

η = viscosidade da fase líquida.

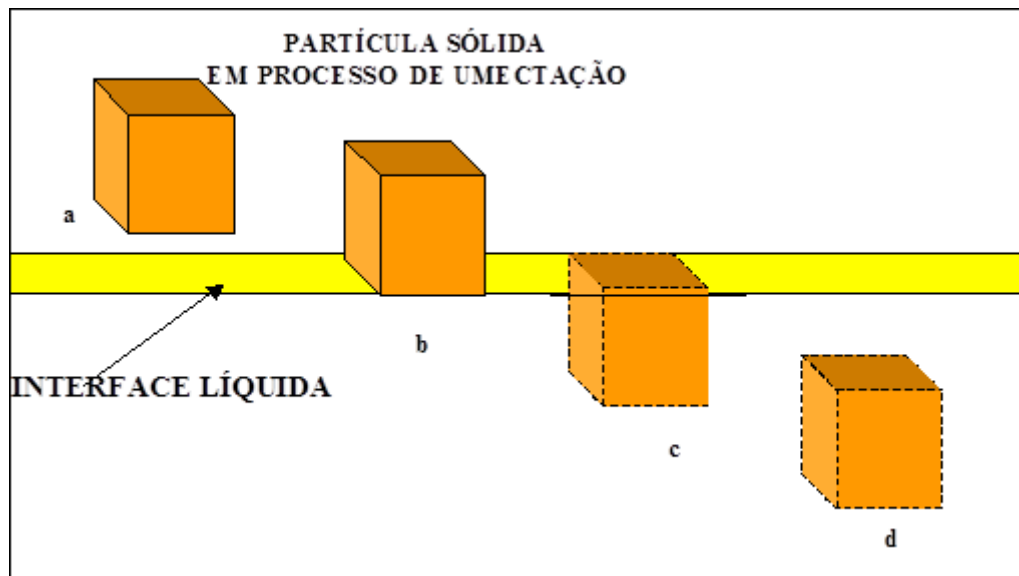


Figura 3 Descrição dos três estágios envolvidos na completa umectação de uma partícula sólida por um meio líquido. Estágio de (a) até (b): umectação adesiva; estágio de (b) até (c): alastramento; estágio de (c) até (d): imersão. Fonte: Parfitt (1969).

3.2 Equipamentos utilizados nos processos de dispersão de pigmentos

Como comentado anteriormente, os equipamentos utilizados para a desaglomeração ou dispersão dos pigmentos são denominados de moinhos. Na indústria de tintas existem diversos tipos, tais como os de rolos, esferas (ou bolas), verticais e horizontais. Para auxiliar no processo de dispersão, tais moinhos, com exceção do moinho de rolos, são carregados com esferas feitas de aço ou materiais cerâmicos extremamente resistentes, chamados genericamente como agentes de moagem. Tais agentes de moagem, durante o processo de manufatura chocam-se contra as partículas de pigmentos, promovendo sua desaglomeração e ao mesmo tempo permitindo a umectação destas partículas pelo veículo ou resina utilizado.

3.2.1 Moinho de Rolos

Muito utilizado para tintas de elevada viscosidade (20 a 100 Poises), as quais costumam fazer parte da tecnologia de tintas gráficas. Consiste de três cilindros em série, conforme a Figura 4, sendo que a zona de alimentação fica entre os dois rolos localizados na parte traseira do equipamento. Na Figura 4, corresponde à posição do funil acima dos rolos.

3.2.2 Moinho de Esferas ou Bolas

Segundo Fazenda (2005), o moinho de bolas consiste em um cilindro giratório horizontal carregado de esferas de cerâmica, aço ou ainda seixos. Além das esferas, podem ainda ser utilizadas como agentes de moagem, as chamadas diagonais de aço. Por muitos anos os moinhos de bolas foram utilizados no processo de redução do tamanho de partículas de pigmentos, principalmente os de difícil desaglomeração, tais como negro de fumo, ftalocianinas e perilenes, por exemplo. Sua ação é combinação de cisalhamento e impacto do

meio de moagem que cascadeia nas paredes internas do moinho. Apesar de sua comprovada eficiência no processo de dispersão, são processos com baixa produtividade. Isto se deve em função do longo tempo necessário para obtenção do grau de dispersão exigido pela indústria de tintas. Na Figura 5, pode ser visto um exemplo deste tipo de moinho.



Figura 4 Moinhos de rolos de escala semi-industrial.
Fonte: <https://www.multitecrs.com.br>. Acesso em janeiro 2018.



Figura 5 Exemplo de um moinho de bolas com capacidade de aproximadamente 1500 litros. No detalhe, à direita, esferas de aço (acima) e cerâmica (embaixo), ambas com 2 mm de diâmetro, que podem ser usadas como agentes de moagem.
Fonte: Oliveira (2017).

3.2.3 Moinhos Verticais

Conforme Fazenda (2005), desde os anos de 1950, os moinhos verticais tem sido muito utilizados para dispersão de pigmentos com a utilização de areia de Ottawa 30 mesh, como agente de moagem. Bons resultados foram obtidos com o uso de esferas de vidro e outros elementos de moagem sintéticos nas décadas seguintes. Entre estes, a utilização de elementos cerâmicos à base de óxido de zircônio e ítrio tem obtidos ótimos resultados, nos últimos 20 anos e estão em uso atual em muitas indústrias de tintas. Fazenda (2005) menciona que o projeto de construção de um moinho consiste basicamente em dois componentes: um estacionário e outro rotacional. O estacionário é composto por uma câmara cilíndrica vertical montada com um eixo perpendicular longitudinal, que conserva os elementos de moagem em seu interior. A parte rotacional é composta do eixo rotacional provido de uma série de discos anulares montados de modo equidistante. O fundo da câmara é fechado, exceto por uma válvula de entrada de material acoplada à sua tubulação. No topo do casco, localiza-se a saída da moagem, circundada por uma tela. Na Figura é ilustrado um moinho vertical industrial e de modo esquemático a estrutura de seu funcionamento. O método de dispersão ocorre pelo choque das esferas do agente de moagem contra as partículas de pigmento, entre os discos do eixo do moinho.

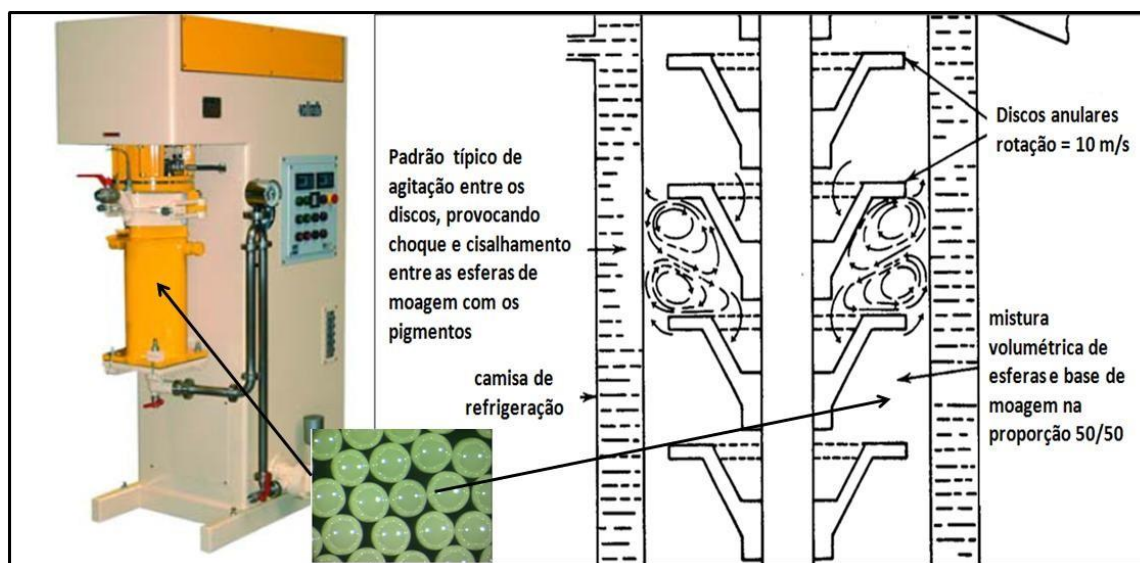


Figura 6 Exemplo de moinho vertical, tipo de esferas (ítrio) e princípio de funcionamento. Fonte: Oliveira, 2017.

3.2.4 Moinhos Horizontais

Conforme Fazenda (2005), o moinho horizontal é uma máquina para moagem contínua de dispersão de sólidos micronizados em meio líquido. Comercialmente, são encontrados em vários tamanhos com volumes de câmara de 0,5 a 500 litros. A câmara de moagem em execução cilíndrica é horizontal e flangeada na parte frontal acoplada na máquina. O princípio de operação baseia-se na agitação base de moagem por meio de multidiscos excêntricos, conforme ilustrado a seguir, na Figura 7.

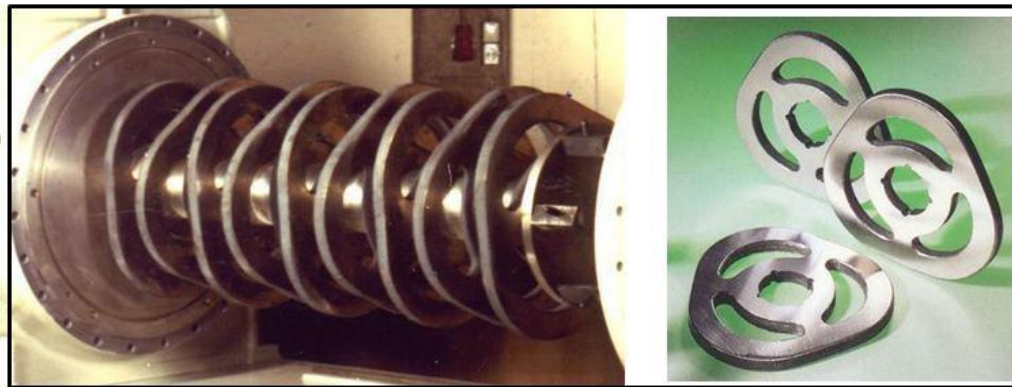


Figura 7 Eixo e sistemas de disco excêntricos utilizados em moinhos horizontais.
Fonte: Harbs (2004).

A base de moagem passa através de uma zona de cisalhamento, na qual ocorre a quebra dos aglomerados e é então separado do elemento de moagem por sistema de filtro ou peneira localizado no lado oposto da alimentação. Na Figura 8 pode ser visto o esquema de moinho horizontal.

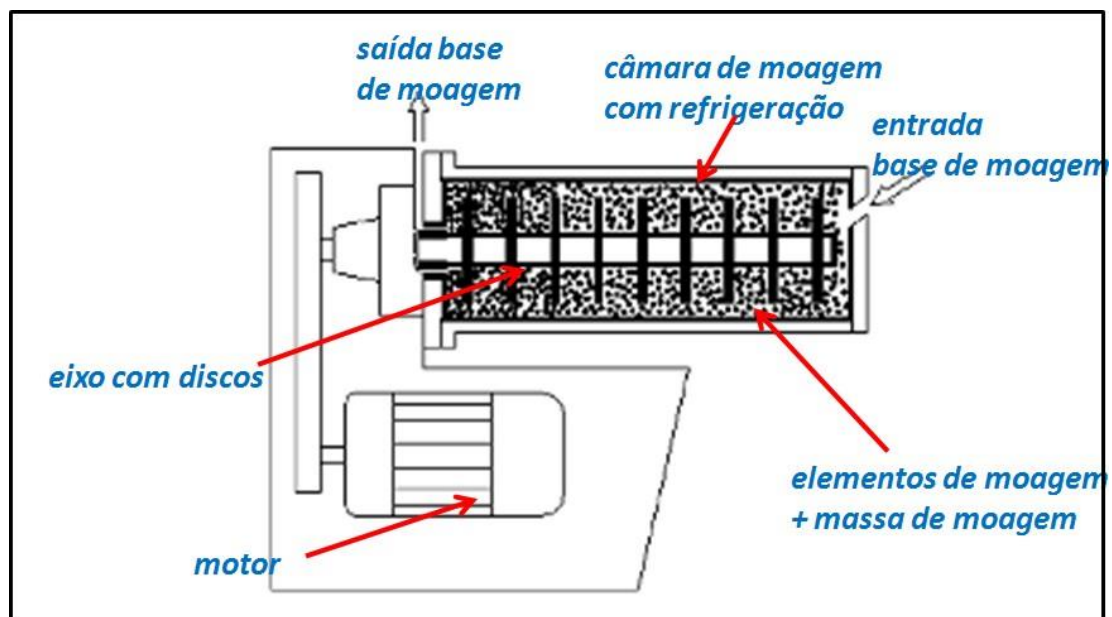


Figura 8 Ilustração esquematizada de um moinho horizontal.
Fonte: Harbs (2004).

4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO FINAL

O processo de dispersão de pigmentos desempenha um papel fundamental na qualidade final do filme, tais como brilho, aspecto e principalmente o desenvolvimento da cor. Os pigmentos, em função de diversas razões, tendem a se aglomerar em seu estado sólido original, o que exige cuidados para viabilizar sua incorporação durante a preparação de diversos tipos de tintas líquidas. O método mais eficiente para esta incorporação é a dispersão, conhecida popularmente na indústria de tintas como moagem. Os equipamentos utilizados para esta operação são chamados de moinhos, razão pela qual a popularização do termo. Dentre os diversos equipamentos utilizados para estas operações pode-se destacar os moinhos de rolos, usados para sistemas de elevada viscosidade e normalmente pertencentes ao segmento de tintas gráficas. Em seguida pode-se destacar o moinho de bolas de aço, que apesar de sua elevada eficiência, hoje são obsoletos e com baixa produtividade. O destaque deve-se principalmente aos moinhos verticais e horizontais, de grande utilização no mercado de tintas em geral. Tais moinhos utilizam como agentes de moagem, esferas de óxido de zircônio e ítrio, que são materiais cerâmicos muito resistentes e com altas taxas de cisalhamento. Além do processo de moagem é importante mencionar que o processo de umectação da partícula, que se inicia no processo de pré-mistura é fundamental para que o moinho possa desempenhar bem seu papel. Para tanto, o processo de umectação deve seguir adequadamente as fases de trabalho de umectação do particulado, a quebra dos aglomerados e a estabilização e resistência à floculação. Para melhorar a resistência à floculação, aditivos, como dispersantes podem ajudar por mecanismos de repulsão eletrostática ou impedimento estérico.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BENTLEY, J.; TURNER, G.P.A. Introduction to Paint Chemistry and principles of paint technology, 1998. 4ed. pág. 103, p.111-112.

CHEMIE, BIK. Aditivos dispersantes e umectantes - Informações Técnicas WI 1, BYK Chemie Aditivos, p.6, 2003.

FAZENDA, J.M.R. Processos de Fabricação. In: **Tintas e Vernizes, Ciência e Tecnologia**. Editora Edgard Blücher, 3ª edição, p.570-613, 2005.

DUPONT. **Tintas e Vernizes**, Apostila, p.1-174, 2003.

HARBS, T.W.; KOLB, G.; **Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas: 8º Congresso Internacional de Tintas**, ABRAFATI, 2003, Anais – Volume II, p. 435-436.

HARBS, T.W. Tecnologia de Moinhos de Esferas. Encontro Vendas M&D, Netzsch, p.1-85, 2004.

MULTIRECRS. Moinhos de Rolos. Disponível em <https://www.multitecrs.com.br>. Acesso em janeiro de 2018.

PARFITT, G.D. Fundamental Aspects of Dispersion – **Dispersion of Powders in Liquids**, Elsevier Publishing Company Limited, p.81- 90, 1969.

OLIVEIRA, M.F. Moinhos de bolas in: **Processos de Fabricação**. Apostila. Pós-Graduação em Engenharia de Superfícies e Tintas – Faculdades Oswaldo Cruz, 2017.

SCHOLZ, W. **Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas**: 2º Congresso Internacional de Tintas, ABRAFATI, 1991, Anais – Volume II, p. 520-523.