

# Contribuição ao Estudo do Nivelamento de Tintas Látex

Carlos Alberto da Silveira\* e Iraides Maria B. Correa

**Resumo** - O nivelamento das tintas látex é comumente estudado relacionado-se as características reológicas das tintas com resultados obtidos através da aplicação do método ASTM D-2801-69. Neste trabalho, procurou-se correlacionar resultados práticos de nivelamento (isto é, determinados em condições de aplicação muito próximas das reais) não só com parâmetros reológicos, como também com a tensão superficial das tintas. Verificou-se que este último fator é extremamente importante para a correta descrição do fenômeno do nivelamento.

**Palavras-chave** : Tintas Látex; reologia; tensão superficial; nivelamento.

## INTRODUÇÃO

O mercado de tintas látex no Brasil é o maior dentre todos os do setor revestimentos, representando cerca de 300 milhões de litros num total de 750 milhões. Uma característica fundamental que estas tintas devem possuir é a capacidade de nivelar, a qual pode decidir o sucesso ou o fracasso de um produto junto ao consumidor. O nivelamento de uma tinta pode ser descrito como a capacidade que esta possui de regularizar as imperfeições resultantes da aplicação (estrias deixadas no filme úmido pelo pincel, marcas dos pêlos do rolo, etc.), conduzindo a um filme liso e de aspecto homogêneo. A importância desta característica acentua-se quando tratamos de tintas semibrilhantes, cujo brilho depende grandemente do nivelamento.

A literatura salienta de forma muito significativa a importância das características reológicas no fenômeno de nivelamento de tintas [1,2,3]. Contudo, a maioria dos trabalhos publicados sobre este assunto refere-se a medidas de nivelamento obtidos através do método ASTM D2801-69 [4], que é aplicado em condições um tanto artificiais (aplicador de filme com ranhuras sobre uma placa de vidro lisa). Na prática, a tinta deverá nivelar sobre um

substrato com características bastante diferentes (como por exemplo, massa corrida), onde o fator *molhamento do substrato* poderá ter uma função preponderante. De fato, diversas tentativas realizadas em nossos laboratórios no sentido de correlacionar fatores reológicos com nivelamento determinado *praticamente* (isto é, avaliado em condições reais de aplicação) não conduziram a resultados coerentes.

Assim sendo, formulamos a hipótese de que deveria haver outros fatores (além daqueles de natureza reológica) influenciando de forma significativa o fenômeno de nivelamento. Numa primeira abordagem, decidimos incluir o fator tensão superficial nos estudos de nivelamento de tintas. Camina e Howell [5] já discutiram este fator, porém somente considerando a tensão superficial como uma "força motriz" do nivelamento, sem levar em consideração aspectos como o molhamento do substrato pela tinta (ou seja, a relação da tensão superficial com o ângulo de contato). Estes dois fatores agem de maneira inversa sobre o nivelamento, pois uma alta tensão superficial o favorece através da maior tendência à redução da superfície livre do filme, ao mesmo tempo que o prejudica por piorar o molhamento do substrato.

**Carlos Alberto da Silveira e Iraides Maria B. Correa** - Divisão de Pesquisa Básica, Tintas Coral S/A Tel. (011) 446-6000 (enviar correspondência para\*)

## PARTE EXPERIMENTAL

### *Tintas Formuladas*

Foram formuladas 8 tintas acrílicas semibrilhantes, de tal forma que a única diferença entre elas fosse a emulsão acrílica presente em cada fórmula. Estas emulsões, obtidas em laboratório, possuíam diferenças consideráveis entre si, sobretudo no que diz respeito a sistemas estabilizantes (como, por exemplo, tensoativos).

### *Preparação Prévia da Tinta*

As tintas acrílicas acima descritas foram diluídas com água em quantidade tal que apresentassem uma viscosidade medida com um viscosímetro Krebs-Stormer de 67 KU a 25 °C. Isto foi feito para simular o processo de diluição usualmente empregado pelos pintores, os quais adicionam uma quantidade de água tal que a tinta apresente uma fluidez por eles considerada adequada (medidas efetuadas em nossos laboratórios indicaram que isto equivale a uma viscosidade de 67 KU). A seguir, as tintas diluídas foram transferidas para uma lata de 1/4 de galão e agitadas durante 1 minuto a 1000 rpm em um agitador tipo disco Cowles de diâmetro 5 cm. Desta forma, procurou-se submeter as tintas a cisalhamento similar àquele proporcionado pela aplicação com rolo ou pincel.

### *Medidas Reológicas*

Imediatamente após o cisalhamento das amostras, estas (ainda dentro das latas de 1/4 de galão) tiveram sua temperatura ajustada a 25 °C, realizando-se então determinações de viscosidade com um viscosímetro Brookfield modelo RVT, através de dois procedimentos:

- Inicialmente, por relaxação de mola, conforme descrito em [6] e [7]. Este método permite medir viscosidades em uma faixa muito baixa de gradientes de velocidade (0,01 a 1 s<sup>-1</sup>), e baseia-se em uma varredura de velocidade desde o momento que o "spindle" (tensionado pela mola do instrumento) é solto pelo operador, até o cessamento da rotação devido ao escoamento viscoso da tinta. Os cálculos necessários para a conversão de leituras de escala  $\underline{S}$  do aparelho versus tempo em valores de viscosidade versus gradiente de velocidade foram efetuados por meio de um programa para computador escrito em BASIC.
- Em seguida, variando-se as velocidades disponíveis no aparelho (0,5 a 100 rpm) foram registrados os valores  $\underline{S}$  (em %) lidos na escala. As viscosidades correspondentes a cada velocidade foram calculadas e corrigidas matematicamente conforme [2] e [6], através de um programa para computador escrito em BASIC.

Tais medidas resultaram em uma curva de viscosidade (VISC), medidas em mPa.s (cP) versus gradiente de velocidade GVEL (dado em s<sup>-1</sup>) para cada uma das tintas estudadas. Aos pontos destas curvas foram ajustadas (por meio de regressão linear) equações correspondentes a duas leis usualmente aplicadas a sistemas deste tipo:

- a) a "lei da potência" ("power law")

$$\text{VISC} = K \cdot (\text{GVEL})^n \dots [\text{Eq. 1}]$$

onde o expoente n (n<0) pode ser considerado como um índice do grau de pseudoplasticidade apresentado pela tinta, e

- b) a equação de Casson

$$(\text{VISC})^{1/2} = A + B/(\text{GVEL})^{1/2} \dots [\text{Eq. 2}]$$

onde B = (VESC)<sup>1/2</sup> (raiz quadrada do valor de escoamento ou "yield point")

Foram também calculados os coeficientes de correlação R e o coeficiente de determinação R<sup>2</sup> para cada uma destas curvas, o que permitiu avaliar a qualidade dos ajustes efetuados.

Estas equações permitem o cálculo da viscosidade de qualquer tinta em qualquer gradiente de velocidade GVEL previamente definido. Em particular, a equação de CASSON também fornece o valor de escoamento VESC, o qual pode ser entendido como a tensão mínima a que a tinta deverá ser submetida para que apresente escoamento fluido.

### *Determinação das Tensões Superficiais*

Para evitar a interferência da viscosidade na determinação da tensão superficial, esta foi feita diluindo-se a tinta com água a 25% de sólidos. Foi empregado um tensiômetro tipo Du Nouy (de anel), sendo realizada a medida a 25 °C.

### *Determinação do Nivelamento ASTM*

Foi empregado o método ASTM D2801-69. Este método baseia-se no uso de um aplicador de filme com pares de ranhuras de diversas alturas, que deixam "traços" paralelos na película úmida. Após aplicada a tinta com este dispositivo, há uma tendência dos traços se unirem, dependendo da altura de cada um. Assim, os mais altos juntam-se mais facilmente que os mais baixos. Pode-se, então, atribuir uma "nota" de 0 a 10 que será função do maior traço não unido após secagem da tinta.

### *Determinação do Nivelamento Prático*

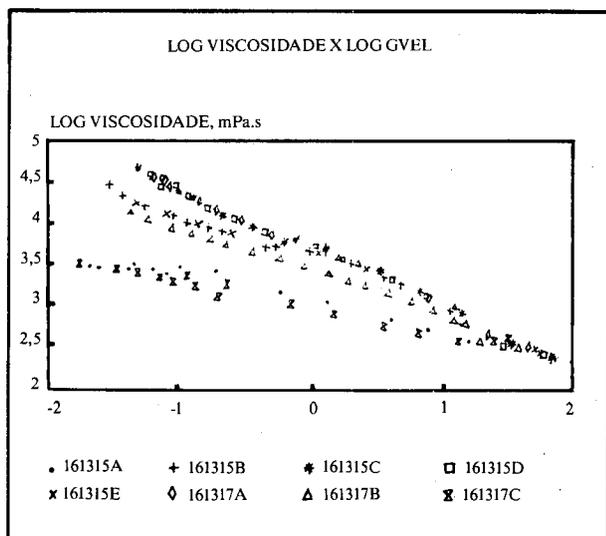
Visando simular o melhor possível as condições reais

de uma pintura, foi efetuada a aplicação com rolo de pêlo de carneiro da tinta diluída a 67 KU (descrita no item Preparação Prévia da Tinta) sobre uma placa de vidro revestida de massa corrida seca e lixada. Para eliminar a possível influência do aplicador, todas as tintas foram aplicadas pelo mesmo operador. Após aplicação de uma demão, as tintas foram deixadas secar e tiveram seu nivelamento avaliado pelo mesmo avaliador, através da comparação visual com padrões, sendo a elas atribuídas notas de 0 (pior) a 5 (melhor).

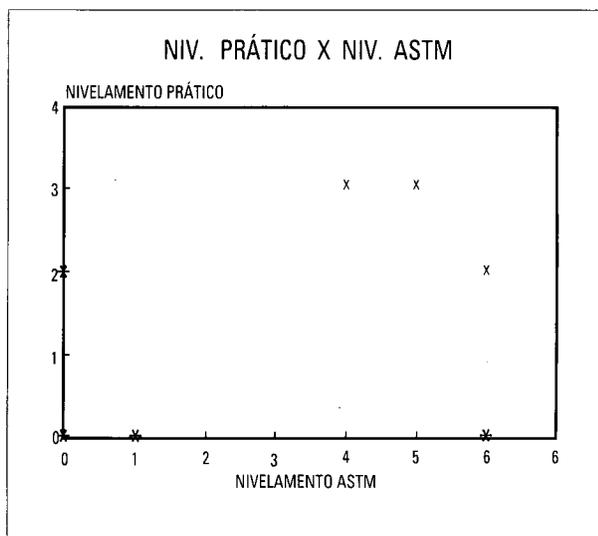
## RESULTADOS OBTIDOS

A Figura 1 mostra as curvas VISC versus GVEL determinadas para as 8 tintas.

Os valores das viscosidades calculadas através do ajuste por regressão das equações [Eq. 1] e [Eq. 2] aos dados obtidos são apresentados na Tabela 1, para os gradientes de velocidade  $GVEL = 0,01 \text{ s}^{-1}$ ,  $GVEL = 0,1 \text{ s}^{-1}$  e  $GVEL = 1 \text{ s}^{-1}$ . Na mesma tabela são também apresentados os resultados calculados dos valores de escoamento VESC obtidos através da aplicação da equação de Casson, os coeficientes n



**Fig. 1** – Logaritmo da viscosidade como função do logaritmo do gradiente de velocidade para as tintas estudadas.



**Fig. 2** – Nivelamento prático como função do nivelamento ASTM. (Notar que não há concordância entre os dados).

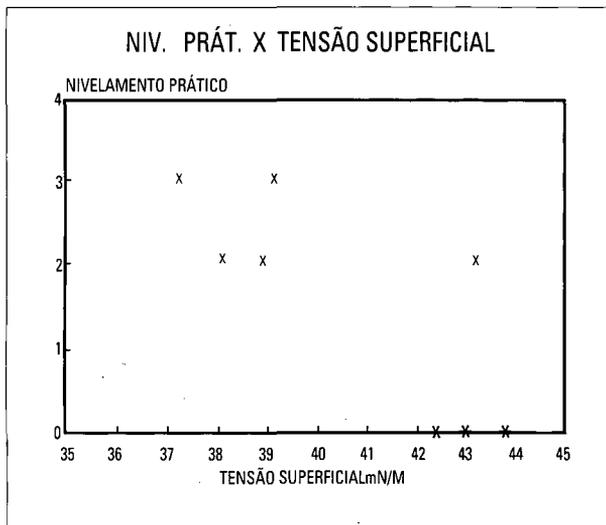
**TABELA 1**

CÓDIGO DA AMOSTRA	VISC (CALCULADAS) mPa.s								Valor de Escoam. VESC (mPa)	Tensão Superfíc. TS (N/m)	Expoente da lei da Potência n	Nivelam. Prático ASTM	
	LEIDA POTÊNCIA (Eq. 1)				EQ. DE CASSON (Eq. 2)							NP	NA
	GVEL, s-1		R2		GVEL, s-1		R2						
161315A	3901	2007	1033	0.9696	5619	1719	953	0.826	24	43.8	-0.2885	0	6
161315B	53093	12110	2762	0.9962	84419	11144	2215	0.9938	732	43.2	-0.6419	2	6
161315C	108573	20560	3893	0.9977	177589	20756	3177	0.9974	1645	42.4	-0.7227	0	0
161315D	106824	19403	3524	0.9965	177432	20157	2880	0.999	1668	38.9	-0.7408	2	0
161315E	55843	12629	2856	0.9986	93265	11990	2261	0.9909	821	39.1	-0.6456	3	5
161317A	115678	20617	3674	0.9932	200187	22317	3041	0.9998	1900	38	-0.749	2	0
161317B	35974	8668	2088	0.9881	68778	8769	1626	0.9988	608	37.2	-0.6181	3	4
161317C	3229	1694	889	0.9819	4082	1400	843	0.8917	15	42.9	-0.2802	0	1

da "lei da potência", bem como os valores experimentais da tensão superficial TS, do nivelamento ASTM (NA) e do nivelamento prático (NP) para cada amostra.

Logo de início, já podemos constatar que não há correlação entre o nivelamento prático e o nivelamento ASTM, como demonstra claramente a Figura 2.

Isto nos indica que, realmente, o teste ASTM está pobremente relacionado com o que se observa na prática da pintura. Por outro lado, numa inspeção inicial nota-se uma certa correlação entre o nivelamento prático NP e a tensão superficial TS, como mostra a Figura 3.



**Fig.3** – Nivelamento prático como função da tensão superficial. (Notar que quanto menor a tensão superficial melhor o nivelamento).

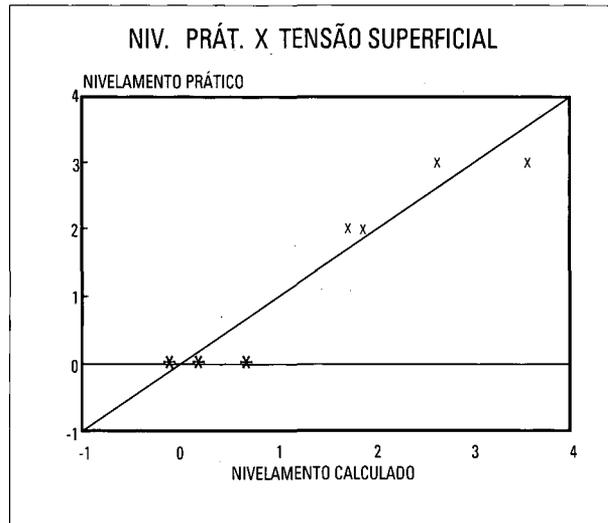
A análise estatística da correlação NP x TS levou a um coeficiente de determinação  $R^2 = 0,6246$ , que um teste F por análise de variância indicou ser significativo em um nível de confiança de 95%. Deve-se salientar que o coeficiente angular da reta de correlação é negativo, isto é, quanto menor a tensão superficial, maior (melhor) será o nivelamento. Isto parece indicar que neste caso específico, o molhamento da superfície deve ser mais importante que a ação de "força motriz" do nivelamento proporcionada pela tensão superficial.

Contudo, é evidente que este modelo precisa ser melhorado através da inclusão dos fatores relacionados com a reologia das tintas. Assim, chegamos (após testar diversas possibilidades) ao seguinte modelo estatístico, que consideraremos mais representativo:

$$NP = -0,00022 [VISC(0,1 s^{-1})] - 0,25769 (TS) - 10,7137 n + 8,5 \dots [Eq. 3]$$

Este modelo leva em conta um fator relacionado com a viscosidade em baixo gradiente de velocidade ( $VISC(0,1 s^{-1})$ ), um com a tensão superficial (TS) e um com a queda pseudo-plástica de viscosidade com o cisalhamento (n). O coeficiente de determinação  $R^2$  obtido para esta regressão foi de 0,9127, o que é bastante alto. Um teste F por análise de variância indicou que este coeficiente de correlação é signifi-

cativo em um nível de confiança de 95%. Aplicando-se a [Eq. 3] para calcular o nivelamento que seria esperado em função da tensão superficial e das propriedades reológicas de cada tinta, verificamos uma dispersão aleatória dos desvios (resíduos) em relação ao NP determinado experimentalmente, como mostra a Figura 4.



**Fig.4** – Nivelamento prático como função do nivelamento calculado. (Notar boa concordância entre o valor calculado pelo modelo adotado e o valor obtido experimentalmente).

Isto parece indicar que os eventuais desvios do modelo proposto devem-se provavelmente a causas aleatórias (por exemplo, erros experimentais), e não a uma falha do modelo.

## CONCLUSÃO

Conforme exposto, ficou evidente neste caso a importância da tensão superficial no fenômeno do nivelamento de tintas. Deve-se salientar que o tipo de dependência (negativa) parece indicar a importância do molhamento do substrato pela tinta. Além disso, os fatores reológicos são de grande importância, como era de se esperar. A principal conclusão deste trabalho é a de que se deve considerar a tensão superficial juntamente com os fatores reológicos, quando se procura estudar o fenômeno do nivelamento em tintas látex.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 – SARKAR, N.; LALK, R. — J. Paint Tech., 46, 590, 29-34 (1974);
- 2 – PIERCE, P. — J. Paint Tech., 43, 557, 35-43 (1971);
- 3 – CUTRONE, C. — J. Coatings Tech., 56, 708, 59-63 (1984);
- 4 – ASTM, "1988 Annual Book of ASTM Standards", vol. 06.01 (1988)
- 5 – CAMINA, M.; HOWELL, D. — J. Oil Chem. Assoc., 55, 929-939, (1972);
- 6 – SILVEIRA, C. A. — Polímeros: Ciência e Tecnol, 1, 1, 41-43 (1991).
- 7 – SMITH, R.E., JCT, 54, 21, (1982)