

# MÉTODOS DE ENSAIO E EXIGÊNCIAS DESCRITAS NA 14<sup>a</sup> EDIÇÃO DIRETIVAS DA QUALICOAT

Maria Paula Rodrigues  
Pedro Galego



# Objetivos

- Promover a uniformização no conhecimento dos métodos de ensaio e exigências descritas nas Diretivas da Qualicoat.
- Partilha e esclarecimento de dúvidas de forma a harmonizar os procedimentos entre todos os intervenientes.

# Tópicos

- Ensaio para o auto controlo da qualidade dos produtos acabados: ensaios em painéis e perfis.
- Inspeção e ensaios para a concessão e renovação da marca - lacadores e fabricantes de pós.
- Normas de referência e procedimentos:
  - Pontos críticos e alterações.
  - Equipamentos, verificações e calibrações.

# Auto controlo



# Aplicadores: Ensaio para o auto controle

Ensaio	Norma ou procedimento	Frequência
Aparência	<i>2.1 das Diretivas Qualicoat</i>	De acordo com o lote
Espessura	<i>NP EN ISO 2360:2005-pt</i>	De acordo com o lote
Brilho	<i>ISO 2813:2014-en</i>	Cada 8 horas / cor e pó
Aderência seca	<i>NP EN ISO 2409:2015-pt</i>	Cada 8 horas / cor e pó
Indentação	<i>NP EN ISO 2815:2005-pt</i>	Cada 8 horas / cor e pó
Embutimento	<i>NP EN ISO 1520:2011-pt</i>	Cada 8 horas / cor e pó
Impacto	<i>NP EN ISO 6272-1:2014-pt</i> <i>NP EN ISO 6272-2:2014-pt / ASTM D 2794</i>	Cada 8 horas / cor e pó
Teste de Machu	<i>Segundo 2.11 das Diretivas Qualicoat</i>	1 / semana
Aderência húmida	<i>NP EN ISO 2409:2015-pt após fervente</i> <i>segundo 2.4.2 das Diretivas Qualicoat</i>	1 / semana 3 / semana (se NSA $\geq$ B) >2016
Nevoeiro Salino Aderência húmida	<i>NP EN ISO 9227:2014-pt</i> <i>NP EN ISO 2409:2015-pt após fervente</i> <i>segundo 2.4.2 das Diretivas Qualicoat</i>	Envio de 1 por cada 2 meses para fabricante de sistema alternativo

# Fabricantes de tintas: Ensaio para o auto controle

Ensaio	Norma ou procedimento
Aparência	2.1 das Diretivas Qualicoat
Espessura	NP EN ISO 2360:2005-pt
Brilho	ISO 2813: <u>2014</u> -en
Cor	EN ISO 11664-1-2-4-5:2011-en e ISO 11664-3:2013-en ( <del>ISO 7724</del> )
Aderência seca	NP EN ISO 2409:2015-pt
Indentação	NP EN ISO 2815:2005-pt
Embutimento	NP EN ISO 1520:2011-pt
Impacto	NP EN ISO 6272-1:2014-pt NP EN ISO 6272-2:2014-pt / ASTM D 2794

# Equipamento mínimo no laboratório dos aplicadores

- 1 brilhometro
- 2 medidores de espessura
- 1 balança analítica com precisão de 0,1 mg
- Instrumentos de corte, fita cola e escova para aderência
- Kit para o Buchholz
- Aparelho de embutimento
- Aparelho com mandril cilíndrico de 5 mm
- Aparelho(s) de impacto
- Registrador para medir a temperatura e tempo no forno com 3 sondas de contacto e 1 sonda do ar
- Condutímetro
- Soluções, material e instrumento de corte para teste de Machu
- Solução para teste de polimerização
- Medidor de pH

# Equipamento mínimo no laboratório dos fabricantes de tintas

- 1 brilhometro
- Medidores de espessura
- Instrumentos de corte, fita cola e escova para realizar o teste de aderência
- Instrumento de medição da dureza de indentação
- Aparelho para embutimento
- Aparelho para testar a resistência à dobra
- Aparelho(s) de impacto
- Registrador para medir a temperatura e tempo no forno
- Meios para o controle da polimerização
- Espectrofotômetro
- Aparelho para efetuar o ensaio de envelhecimento acelerado (opcional – no desenvolvimento de produto pode ser necessário; anualmente é realizado pelo LNEC em cada família homologada – 2 cores+1 metalizado).



# Inspeção



# Inspeção aos aplicadores: Ensaaios para a concessão e renovação da licença

Ensaio	Norma ou procedimento	Inspeção ao lacador
Aparência	<i>2.1 das Diretivas Qualicoat</i>	De acordo com o lote
Espessura	<i>NP EN ISO 2360:2005-pt</i>	De acordo com o lote
Brilho	<i>ISO 2813:2014-en</i>	Perfil e painel
Aderência seca	<i>NP EN ISO 2409:2015-pt</i>	Perfil e painel
Indentação	<i>NP EN ISO 2815:2005-pt</i>	Perfil e painel
Embutimento	<i>NP EN ISO 1520:2011-pt</i>	Painel
Impacto	<i>NP EN ISO 6272-1:2014-pt</i> <i>NP EN ISO 6272-2:2014-pt / ASTM D 2794</i>	Painel
Teste de Machu	<i>Segundo 2.11 das Diretivas Qualicoat</i>	3 lotes
Aderência húmida	<i>2.4.2 das Diretivas Qualicoat</i>	3 lotes
Nevoeiro Salino	<i>NP EN ISO 9227:2014-pt</i>	3 lotes (1º controle)
Corrosão Filiforme	<i>NP EN ISO 4623-2:2008-pt e Diretivas Qualicoat</i>	3 lotes (1º controle)

# Homologação de pós (inspeção): Ensaios para a concessão e renovação da licença

## Ensaio físicos ou mecânicos

Ensaio	Norma ou procedimento
Aparência	<i>2.1 das Diretivas Qualicoat</i>
Espessura	<i>NP EN ISO 2360:2005-pt</i>
Brilho	<i>ISO 2813:2014-en</i>
Aderência seca	<i>NP EN ISO 2409:2015-pt</i>
Indentação	<i>NP EN ISO 2815:2005-pt</i>
Embutimento	<i>NP EN ISO 1520:2011-pt</i>
Impacto	<i>NP EN ISO 6272-1:2014-pt</i> <i>NP EN ISO 6272-2:2014-pt / ASTM D 2794</i>

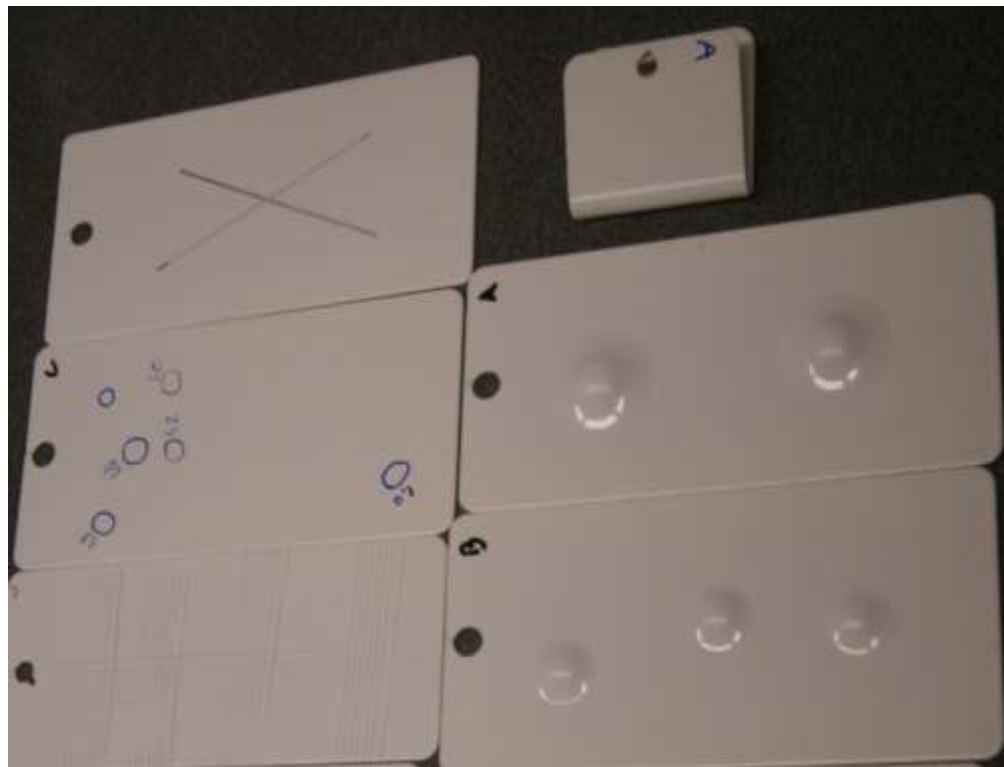
# Homologação de pós (inspeção): Ensaios para a concessão e renovação da licença

## Ensaio de corrosão ou durabilidade

Ensaio	Norma ou procedimento
Atmosferas sulfurosas	<i>NP EN ISO 3231:1998-pt</i>
Nevoeiro Salino	<i>NP EN ISO 9227:2014-pt</i>
Envelhecimento acelerado (Xénon)	<i>EN ISO 16474-2:2013-en</i>
Polimerização	<i>Procedimento segundo 2.14 das Diretivas Qualicoat (opcional)</i>
Argamassa	<i>EN 12206-1-en (ponto 5.9)</i>
Aderência húmida	<i>NP EN ISO 2409:2015-pt após fervente segundo 2.4.2 das Diretivas Qualicoat</i>
Condensação continua	<i>NP EN ISO 6270-2:2007-pt</i>
Envelhecimento natural (Florida)	<i>NP EN ISO 2810:2007-pt</i>

# Normas de referência e Procedimentos

## Descrição dos ensaios físicos/mecânicos



# Medição da espessura do revestimento

*NP EN ISO 2360:2005-pt e Método nº 7 da NP EN ISO 2808:2011-pt*

## **Pontos críticos**

- Calibração do equipamento (seleção do zero e da lâmina adequada);
- Número, posição e condições de leitura:
  - 3 a 5 leituras de pelo menos 5 áreas de 1 cm<sup>2</sup> em cada peça ou painel;
  - Espessura do metal base, leitura junto as arestas, curvatura das superfícies rugosidade, pressão na sonda, inclinação da sonda, temperatura...



## **Aspetos a ter em conta**

- A base deve ser idêntica ao substrato e perfeitamente polida
- A espessura do calibre deve abranger a espessura da obra
- Atenção a perfis estreitos (leituras próximas das arestas), curvos e rugosidades.
- A calibração e medições devem ser efetuadas pela mesma pessoa (pressão na sonda)
- A calibração não ser assumida num único ponto, tanto na base como no padrão.
- Não se deve medir com perfis quentes, calibração feita a temperatura  $\neq$  e deterioração da sonda

# Medição da espessura do revestimento

NP EN ISO 2360:2005-pt e Método nº 7 da NP EN ISO 2808:2011-pt



## Sugestões (oportunidades de melhoria)

- Utilizar calibres de referência calibrados e calibres de trabalho verificados
- Analisar a deriva anual e alargar o prazo de calibração ( $\text{desvio} + U_{95\%} \leq E_{\text{ma}}$ )
- Efetuar ensaios de reprodutibilidade entre técnicos

## Especificação Qualicoat

Média  $\geq 60 \mu\text{m}$  e valor individual  $> 48 \mu\text{m}$

Lote (*)	Peças a medir	Limite de rejeições
1 - 10	All	0
11 - 200	10	1
201 - 300	15	1
301 - 500	20	2
501 - 800	30	3

Lote (*)	Peças a medir	Limite de rejeições
801 - 1300	40	3
1301 - 3200	55	4
3201 - 8000	75	6
8001 - 22000	115	8
22001 - 110000	150	11

\* Lote é uma encomenda completa de 1 cliente numa cor ou parte da obra que já foi lacada

# Medição do valor de brilho

ISO 2813:2014-en



## Pontos críticos

- Acerto inicial do zero  $0 \pm 0,1$  UB e calibração prévia com o padrão de alto brilho  $\geq 88$  UB;
- Possíveis fontes de erro:
  - Limpeza e estado dos padrões (dedadas, sujidade, picadas, riscos, envelhecimento);
  - Propriedades da superfície (textura, geometria);
  - Efeitos óticos (revestimentos metalizados);
  - Efeitos físicos (humidade).

## Especificação Qualicoat



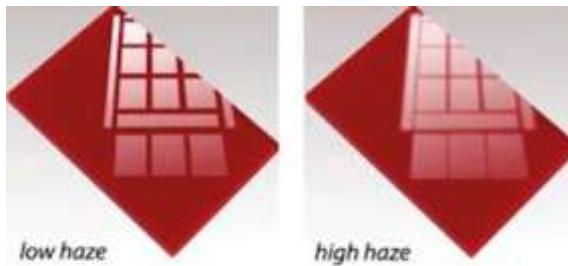
Categoria	Gama	Tolerância
Mate	0 – 30	$\pm 5$ UB
Acetinado	31 – 70	$\pm 7$ UB
Brilhante	71 – 100	$\pm 10$ UB



# Medição do valor de brilho

## Sugestões (oportunidades de melhoria)

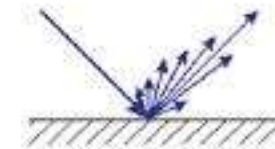
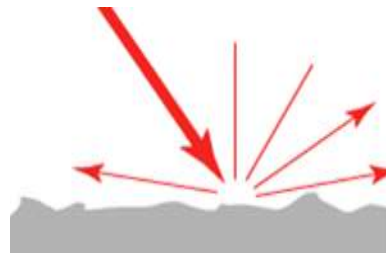
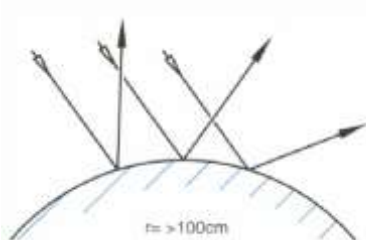
- Utilizar calibres de referência e calibres de trabalho (ex. painéis de alto brilho verif. period)
- Atenção que alguns equipamentos não permitem alterar o valor do padrão – Enviar tudo para o fabricante.
- Durante a calibração do padrão, medir um painel com revestimento de alto brilho e utilizar como padrão de trabalho.
- Guardar painéis dos revestimentos lacados para controlo do brilho



Superfície brilhante  
100% reflexão  
Brilho especular



Superfície mate  
100% difusão  
Brilho difuso



Revestimento metalizado  
Reflexão e difusão

# Medição do valor de brilho

Segundo a *ISO 2813:2014-en*

Gamas de brilho a 60°

Mate < 10 UB

Acetinado 10 to 70 UB

Brilhante > 70 UB

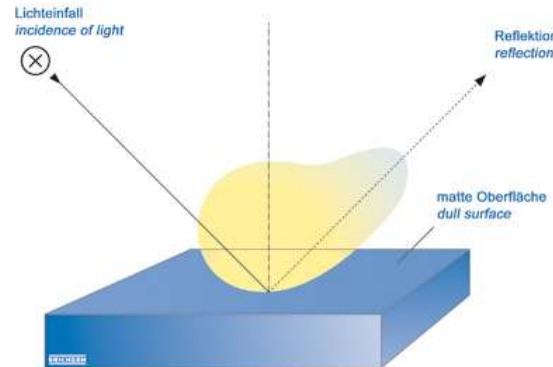
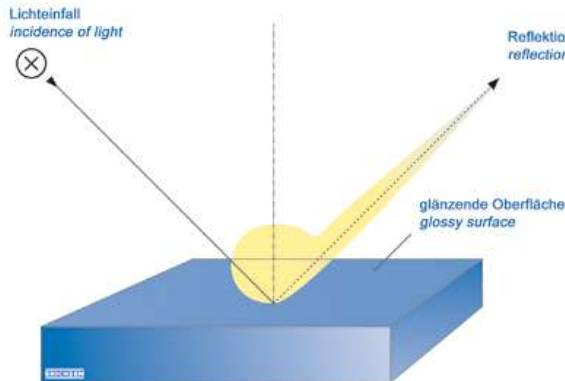
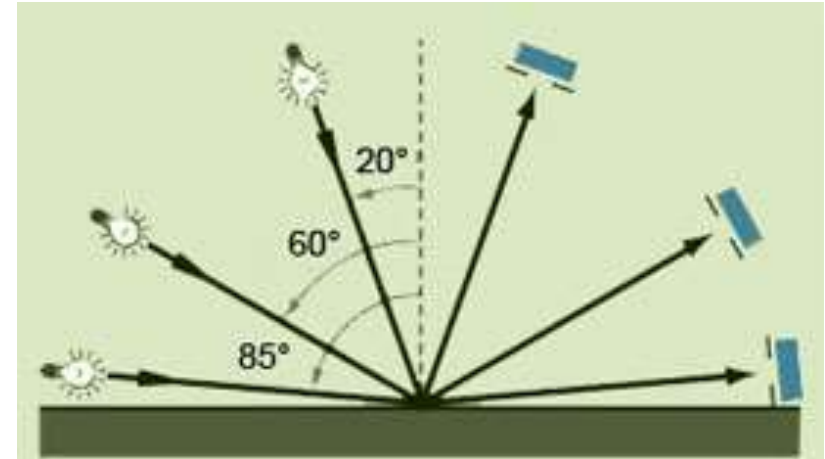
Ângulos a utilizar

20 °

60 °

85 °

**Para a Qualicoat sempre a 60°**

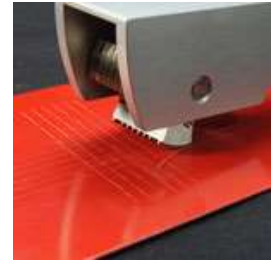


# Ensaio da quadrícula para apreciação da aderência seca

NP EN ISO 2409:2015-pt

## Pontos críticos e alterações

- Verificação do estado das lâminas;
- Escolha do espaçamento de lâmina adequado à espessura do revestimento;
- Controlo do tempo e ângulo no ensaio complementar com fita adesiva (1/2 a 1 seg a 60°);
- O tipo de fita adesiva deixou de estar prescrito na norma;
- Contagem da área destacada.



## Atenção à espessura do revestimento

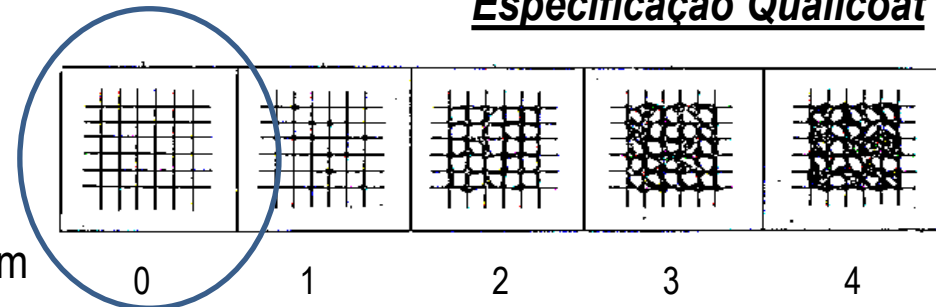
- 60 – 120  $\mu\text{m}$   $\equiv$  espaçamento de 2 mm
- > 120  $\mu\text{m}$   $\equiv$  espaçamento de 3 mm

Conclusão: é sempre preferível painéis  $\approx$  60  $\mu\text{m}$

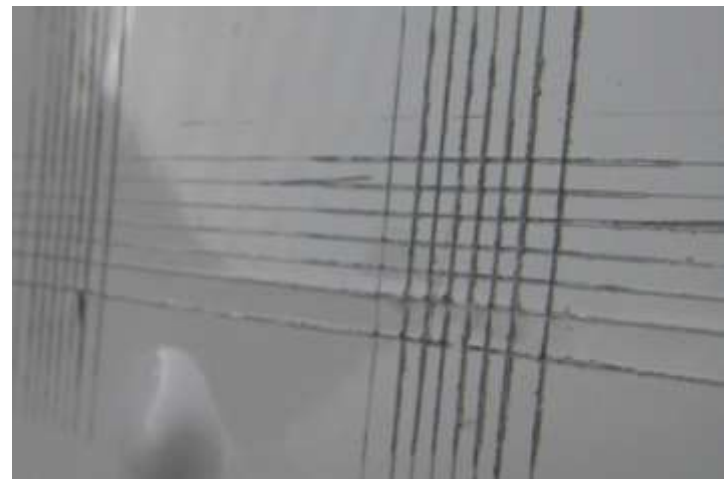
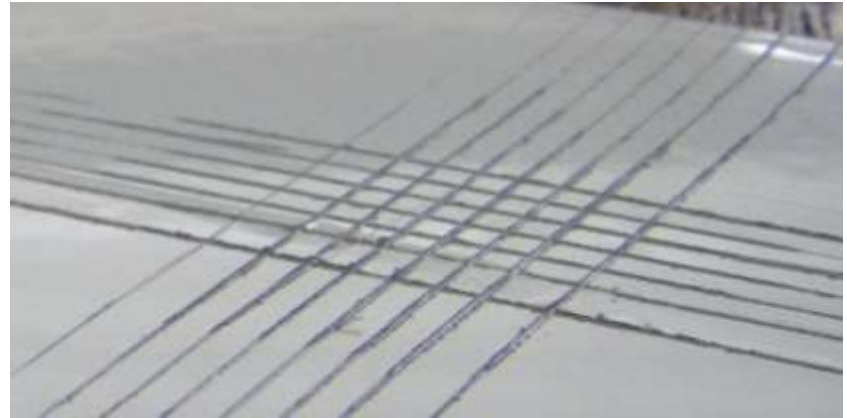
## Sugestão (oportunidade de melhoria)

Fabricar um suporte para prender os painéis facilita o corte

## Especificação Qualicoat



# Ensaio da quadrícula para apreciação da aderência seca



# Ensaio da quadrícula para apreciação da aderência húmida

2.4.2 das Diretivas Qualicoat, segundo o método de água a ferver (2h)  
ou método da panela de pressão (1h)



## Pontos críticos

- Remoção do perfil logo após o tempo de fervura;
- Arrefecimento à temperatura ambiente;
- Tempo entre o ensaio de fervente e o ensaio de aderência (após 1 e até 2 horas).
- Dimensões da panela de pressão e verificar com manómetro se  $P = 1 \pm 0,1$  bar

## Especificação Qualicoat

- Sem sinal de destacamento ou empolamento, mas as Diretivas também reportam para o ensaio de quadricula
- Alteração de tonalidade não é resultado negativo, pode ser devido a bolhas de ar durante o fervente ou humidade à superfície durante o arrefecimento

## Chamada de atenção

- Cuidado com as queimaduras.



# Ensaio da quadrícula para apreciação da aderência húmida



# Ensaio de indentação Buchholz

NP EN ISO 2815:2005-pt

**Especificação Qualicoat**  
> 80 (c/ a espessura  $\approx 60 \mu\text{m}$ )

## **Pontos críticos**

- Colocação da massa sobre a amostra;
- Contagem do tempo ( $30 \pm 1$ ) s;
- Medição da Indentação (ajuste da lupa e da escala).

## **Sugestões (oportunidades de melhoria)**

- O ensaio deve ser efetuado sobre uma bancada nivelada
- Colocar o indentador dentro de um circulo previamente desenhado
- A luz deve incidir perpendicularmente ao corte e com um ângulo de incidência >  $60^\circ$  (pode ser um candeeiro de mesa)
- Verificar a massa ( $500 \pm 5$ ) g
- Verificar a aresta do indentador ( $5 \pm 0,1$ ) mm e ( $60 \pm 0,5$ )°



# Ensaio de indentação Buchholz





# Resistência ao embutimento

NP EN ISO 1520:2011-pt

## Pontos críticos

- Escolher painéis com espessura próxima do mínimo especificado;
- Seleção das condições no equipamento (velocidade de embutimento, ajuste do zero e 5mm);
- Distância dos centros de penetração ( 35mm das arestas e 70mm entre si)
- Observação visual.



## Sugestões (oportunidades de melhoria)

- Ajustar o zero com um painel resistente (p. ex. aço)
- Verificar a velocidade de embutimento ( $0,2 \pm 0,1$ ) mm/s  
Para percorrer 5 mm o ensaio deve demorar  $\approx 25$  seg.



## Especificação Qualicoat

- Não apresentar sinal de fissuração ou destacamento (classe 2 – não destacar c/ fita cola)

# Resistência ao embutimento



# Ensaio de dobragem com mandril cilíndrico

NP EN ISO 1519:2012-pt

## Pontos críticos

- Escolher painéis com espessura próxima do mínimo especificado;
- Ajuste do painel ao mandril de forma a realizar uma dobragem correta;
- Observação visual.



## Sugestões (oportunidades de melhoria)

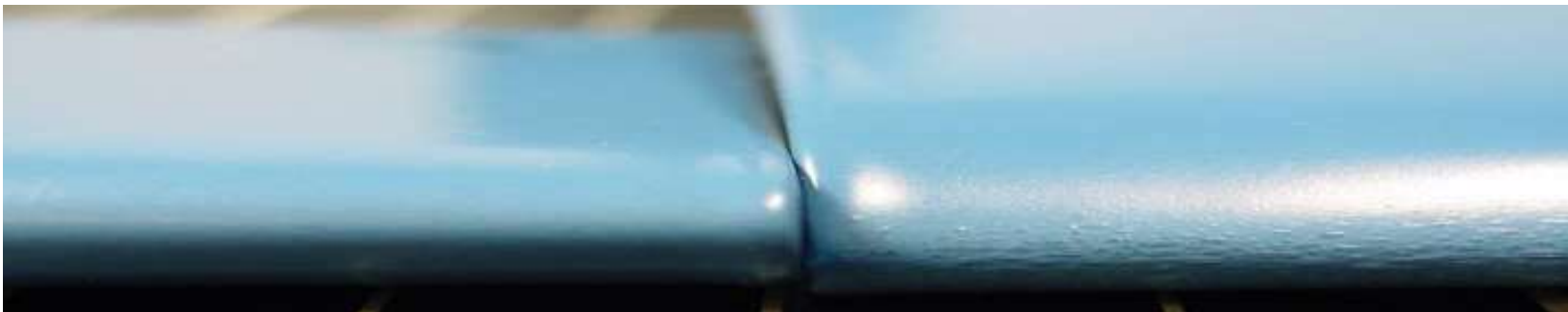
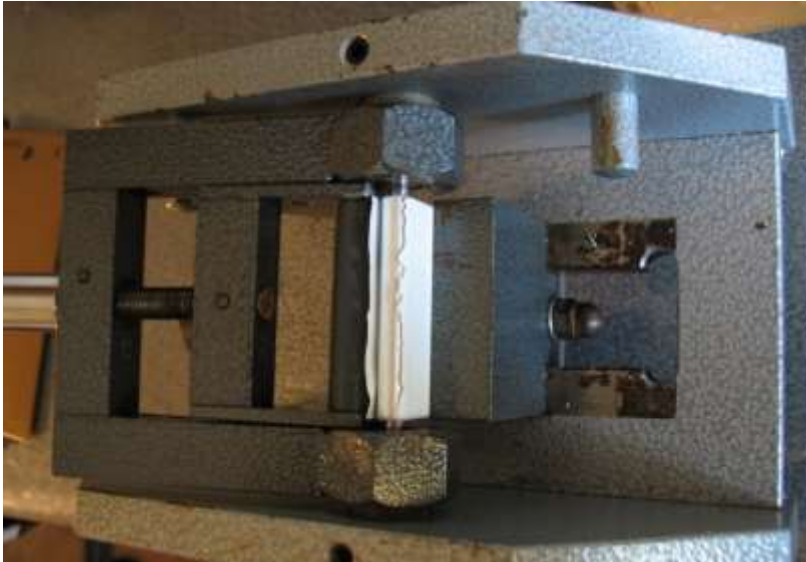
- Ajustar bem **todos** os parafusos (painel bem ajustado ao mandril)
- A curvatura deve ser perfeita
- Verificar o mandril com uma craveira ( $5 \pm 0,1$ ) mm

## Especificação Qualicoat

- Não apresentar sinal de fissuração ou destacamento  
(classe 2 – não destacar c/ fita cola)



# Ensaio de dobragem com mandril cilíndrico



# Resistência ao impacto rápido grande e pequena área

NP EN ISO 6272-1:2014-pt ou NP EN ISO 6272-2:2014-pt / ASTM D 2794

## Pontos críticos e alterações

- Escolher painéis com espessura próxima do mínimo especificado;
- Seleção da norma de ensaio (classe 1 – 6272-2, classe 2 – 6272-1);
- Dimensões  $\varnothing$  (15,9 $\pm$ 0,06)mm, massa (150 $\pm$ 15)g e dureza (55-60) HRC;
- Ajuste do zero da escala e ajuste da altura de queda ( $\approx$  2,5 Nm);
- Observação visual.



## Sugestões (oportunidades de melhoria)

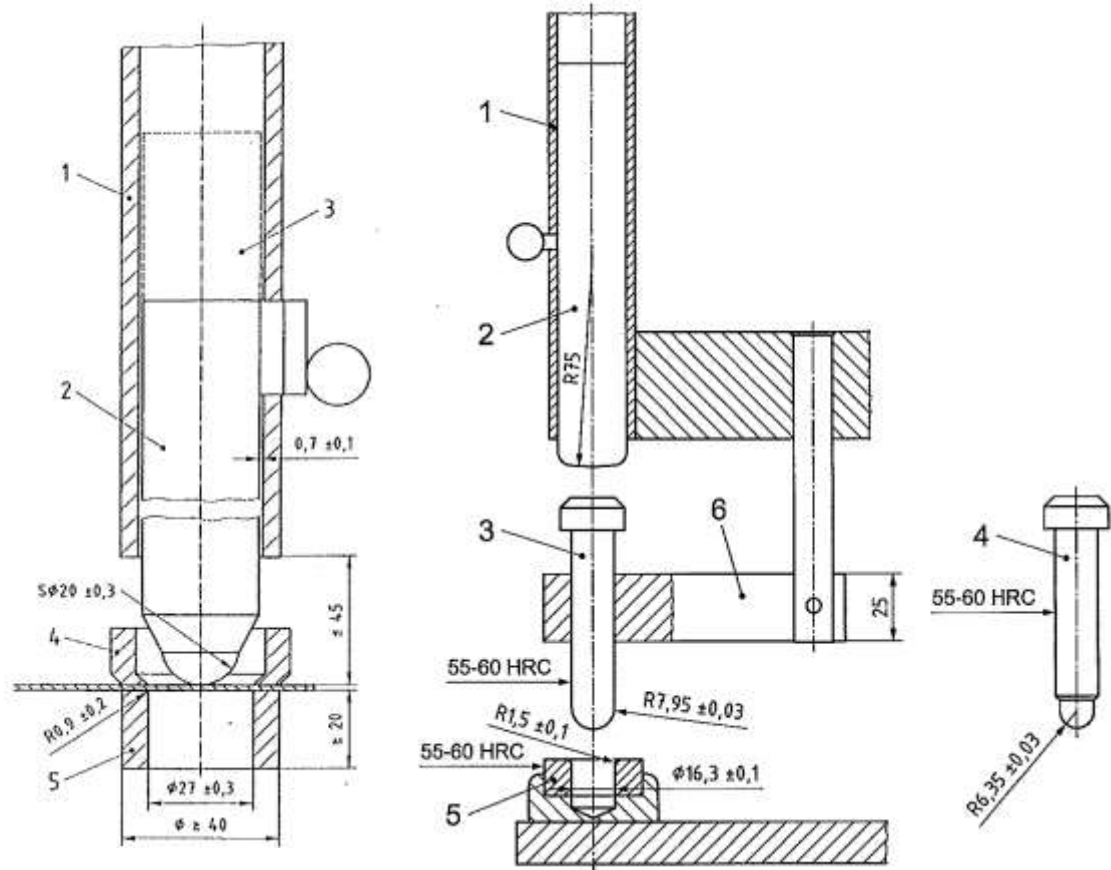
- Se o revestimento fissurar, repetir com uma espessura mais baixa  $\approx$  60  $\mu$ m  
Nunca ficar na dúvida!
- $E_p = m \cdot g \cdot h$  (2,5Nm) [1000g  $\equiv$  25cm]

## Especificação Qualicoat

- Não apresentar sinal de fissuração ou destacamento (classe 2 – não destacar c/ fita cola)

# Resistência ao impacto rápido grande e pequena área

NP EN ISO 6272-1:2014-pt ou NP EN ISO 6272-2:2014-pt / ASTM D 2794





# **Normas de referência e Procedimentos**

## **Descrição dos ensaios de durabilidade**

# Teste de Machu

2.11 das Diretivas Qualicoat

## Especificação Qualicoat

Infiltração < 0,5 mm

Só perfis AA6060 ou AA6063

### Pontos críticos

- Preparação e controlo das soluções (atenção à validade)
- Controlo de temperatura da solução
- Colocação dos provetes
- Observação e quantificação do comprimento de infiltração da corrosão

### Procedimentos importantes

- As soluções devem estar dentro da validade (sobretudo  $H_2O_2$ )
  - $H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$ , atenção à temperatura e luz
- Presença de Cu, Ni no NaCl potencia a corrosão por picada (< 0,001%)
  - Se pH da solução NaCl (25°C) entre 6 e 7  $\equiv$  impurezas
- Não sobrecarregar a solução com perfis
- Atenção ao contato com aço ou outro metal mais nobre pois o alumínio transforma-se em ânodo de sacrifício
- Se os perfis forem menores que 70x70 mm deve-se fazer um corte longitudinal



# Teste de Machu



# Resistência ao Nevoeiro Salino Acético

NP EN ISO 9227:2014-pt

## Pontos críticos

- Preparação e controlo das soluções nebulizada e recolhida
- Programação da câmara (temperatura, pressão, caudal)
- Colocação dos provetes
- Observação e quantificação da área
- Instrumento de corte de 1 mm (verificar com craveira)

## Procedimentos importantes

- Presença de Cu, Ni no NaCl potencia a corrosão por picada (< 0,001%)
  - Se pH da solução NaCL (25°C) entre 6 e 7  $\equiv$  impurezas
- Condutividade da água  $\leq 20 \mu\text{S}$  para não permitir presença de outros sais
- Atenção ao contato com aço ou outro metal mais nobre pois o alumínio transforma-se em ânodo de sacrifício
- Corrosividade da câmara

## Especificação Qualicoat

Infiltração  $\leq 4 \text{ mm}$

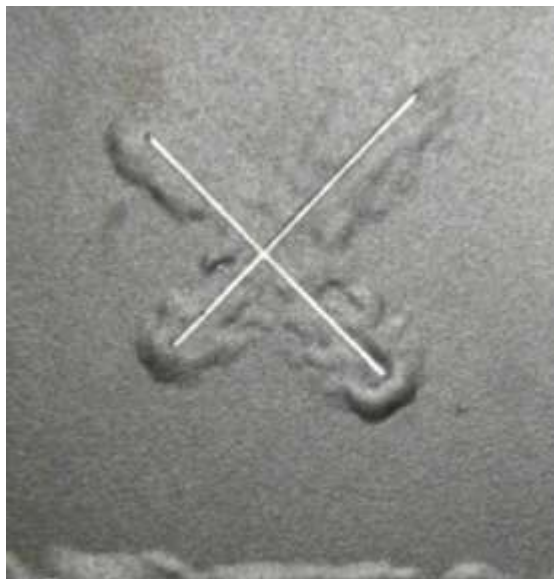
Área  $\leq 16 \text{ mm}^2/10\text{cm}$

Empolamento < 2(S2) ISO 4628-2

Só perfis AA6060 ou AA6063



# Resistência ao Nevoeiro Salino Acético

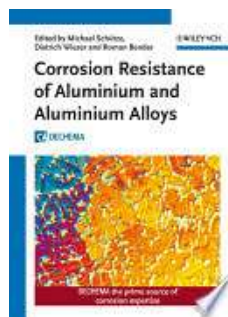


# Testes de corrosão com NaCl

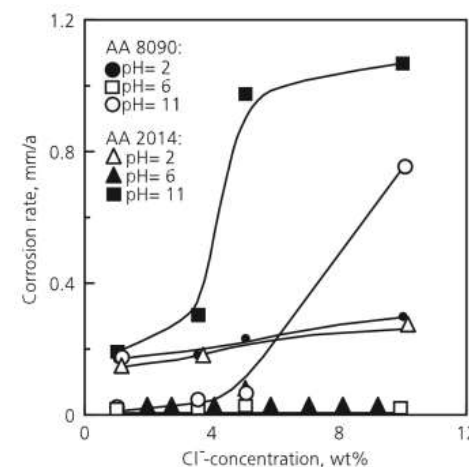
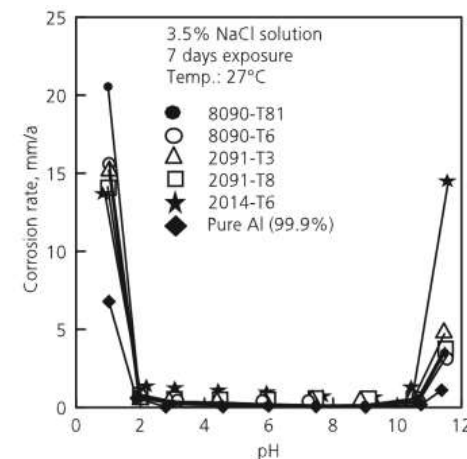
## Alguma química

- Normalmente, o Al não é atacado pela  $H_2O$  devido à camada passiva de óxidos naturais que envolvem o metal.
- Mas na presença de NaCl a reação de oxidação é catalisada. A adição de iões cloreto remove / inativa parcialmente a camada de passivação e permite que a água reaja lentamente com o metal, formando óxido de alumínio.
- O NaCl não se consome, serve apenas de catalisador.
- $H_2O_2$  em meio ácido é um forte agente oxidante  
 $2H_2O_2 + 2e^- \rightleftharpoons H_2 + 2OH^-$   $E_0 = -0,83V$      $Al \rightleftharpoons Al^{+3} + 3e^-$   $E_0 = 1,66V$

- Passivação quando pH [4-9]
- Aumento de [NaCl] favorece corrosão



*Corrosion Resistance of Aluminium and Aluminium Alloys*  
Michael Schütze, Dietrich Wieser, Roman Bender



# Testes de corrosão com NaCl

Metal or combination	Welding method and auxiliary material	Ratio of weld seam area to copper base material	Corrosion rate, g/m <sup>2</sup> d		
			3 % NaCl + 1 % HCl	3 % NaCl + 0.1 % H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3 % NaCl vapor
			24 h	571 h	1,378 h
Aluminium	—	—	0.14	0.31	0.00
Copper	—	—	0.01	1.03	0.19
Brass	—	—	0.12	0.98	0.08
	TIG/Al-10 %Zn	1 : 4	2.69	0.46	0.05
	TIG/Al-10 %Si	1 : 4	2.50	0.79	0.23
Aluminium-copper	TIG/Al-10 %Zn	1 : 12	1.66 <sup>1)</sup>	4.78 <sup>1)</sup>	1.46 <sup>1)</sup>
	TIG/Al-10 %Si	1 : 12	0.79 <sup>1)</sup>	2.06 <sup>1)</sup>	0.96 <sup>1)</sup>
	automatic/Al-10 %Zn	2.5 : 6	—	—	0.10
	automatic/Al-10 %Si	2.5 : 6	—	—	—

1) Samples fractured

**Table 205:** Corrosion stability of welded connections between aluminium-copper and aluminium-brass [1271]

*Corrosion Resistance of Aluminium and Aluminium Alloys*  
*Michael Schütze, Dietrich Wieser, Roman Bender*

# Testes de corrosão com NaCl

a)

Material	Corrosion potential mV	Pitting corrosion potential mV	Corrosion rate mm/a (mpy)	Pitting depth $\mu\text{m}$	Local corrosion mm/a (mpy)
AA 7075	$-1059 \pm 122$	-758	$5.8 \pm 1.0$ (228 $\pm$ 39.4)	$3.8 \pm 2.0$	$0.28 \pm 0.2$ (11.0 $\pm$ 7.87)
AA 2090	$-1146 \pm 65$	-641	(9.2 $\pm$ 7.0) (362 $\pm$ 276)	$7.0 \pm 2.0$	$0.51 \pm 0.2$ (20.1 $\pm$ 7.87)
AA 8090	$-1231 \pm 19$	-694	(6.6 $\pm$ 4.0) (260 $\pm$ 157)	$3.3 \pm 3.0$	$0.24 \pm 0.3$ (9.45 $\pm$ 11.8)

b)

Material	Corrosion potential mV	Pitting corrosion potential mV	Corrosion rate mm/a (mpy)	Pitting depth $\mu\text{m}$	Local corrosion mm/a (mpy)
AA 7075	$-760 \pm 40$	-760	$3.5 \pm 5.0$ (138 $\pm$ 197)	no data	no data
AA 2090	$-733 \pm 6$	-680	$3.5 \pm 3.0$ (138 $\pm$ 118)	$26 \pm 20$	$1.9 \pm 1.0$ (74.8 $\pm$ 39.4)
AA 8090	$-752 \pm 40$	-706	$4.1 \pm 6.0$ (161 $\pm$ 236)	$29 \pm 30$	$2.1 \pm 2.0$ (82.7 $\pm$ 78.7)

**Table 183:** Electrochemical corrosion data for aluminium alloys in a) aerated and b) deaerated 3.5 % NaCl solution [1184]

*Corrosion Resistance of Aluminium and Aluminium Alloys*  
Michael Schütze, Dietrich Wieser, Roman Bender



# Resistência à corrosão filiforme

Avaliação - EN ISO 4628-10:2003-en

NP EN ISO 4623-2:2008-pt com modificações

## Procedimento

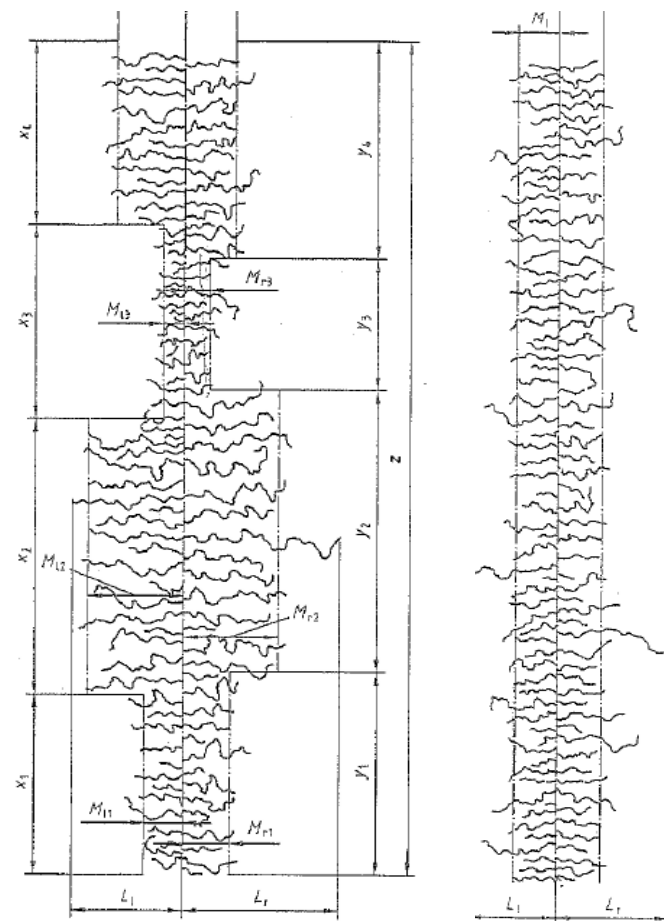
Fazer cortes horizontais e verticais de **10 cm**.  
Gotejar HCl (37% e  $1,18 \text{ g/cm}^3$ ) ao longo dos cortes.  
Após 1 minuto o HCl deve ser removido cuidadosamente. Depois de uma hora em condições laboratoriais as amostras devem ser condicionadas a  $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$  e  $(82 \pm 5)\% \text{Hr}$  durante 1000 horas.

## Especificação Qualicoat (baseada na ISO 4628-10)

L (filamento mais longo)  $\leq 4 \text{ mm}$

M (comprimento médio)  $\leq 2 \text{ mm}$

N (número de filamentos em 10cm)  $\leq 20/10\text{cm}$



# Resistência à corrosão filiforme





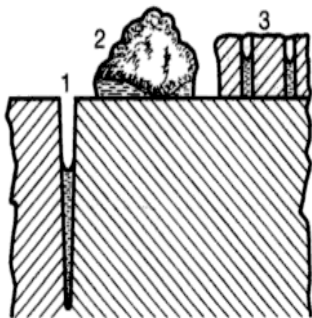
# Resistência à humidade por condensação contínua

NP EN ISO 6270-2:2007-pt

## Fundamentos do ensaio

### Pontos críticos

- Programação da câmara
- Colocação dos provetes
- Observação final



Defeitos que podem potenciar a corrosão:

- 1] microfissuras (p.ex. defeitos de extrusão)
- 2] sujidades, óleos ou poeiras
- 3] poros provocados por produtos de corrosão ou sais

O valor de %Hr ao qual tem início a corrosão não é um valor estanque, mas depende das condições de superfície do metal. uma superfície rugosa com riscos, poeiras, produtos de corrosão ou sais depositados sobre a superfície vai potenciar o avanço da humidade por capilaridade e consequente corrosão



### Especificação Qualicoat

Infiltração  $\leq 1$  mm

Empolamento  $< 2(S2)$  ISO 4628-2

# Resistência a atmosferas húmidas contendo SO<sub>2</sub>

NP EN ISO 3231:1998-pt

## Pontos críticos

- Colocação dos provetes
- Contagem do n<sup>o</sup> ciclos
- Observação final

## Fundamento do ensaio

O SO<sub>2</sub> é muito solúvel em água e dissolve-se muito rapidamente à superfície do alumínio. Com água forma H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e a reação é catalisada pelos mesmos defeitos que a cond. con. A superfície de Al é rapidamente saturada e a sua capacidade de captação e consequente corrosão depende da humidade. A reação do Al com SO<sub>2</sub> não é completamente compreendida. Há formação de Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>

## Especificação Qualicoat

Infiltração ≤ 1 mm

Sem mudança de cor

Empolamento < 2(S2) ISO 4628-2



Concentration of SO <sub>2</sub> in air		Mass loss (mg·cm <sup>-2</sup> )	
(%)	(mg·m <sup>-3</sup> )	RH 66%	RH 98%
0.01	285	0.1	0.15
0.1	2850	0.1	0.60
1	28 500	0.1	1.80

# Envelhecimento Natural

NP EN ISO 2810:2007-pt

**Florida** representa um clima quente e húmido, com uma atmosfera salina e um nível de UV alto

## **Pontos críticos**

- Exposição 5° a sul durante 1 ano (cl1) ou 3 anos (cl2)
- Condições atmosféricas variáveis de ano para ano
- Leituras de variação de brilho e cor



## **Fundamento do ensaio**

- O envelhecimento natural é definido como um conjunto de processos condicionados pela ação de agentes atmosféricos e biológicos que ocasionam a destruição física e a decomposição química de materiais, e tem como principais agentes agressivos a radiação ultravioleta, a temperatura e a humidade.
- A foto-oxidação induzida pela radiação UV pode produzir, entre outros efeitos, a oxidação de ligações duplas, a quebra da estrutura molecular de polímeros e consequente perda de brilho e variação de cor.
- O grande inconveniente deste procedimento reside no facto de que o período necessário para se obter uma resposta consistente e confiável é, relativamente, longo. A alternativa então é a utilização dos ensaios de envelhecimento acelerado.

# Envelhecimento artificial acelerado

EN ISO 16474-2:2013-en

## Pontos críticos

- Verificação periódica da radiação e BST
- Condutividade da água
- Programação dos ciclos: seco (18min) húmido (108 min)

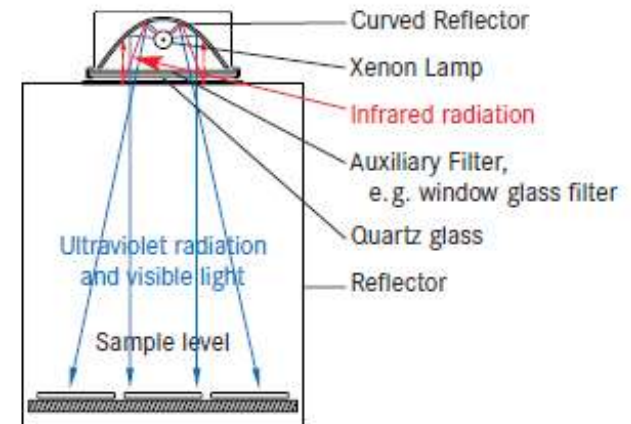
## Especificação Qualicoat (1000h)

Retenção de brilho:

- $\geq 50\%$  para classe 1
- $\geq 90\%$  para classe 2

Variação de cor:

- Valores estipulados no Anexo A7 para classe 1
- $\leq 50\%$  dos valores estipulados no Anexo A7 para classe 2



# Envelhecimento artificial acelerado

EN ISO 16474-2:2013-en

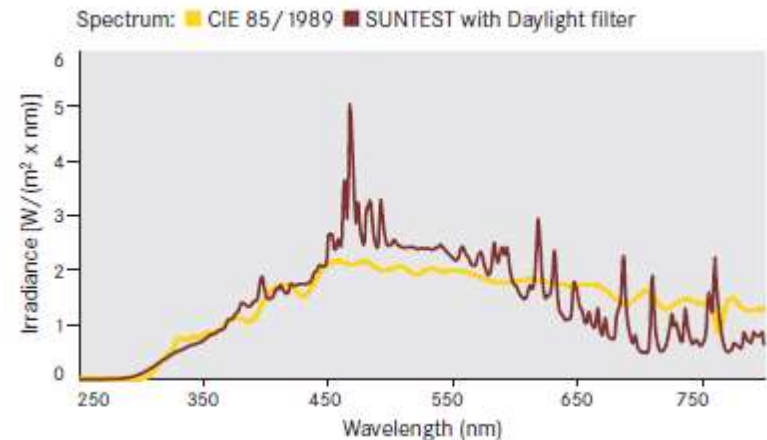
$$E = h\nu = hc/\lambda$$

## Fundamento do ensaio

Neste ensaio aumenta-se a incidência de radiação e os fatores naturais causadores do processo de degradação, alterando os períodos de secagem e molhagem da superfície.

A vantagem do ensaio é a facilidade de acelerar o processo de envelhecimento com todos os parâmetros controlados, obtendo-se resultados comparativos em tempos significativamente menores de exposição.

Um dos parâmetros a ser controlado no ensaio acelerado é a fonte de radiação UV, com lâmpadas de xénon que em conjunto com filtros específicos simulam o mais possível a radiação solar.



# Retenção de brilho e variação de cor após envelhecimento

## Retenção de Brilho

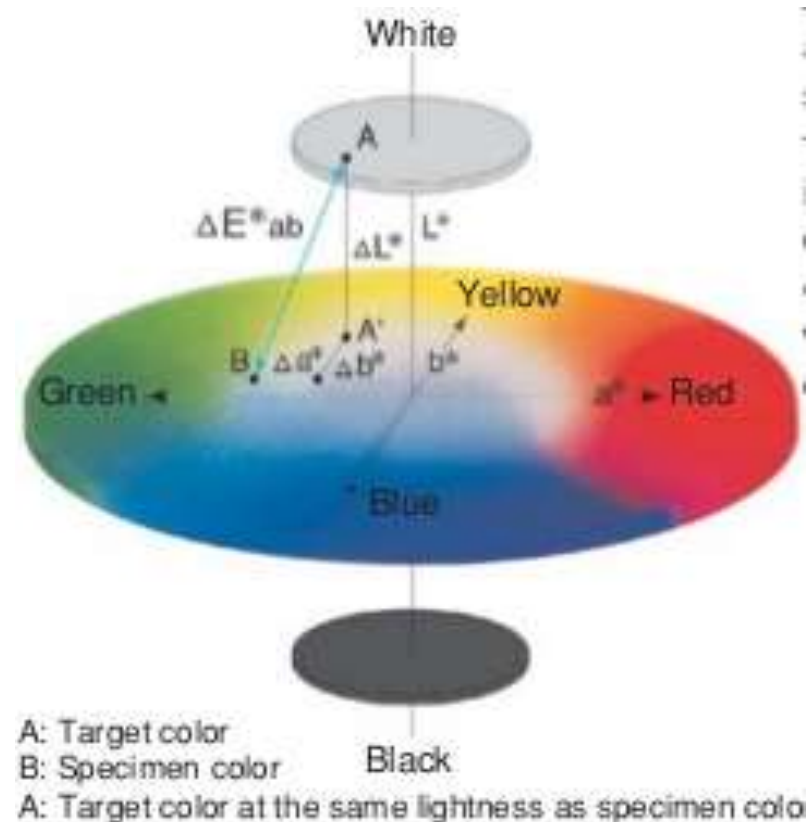
ISO 2813:2014-en

Retenção de Brilho =  $\frac{\text{brilho final}}{\text{brilho inicial}} \times 100$

## Variação de cor

EN ISO 11664-4:2011-en

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

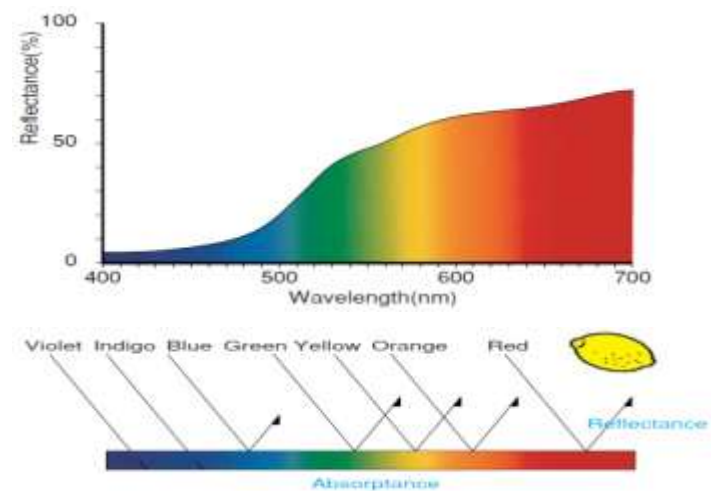
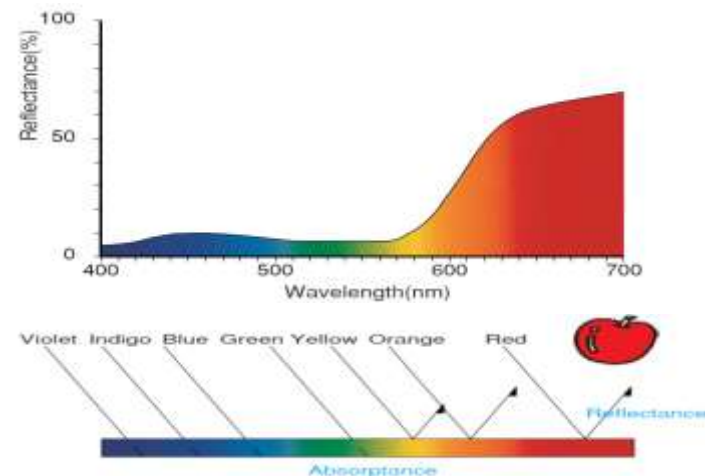
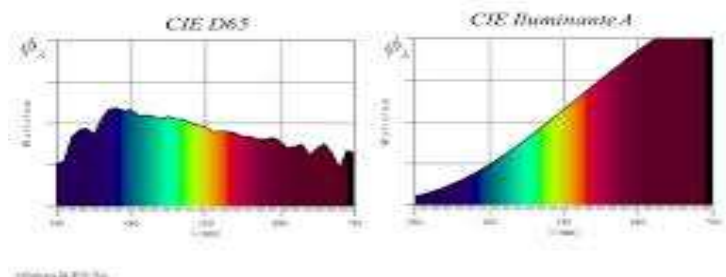




# Leitura de cor e determinação $\Delta E^*$



Espectro CIE D65 e da lâmpada incandescente (*illuminant A*)



# Resistência à argamassa

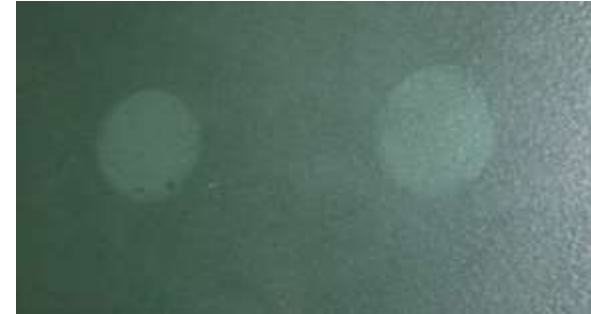
EN 12206-1-en (ponto 5.9)

## Procedimento

Pesar 15 g de cal hidratada, 41 g de cimento e 244 g de areia, misturar em seco, adicionar água corrente até obter uma pasta mole que permita a formação de um bloco da forma de um molde circular com cerca de 15 mm  $\varnothing$  e 6 mm de altura. Condicionar durante 24 horas a  $(38 \pm 3) ^\circ\text{C}$  e  $(95 \pm 5) \% \text{Hr}$ . Remover imediatamente a argamassa e observar o revestimento.

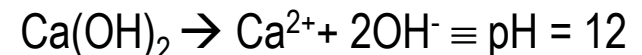
## Especificação Qualicoat

A argamassa deve ser fácil de remover, sem deixar nenhuns resíduos. Quaisquer danos mecânicos deverão ser desvalorizados. Metalizados  $\rightarrow \leq 1$  na escala do anexo A4



## Fundamento do ensaio

- O revestimento orgânico deve proteger o alumínio da ação da argamassa.
- A argamassa contém  $\text{Ca(OH)}_2$  responsável por uma forte reação alcalina na presença de água (humidade).



- Os revestimentos orgânicos sofrem alterações devido ao ataque ao pigmento



# Resistência à argamassa



# Ensaio de polimerização

2.14 da Diretivas (opcional para tintas em pó)

## **Procedimento**

Saturar um pedaço de algodão com xileno ou solvente indicado pelo fabricante do pó. Durante 30 segundos, esfregue-o levemente para a frente e para trás 30 vezes em cada direção ao longo da peça a ser testada. Após 30 min efetua-se a avaliação.



## **Causas para um resultado negativo**

- Um resultado não conforme pode indicar uma polimerização insuficiente.
- É essencial uma temperatura uniforme ao longo do forno e cumprir o intervalo de temperatura e tempo especificado pelo fabricante

## **Especificação Qualicoat**

1. O revestimento orgânico perde muito brilho e é nitidamente amolecido.
2. O revestimento orgânico perde muito brilho e é riscável com a unha
3. Ligeira perda de brilho (menos de 5 unidades)
4. Nenhuma alteração perceptível. Não risca com a unha.

# Linha de pintura do LNEC



# Laboratório Nacional de Engenharia Civil

2016

