

revista  
**JP**

**Jateamento  
& Pintura**

REVISTA DE JATEAMENTO E PINTURA

REVISTA DE JATEAMENTO E PINTURA

## Pintura

Um curso exclusivo para a Revista JP escrito pelo profissional Celso Grecco mostra sua empresa a escolher e utilizar seu sistema de pintura de forma eficiente.

## Jateamento

Confira os critérios a serem considerados na hora de escolher um jato turbinado que melhor se adapte a suas necessidades.



# O que é Sólidos por Volume?

Publicado na Revista JP – Jateamento & Pintura - MARÇO/ABRIL 2013 – EDIÇÃO 1

Autor: Celso Gnecco

revisado em fevereiro de 2021

## RESUMO

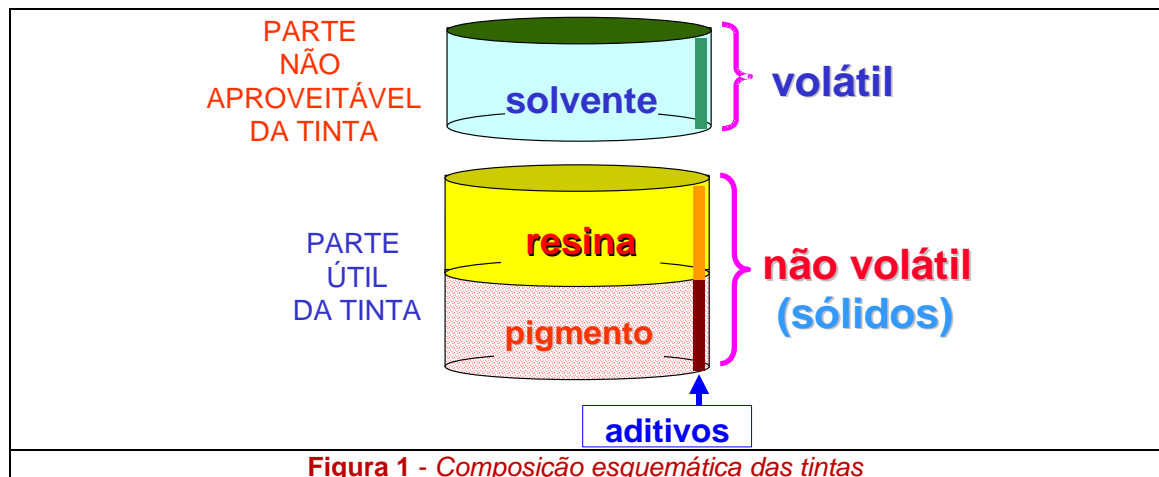
A tinta é constituída de materiais voláteis e não voláteis. Como materiais voláteis temos os solventes, e os aditivos voláteis. Os não voláteis são as resinas, os pigmentos e os aditivos não voláteis. Enquanto a tinta está na embalagem, com a tampa bem fechada, os compostos voláteis ficam impedidos de evaporarem. Depois de aberta a embalagem e depois de aplicada a tinta, os compostos voláteis evaporam e o que resta na superfície pintada são os sólidos, ou seja, o material não volátil, ou também chamado de material fixo. O teor de sólidos pode ser encarado por dois pontos de vista: a quantidade de sólidos que resta na superfície pintada em **massa** e em **volume**. Como a tinta é comercializada em volume (litro ou galão brasileiro de 3,6 L), o que interessa é a quantidade em volume de material sólido que fica após a evaporação dos voláteis, preponderantemente os solventes. Por isso, os sólidos por volume é um valor tão importante para se comparar os custos por metro quadrado de uma pintura, para verificar o rendimento de uma tinta, para se calcular a quantidade de tinta a ser comprada por demão e para controlar a espessura da camada seca a partir da espessura da camada úmida de cada demão.

## ABSTRACT

The paint consists of volatile and non-volatile materials. As volatile materials we have solvents, and volatile additives. The nonvolatile materials are resins, pigments and non-volatile additives. While the paint is in the package, with the lid tightly closed, the volatile compounds are prevented from evaporating. Once the packaging is opened and after the paint is applied, the volatile compounds evaporate and what remains on the painted surface are solids, i.e. nonvolatile material, or also called fixed material. The solids content can be seen from two points of view: the amount of solids left on the painted surface in **mass** and in **volume**. As the paint is marketed in volume (liter or brazilian gallon of 3.6 L), what matters is the amount in volume of solid material that remains after evaporation of volatiles, predominantly solvents. Therefore, solids by volume is such an important value to compare the costs per square meter of a painting, to check the yield of an paint, to calculate the amount of paint to be purchased per coat and to control the thickness of the dry layer from the thickness of the wet layer of each coat.

## INTRODUÇÃO

As tintas em geral possuem na sua fórmula matérias primas voláteis e não voláteis. Enquanto a embalagem está fechada os voláteis não evaporam, mas quando a tinta é aplicada a parte volátil evapora e vai para ar atmosférico. Quando a tinta é comercializada quem compra paga pela tinta toda, tanto os voláteis quanto os não voláteis. Só que a parte volátil que foi paga é perdida na atmosfera. Por isso é importante saber do que foi pago quanto permanece na superfície pintada. Uma maneira eficiente para conferir quanto se aproveita da tinta é através do valor de Sólidos por Volume. Na **Figura 1**, um podemos observar o desenho esquemático da composição de uma tinta, onde podemos avaliar o que fica como parte útil da tinta e o que é parte perdida da tinta.

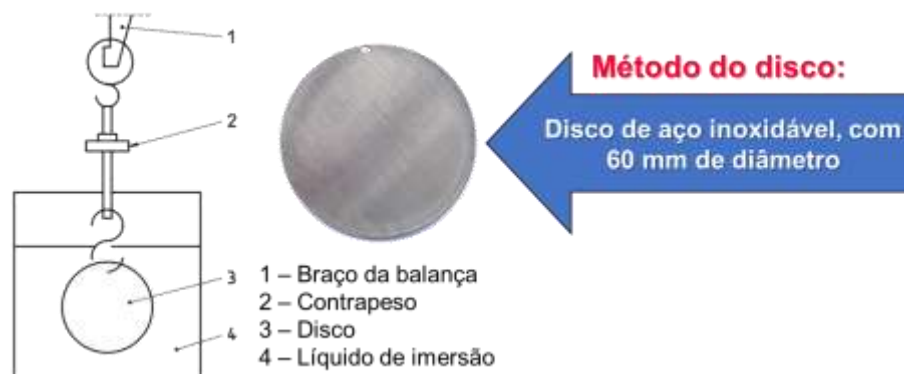


### Normas

As normas mais importantes e mais utilizadas sobre o assunto são: **ABNT NBR 8621** (método da película), **ABNT NBR 11617**, **ISO 3233-1** e **ASTM D 2697** (métodos do disco). O método do disco é mais fácil de ser executado no laboratório, mais simples e mais preciso. Praticamente todos os métodos do disco citados acima têm o mesmo procedimento ou são muito semelhantes.

### Determinação e Cálculo

A determinação dos Sólidos por Volume pelo método da película seca segundo ABNT NBR 8621 é mais antigo e foi muito usado até aparecer os métodos do disco. O princípio é o mesmo e os resultados são comparáveis. Existe também o método da destilação dos solventes pelo método ASTM D 3272 no qual é determinado o volume dos voláteis (solventes) e subtraindo de 100 encontra-se os Sólidos por Volume da parte não volátil. No entanto, todos estes métodos são muito complicados e exigem mais tempo para a execução. Por esta razão, vamos nos deter apenas no método para a determinação dos Sólidos por Volume pelo método do disco. Os equipamentos básicos são uma balança analítica de laboratório e um disco de aço inoxidável, de aproximadamente 60 mm de diâmetro e 0,644 mm de espessura, possuindo um pequeno furo perto da circunferência. Um arame fino de cromo, passando através do furo e possuindo comprimento adequado, é utilizado para manter o disco suspenso no líquido. O arame deve possuir uma pequena laçada, na extremidade externa, de maneira que disco e arame possam ser pendurados na balança. Na **Figura 2** é mostrado o disco de aço inoxidável.

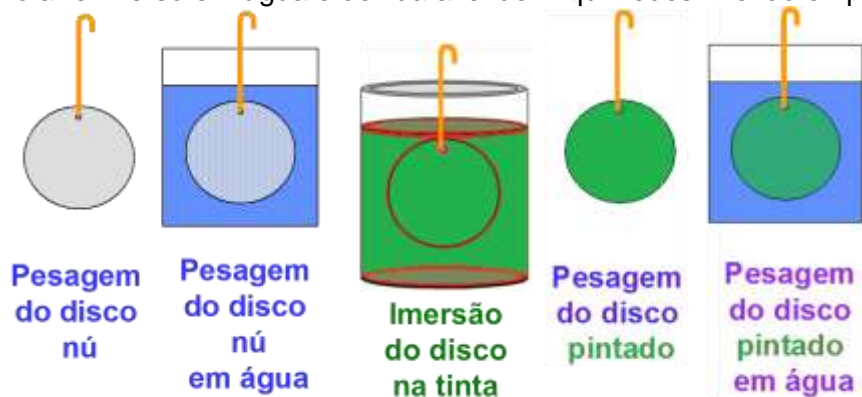


**Figura 2 – Desenho da norma ISO 3233-1**

A sequência das pesagens é ilustrada na **Figura 3** abaixo:

A pesagem do disco nú no ar ( $m_1$ ), imerso em água ( $m_2$ ). Depois o disco é imerso na tinta, deixado secar e novamente pesado no ar ( $m_3$ ) e finalmente pesado imerso em água ( $m_4$ ). A

pesagem suspenso em água normalmente dá resultados menores do que no ar. A diferença da pesagem no ar e imerso em água é devida a lei de Arquimedes – lei do empuxo).



**Figura 3 – Desenho da sequência de pesagens do disco em água e na tinta**

Na **Figura 4** abaixo, pode ser vista a sequência de pesagens no ar, na água, a imersão na tinta e depois de secas, as pesagens no ar e imersas em água.



**Figura 4 – Fotos da sequência de pesagens do disco em água e na tinta**

**Cálculo dos Sólidos por Volume após as pesagens:**

Calcular o volume do disco  $V_1$  em  $cm^3$ , através da expressão:

$$V_1 = \frac{m_1 - m_2}{Me}$$

Onde:  
 $m_1$  = massa do disco, em g  
 $m_2$  = massa do disco em suspensão na água, em g  
 $Me$  = massa específica da água na temperatura do ensaio, em  $g/cm^3$

Massa específica da água:

Temperatura	24°C	25°C	26°C
Massa específica da água ( $g/cm^3$ )	0,997296	<b>0,997044</b>	0,996783

Calcular o volume do disco recoberto  $V_2$  em  $cm^3$ , através da expressão:

$$V_2 = \frac{m_3 - m_4}{Me}$$

Onde:  
 $m_3$  = massa do disco recoberto, em g  
 $m_4$  = massa do disco recoberto em suspensão na água, em g  
 $Me$  = massa específica da água na temperatura do ensaio, em  $g/cm^3$

Calcular o volume da película seca  $V_3$  em  $cm^3$ , através da expressão

$$V_3 = V_2 - V_1$$

Calcular o volume da película úmida  $V_4$  em  $\text{cm}^3$ , a partir do qual a película seca foi obtida, através da expressão:

$$V_4 = \frac{m_3 - m_1}{m \cdot d} \quad \text{Onde:}$$

$m$  = matéria não volátil em 1 g da amostra em g  
 $d$  = massa específica da amostra em  $\text{g/cm}^3$

As determinações de matéria não volátil e massa específica devem ser realizadas segundo as normas: **ISO 3251** (sólidos por massa) e **ABNT NBR 5829** (massa específica).

Calcular o volume dos sólidos, em porcentagem, na tinta através da expressão

$$\text{Volume de sólidos} = \frac{V_3}{V_4} \times 100$$

$$\text{Sólidos por volume (\%)} = \frac{\text{cm}^3 \text{ de película seca}}{\text{cm}^3 \text{ de película úmida}} \times 100$$

Como os Sólidos por Volume influenciam nos seguintes assuntos:

### Rendimento Teórico, Prático e Real (perdas estimadas em função do método de aplicação)

Os Sólidos por Volume estão relacionados diretamente com o rendimento da tinta. Há 3 tipos de rendimento: O Rendimento Teórico, o Rendimento Prático e o Rendimento Real.

#### Rendimento teórico (Rt)

É, como o próprio nome indica, teórico, ou seja, ideal e não inclui no seu cálculo, as perdas devidas ao método, às condições de aplicação e ao treinamento do pintor. Há uma fórmula prática que leva em consideração os sólidos por volume e a espessura da película seca:

$$Rt = \frac{SV \times 10}{EPS}$$

Onde:

$Rt$  = Rendimento teórico (em  $\text{m}^2/\text{L}$ )

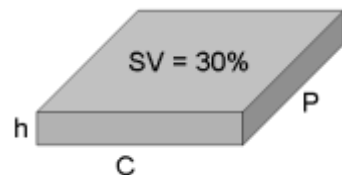
$SV$  = Sólidos por volume (em %)

$EPS$  = Espessura da película seca (em  $\mu\text{m}$ )

$10$  = Constante de fórmula para que o resultado seja expresso em  $\text{m}^2/\text{L}$

Ex.: se uma tinta tem 30% de sólidos por volume e espessura de  $25\mu\text{m}$  qual será o seu rendimento teórico?

1L desta tinta com 30% sólidos = 300 ml ou 0,3 L de sólidos por volume



$$V = \underbrace{C \times P}_{\text{área}} \times \underbrace{h}_{\text{espessura}}$$

$$V = 0,3\text{L} = 0,0003 \text{ m}^3$$

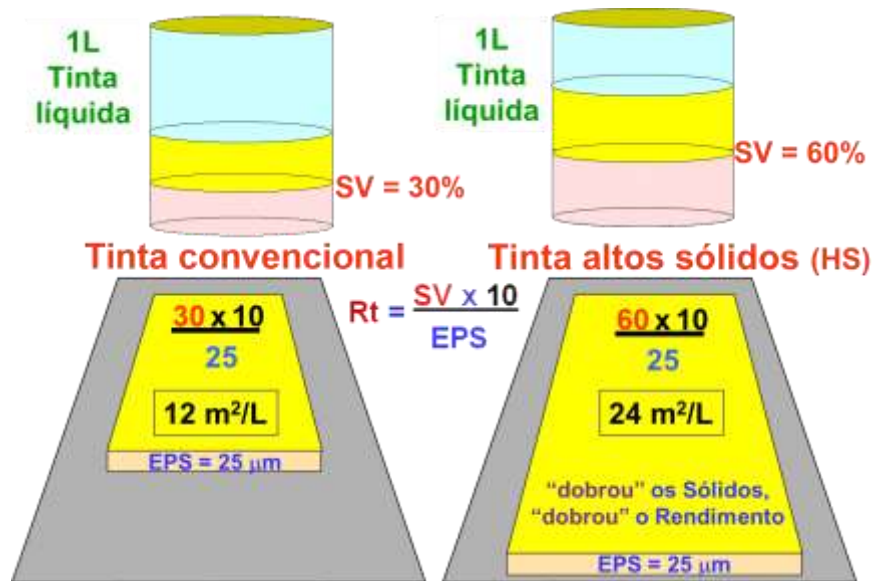
$$h = 25 \mu\text{m} = 0,000025 \text{ m}$$

$$V = \text{área} \times \text{espessura} \therefore \text{Área} = \frac{V}{\text{espessura}} \therefore \text{Área} = \frac{0,0003 \text{ m}^3}{0,000025 \text{ m}}$$

$$\boxed{\text{Área} = 12 \text{ m}^2}$$

Portanto o rendimento teórico desta tinta será de  $12 \text{ m}^2$  por litro.

Uma tinta com o dobro dos Sólidos por Volume, por exemplo 60%, o rendimento será também o dobro, isto é  $24 \text{ m}^2$  por litro. Uma ilustração deste cálculo pode ser visto na **Figura 5** abaixo.



**Figura 5 - Comparação entre tinta convencional e de altos sólidos**

### Rendimento prático (Rp)

É o valor calculado estimando as perdas em função do método de aplicação

$$R_p = R_t \times F_a$$

Onde:

**Rp** = Rendimento prático (em m<sup>2</sup>/L)

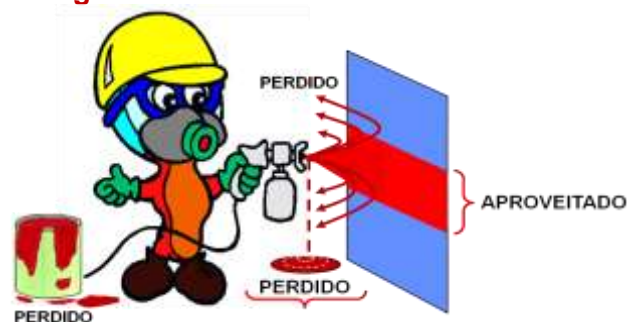
**Rt** = Rendimento teórico (em m<sup>2</sup>/L)

**Fa** = Fator de aproveitamento (função do método de aplicação)

$$F_a = \frac{100 - \text{Perdas}}{100}$$

MÉTODO	PERDAS MÉDIAS	Fator de aproveitamento
Pincel	10 a 20%	0,9 a 0,8
Rolo	10 a 30%	0,9 a 0,7
Pistola convencional	30 a 50%	0,7 a 0,5
Pistola airless (sem ar)	10 a 20%	0,9 a 0,8

As perdas podem ser consideradas como as quantidades de tinta que restam nas embalagens, que respingam no chão, que ficam nas espátulas ou nas hélices dos agitadores e espessuras maiores do que as especificadas. Também, as quantidades de tinta que ao serem pulverizadas não atingem o alvo e as que não conseguem chegar à superfície por causa do ar da pistola que retorna desviando o spray da tinta em outras direções e formando a nuvem de tinta (“overspray”) ou pulverização seca. Uma ilustração destas perdas pode ser vista na **Figura 6** abaixo.



**Figura 6 – Demonstração de perdas durante a aplicação por pistola convencional**

### As perdas de tintas durante a aplicação dependem :

- Do método de aplicação;
- Das condições de aplicação como: altura em relação ao solo e intensidade dos ventos.
- Da geometria das peças;
- Do estado de corrosão da superfície;
- Do preparo da superfície (rugosidade);
- Do treinamento e conscientização do pintor;
- Do tipo de tinta (mono ou bicomponente).

Os fatores de aproveitamento da tabela acima, levam em consideração todas estas perdas e outras não abordadas e conduzem a resultados satisfatórios. Logicamente se alguma perda for exagerada por acidente, o fator fica menor e as estimativas falham. Mas em geral os fatores são razoáveis e servem como balizamento para as primeiras compras. Depois, cada empresa pode e deve fazer suas próprias estimativas e estabelecer seus próprios fatores, tentando sempre diminuir o consumo de tinta e os respectivos gastos financeiros.

**Importante:** é melhor sobrar um pouco de tinta no final da pintura do que faltar, por que sempre há oportunidade de usar a tinta que sobrou em outra estrutura ou equipamento. A falta acarreta problemas maiores por: atraso na entrega da obra, ociosidade da mão de obra até o recebimento da quantidade que faltou, dificuldade de conseguir pequenas quantidades para complemento de obra, tonalidade diferente do restante, atraso no recebimento do pagamento, etc.

### Exemplo de cálculo utilizando a tabela acima:

Se a tinta será aplicada por pistola convencional e o SV = 47% e a espessura seca da película é de 25 µm, o rendimento prático será (**Rp = Rt x Fa**):

$$R_t = 47 \times 10 \div 25 = 18,8 \text{ m}^2/\text{L}$$

Pistola convencional: estimando as perdas médias em torno de 40%, o fator fica:

$$F_a = \frac{100 - \text{Perdas}}{100}$$

$$F_a = 100 - 40 \div 100 = 0,6$$

Portanto (**Rp = Rt x Fa**) multiplicando-se o rendimento teórico (18,8) por 0,6 teremos o rendimento prático (**Rp**) = 11,28 m<sup>2</sup>/L

### Rendimento Real (Rr)

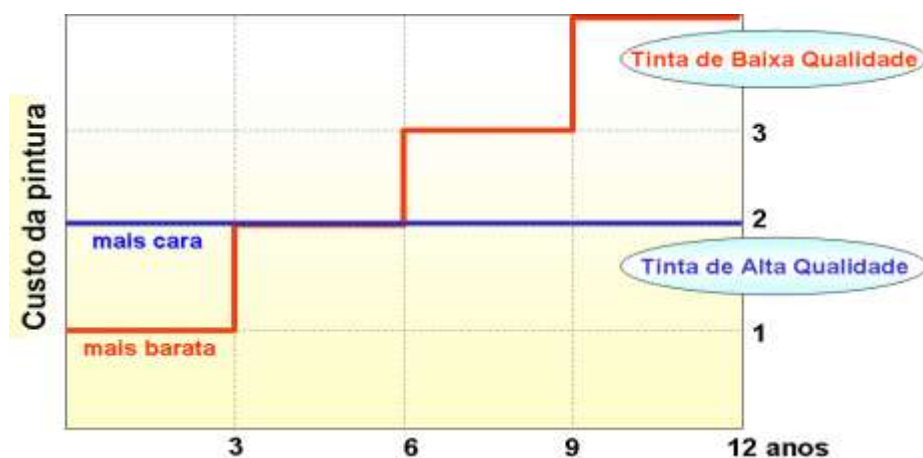
O rendimento real é aquele que é constatado no final da pintura, quando se mede a área pintada e verifica-se o consumo total de tinta efetivamente realizado.

### Comparação de custos por m<sup>2</sup> de pintura em função do SV

Um exemplo de como a compra de tinta apenas levando em conta o preço por litro ou por galão pode ser enganosa e resultar em prejuízos é mostrado abaixo:

		Tinta A	Tinta B
Preço por litro		R\$ 60,00	R\$ 64,00
Sólidos por Volume (SV)		30%	40%
Espessura por demão (EPS)		25 µm	25 µm
Rendimento teórico	$\frac{SV \times 10}{EPS}$	12 m <sup>2</sup> /L	16 m <sup>2</sup> /L
Custo por m <sup>2</sup>	$\frac{\text{Preço por Litro}}{\text{Rendimento teórico}}$ <del><math>\frac{R\\$/L}{m^2/L}</math></del>	5 R\$/m <sup>2</sup>	4 R\$/m <sup>2</sup>

Portanto é necessário determinar o custo da pintura em termos de R\$/m<sup>2</sup>, pois no exemplo acima a tinta A parecia ser mais barata, porém quando calculamos o preço por área pintada (R\$/m<sup>2</sup>) constatamos que é mais cara. Na **Figura 7** abaixo é feita uma comparação entre tintas de alta e de baixa qualidade.



**Figura 7 – Gráfico comparativo entre tintas de alta e de baixa qualidade**

No gráfico acima, percebemos que a tinta que parece ser mais barata pode sair mais cara ao longo do tempo. O dispêndio com manutenção é maior, sem contar o gasto com mão de obra para as repinturas. Por isso se diz que o barato pode sair caro. No exemplo, o custo por metro quadrado por ano na tinta de baixa qualidade é pelo menos o dobro. Uma tinta feita com matérias primas de melhor qualidade custa mais caro porém dura mais, ficando o custo/benefício mais atraente.

### Cálculo da quantidade de tinta a ser comprada por demão

Para a compra de tintas o cálculo é elaborado levando em conta a área a ser pintada, os Sólidos por Volume da tinta, a espessura da película seca especificada, o método de aplicação e o número de demãos.

$$Qt = \frac{\text{Área}}{Rp} = \frac{m^2}{\frac{m^2}{L}} = L$$

#### Exemplo:

Área a ser pintada:..... **2.000 m<sup>2</sup>**  
 Tinta: sólidos por volume:..... **47 %** (dado obtido na ficha técnica da tinta)  
 Espessura da película seca por demão:.... **25 μm** (dado obtido na ficha técnica da tinta)  
 Método de aplicação:..... **pistola convencional** (40% de perda)  
 Número de demãos:..... **2** (dado obtido no sistema de pintura)

#### **Cálculo:**

$$Rt = 47 \times 10 \div 25 = 18,8 \text{ m}^2/\text{L} \quad Rp = 18,8 \times 0,6 = 11,28 \text{ m}^2/\text{L}$$

$$Qt = 2.000 \div 11,28 = 177,3 \text{ L} \quad \therefore 177,3 \times 2 = 354,6 \text{ L} \quad \therefore 354,6 \div 3,6 = 98,5 \text{ galões}$$

Portanto, para pintar os **2.000 m<sup>2</sup>** à pistola em **2** demãos com uma tinta com Sólidos por Volume de **47%** e espessura da película seca de **25 μm**, serão necessários 354,6 litros ou **98,5 galões** da tinta.

### Cálculo da quantidade de diluente a ser comprado

É muito comum a compra somente da tinta e o esquecimento do diluente. Quando se calcula a quantidade de tinta automaticamente já está calculada a quantidade de diluente, pois as fichas técnicas trazem a informação do tipo de diluente indicado e a sua proporção em volume. No exemplo acima, se a ficha técnica da tinta informasse que a proporção de diluição é 15 %, haveria necessidade de adquirir 14,8 galões ou 53,28 litros do diluente indicado. Arredondando, seriam 50 litros de diluente.

Neste cálculo já estão incluídas as quantidades necessárias para diluir a tinta e para a limpeza dos equipamentos de pintura.

A grande vantagem das tintas a base de água é que não necessitam de diluentes. Para diluir estas tintas, é só utilizar a água da rede. Logicamente que se não houver água tratada por perto da obra, aí sim é necessário adquirir água limpa, para não contaminar as tintas.

### Influência na espessura (espessura úmida necessária para obter determinada espessura seca)

Há medidores de alumínio, oferecidos como brinde, que permitem conferir espessuras úmidas, mas não têm a precisão que os serviços de inspeção de pintura exigem e se desgastam facilmente pois são finos e feitos de um metal mole (alumínio). Na **Figura 8** pode ser visto um destes medidores, também chamados de pentes.



**Figura 8 – Medidor de espessura úmida tipo pente, entalhado em chapa de alumínio**

Os medidores de aço inoxidável têm precisão e não se desgastam facilmente. Alguns deles podem ser vistos nas **Figuras 9 e 10** abaixo.



**Figura 9 – Medidor pente de aço inoxidável**

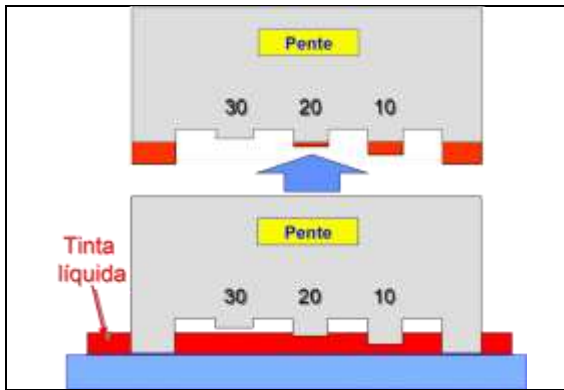


**Figura 10 – Estes medidores são precisos e resistem ao desgaste por serem de aço inox**

O procedimento para medida da espessura úmida do filme de tinta pode ser executado segundo a norma ASTM D 4414:

*Procedimento* — medidor metálico fino formando um quadrado, retângulo ou hexágono com lados entalhados, com “dentes” de diferentes comprimentos, é colocado perpendicularmente

contra o filme de tinta recém aplicado. Após a remoção, o medidor é examinado e a espessura da película é determinada pelo maior dente que tocou o filme úmido e foi molhado pelo filme de tinta. Na **Figura 11** abaixo é mostrado um desenho esquemático exemplificando que a medida do filme úmido é de 20  $\mu\text{m}$  (o maior dente que tocou o filme de tinta). Na **Figura 12** é mostrado um medidor que depois de apertado contra a superfície recém pintada, ao encostar em uma folha de papel indica que o maior dente que tocou o filme úmido de tinta foi o de 275  $\mu\text{m}$ . Portanto esta é a medida do filme úmido da tinta.



**Figura 11** - Desenho esquemático de como funciona o pente de medida de espessura úmida, mostrando a espessura de 20  $\mu\text{m}$

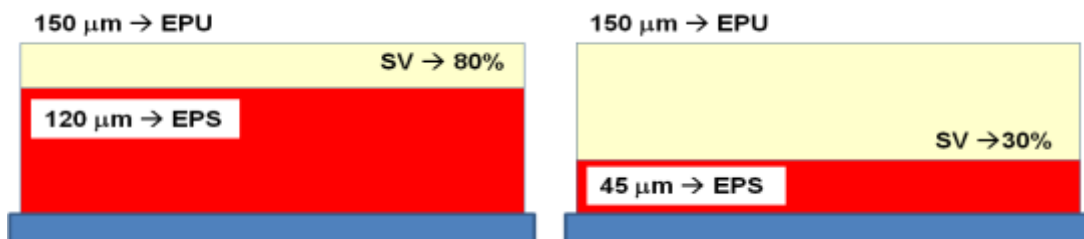


**Figura 12** - Pente apertado contra o filme de tinta úmido e depois sobre folha de papel. A espessura é de 275  $\mu\text{m}$

### Comparação entre tintas de altos sólidos e convencionais

Se a espessura da película úmida, medida com o pente é de 150  $\mu\text{m}$ , qual será a espessura da tinta seca?

A resposta é não sei, por que a espessura depende dos Sólidos por Volume. Se por exemplo o SV desta tinta é de 80%, a diminuição da espessura será de 20% ( $150 \times 0,2 = 30$ ). Portanto  $150 - 30 = 120 \mu\text{m}$ . Se o SV fosse 30%, a diminuição da espessura úmida seria  $150 \times 0,7 = 105$ . Portanto  $150 - 105 = 45 \mu\text{m}$ . Estes exemplos podem ser vistos na **Figura 13** abaixo.



**EPU** = Espessura da película úmida

**EPS** = Espessura da película seca

**SV** = Sólidos por Volume

**Figura 13** – Desenho comparativo entre tintas com 80% e 30% de sólidos por volume

A uniformidade de aplicação das tintas pode ser controlada por medidas da espessura úmida (EPU) e depois da secagem, da espessura seca (EPS).

A fórmula para conversão da espessura seca (EPS) a partir da espessura úmida (EPU), dos Sólidos por Volume (SV) e da **porcentagem de diluição** (% Dil) é:

$$EPS = \frac{EPU \times SV}{100 + \% \text{ Dil}}$$

**Ex.:** Determinar a espessura seca, sabendo que a **espessura úmida (EPU) = 576 µm** (medida com o pente), que os **SV= 63%** (obtido na ficha técnica) e que a diluição foi de **10%** (medida com o copo graduado)

$$EPS = \frac{576 \times 63}{100 + 10} = 330\mu\text{m}$$

Da mesma forma, podemos obter a espessura úmida que deveremos manter durante a aplicação para alcançar a espessura seca indicada na ficha técnica da tinta ou no sistema de pintura especificado:

$$EPU = \frac{EPS \times (100 + \%Dil)}{SV}$$

**Ex.:** Determinar a espessura úmida, sabendo que a **espessura seca (EPS) = 330 µm** (especificada), que os **SV= 63%** (obtido na ficha técnica) e que a diluição foi de **10%** (medida com o copo graduado)

$$EPU = \frac{330 \times (100 + 10)}{63} = 576 \mu\text{m}$$

Portanto, para alcançar a espessura seca de 330 µm prevista na especificação, o pintor deverá manter a EPU de 576 µm, controlando a aplicação com o pente.

### Conclusão

Uma das propriedades das tintas mais importantes é os Sólidos por Volume. É uma determinação fácil, rápida e precisa. Com o valor de Sólidos por Volume é possível calcular o rendimento teórico, fazer comparação de custos de pintura por m<sup>2</sup>, calcular a quantidade de tinta a ser comprada por demão e é possível também prever a espessura seca que resulta da evaporação dos solvente a partir de uma determinada espessura úmida. Também é possível com os Sólidos por Volume, verificar qual é a espessura úmida que deverá ser mantida durante a aplicação, para que a espessura seca especificada seja alcançada.

### Referências bibliográficas

- FAZENDA, JORGE M.R. – *Tintas e Vernizes – Ciência e Tecnologia*, Publicação ABRAFATI - Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas - São Paulo – capítulo 26 – *Ensaio para Determinação da Composição e Caracterização de Tintas*
- Normas de Sólidos por Volume: ABNT NBR 8621, ABNT NBR 11617, ISO 3233-1 e ASTM D 2697 e ASTM D 3272
- Norma de Medida de Espessura úmida: ASTM D 4414