

ENSAIOS DE INTEMPERISMO ACELERADOS



Métodos para determinação da durabilidade e da qualidade das tintas e processos de pinturas expostos ao meio ambiente.

ENG. CARLOS A. MACIEL
Secretário CE Corrosão Atmosférica ABNT.
Diretor Técnico BASS Equipamentos Ltda
carlos@bass.com.br
Gerente Laboratório Ensaios BLABS
blabs@bass.com.br



1. RESUMO

Sob o lema de que só é possível controlar aquilo que for possível testar e medir, para certificar a qualidade e verificar a durabilidade dos variados tipos de tintas e processos de pintura ao meio ambiente, são realizados ensaios normalizados de intemperismo e corrosão acelerados.

Ensaio de corrosão acelerada contínua como Névoa Salina (popularmente chamado de Salt Spray), requisitado para simulação de revestimento exposto a salinidade de regiões litorâneas, de umidade, que simula a exposição de peças a um clima continental de regiões tipicamente úmidas, de intemperismo solar, simulando a exposição ao Sol, e de combinação cíclica, que combina fatores como de temperatura alternada, umidade, secagem, etc., visam verificar de forma eficiente o comportamento de revestimentos perante intempéries dos mais variados ambientes.

2. ABSTRACT

To certify the quality of the various types of surface treatments, standardized accelerated weathering and corrosion tests are carried out by the scientific community with wide request from large industries.

Tests such as continuous accelerated corrosion Salt (Fog) Spray , required for simulating coatings exposed to salinity in costal regions, Humidity, which simulates the exposure of parts to a humid continental climate, Solar Weathering and Cyclic Corrosion CCT combination, which control combined factors such as temperature, humidity, radiation, etc. ., aim to efficiently test the behavior of coatings against bad weather in the most diverse environments.

3. INTRODUÇÃO

A qualidade dos produtos e sua aparência tornaram-se fatores importantíssimos para a preferência e o desenvolvimento dos mais variados setores. Assim, com o passar do tempo, surgiram diversos métodos científicos voltados ao desenvolvimento e validação dos mais diversos tipos de revestimentos. Muitos métodos de ensaio para verificação da qualidade e durabilidade foram criados. É importante prever antecipadamente a durabilidade e performance de uma tinta na vida real

Em 2006, publicado pela CEPEL no livro “Corrosão e Proteção Anticorrosiva dos Metais do Solo”, foi estimado que no Brasil há um gasto anual de 3,5% a 4% do seu PIB voltado recuperação e proteção da corrosão e degradação de materiais, considerando todos os setores produtivos. Isto quer dizer que no ano de 2020 um valor mínimo de R\$ 259.000.000.000 (Duzentos e cinquenta e nove Bilhões de Reais) foi gasto para recuperação ou preservação de materiais da corrosão.

Desta forma, maneiras de se preservar peças metálicas através de tintas são de grande importância e, mais ainda, é necessário testar o devido comportamento desses materiais em simulações de exposição climática para evitar possíveis gastos com reparação devida à oxidação. Testes são criados e normalizados por diversos órgãos nacionais, como ABNT, e internacionais (ISO, ASTM, DIN, outros) a fim de verificar para garantir a qualidade do produto.

4. ENSAIOS ACELERADOS CONTÍNUOS

Na tabela 1 são mostradas as normas para ensaios que são requisitados quando o interesse é simular efeitos causados no revestimento pela ação dos fatores ou regiões ambientais específicos :

- # Clima Beira Mar ou Salino.
- # Clima Continental.
- # Clima Industrial ou de um grande centro urbano.

Tabela 1: Descrição das normas, nacionais e internacionais, requisitadas para simulação de fatores ambientais específicos.

ABNT NBR 8094	Névoa Salina Neutra
ABNT NBR 8095	Umidade Saturada
ABNT NBR 8096	Kesternich SO2
ABNT NBR 8823	Névoa Salina Acética
ABNT NBR 8824	Névoa Salina CASS
ABNT NBR 9100	Corrodokote
ASTM B117	Salt Spray Neutro
ASTM B287	Salt Spray ASS
ASTM B368	Salt Spray CASS
ASTM B 380	Corrodokote
ASTM D1735	Water Fog
ASTM D 1748	Umidade Saturada
ASTM D 2247	Umidade Saturada
ASTM D 4585	Umidade Saturada
ASTM G 87	Kesternich SO2
DIN 50017 KK / KFW / KTW	Umidade Saturada
DIN 50018	Kesternich SO2
DIN ISO 9227-CASS	Salt Spray CASS
DIN ISO 9227-ESS	Salt Spray ASS
DIN ISO 9227-SS	Salt Spray Neutro
DIN 50958	Corrodokote
ISO 16701	SS / Umidade
ISO 3768	Salt Spray Neutro
ISO 3769	Salt Spray Acético
ISO 3770	Salt Spray CASS
ISO 4541	Corrodokote
ISO 6270-2 AHT /CH / AT	Umidade Saturada
ISO 7253	Salt Spray Neutro
ISO 9227	Salt Spray
JNS 30.16.03	Salt Spray
JIS H 8502	Salt Spray
JIS Z 2371	Salt Spray

A importância da normalização dos ensaios é a de permitir a reprodutibilidade e a repetitividade, para a comparação de resultados entre diferentes laboratórios e em diferentes tempos.

A ABNT é a ‘Associação Brasileira Normas Técnicas’ do Brasil, a ASTM é a “American Society for Testing and Materials” dos USA, a DIN é a “Deutsches Institut für Normung” da Alemanha, a JIS é a “Japanese Industrial Standards’ do Japão, e a ISO é a Organização Internacional de Normalização com objetivo da harmonização das normas entre os países.

As normas ABNT 8094, ABNT 8823 e ABNT 8824 estão atualmente em revisão pela Comissão de Estudo de Corrosão Atmosférica CE 043:000.001.

4.1 Ensaio de Névoa Salina (SALT SPRAY)

Para a simulação da salinidade do mar, o método mais utilizado é o ensaio de Névoa Salina (*Salt Spray*). Materiais expostos em regiões marítimas estão sujeitos ao agravante da névoa proveniente do mar, composta por sais responsáveis por tornar a água um excelente eletrólito. Isso facilita a corrosão das superfícies pois acelera os processos de oxirredução. Para simular em escala laboratorial a suspensão das gotículas existentes em uma atmosfera marítima é nebulizada dentro de uma câmara uma solução aquosa de cloreto de sódio, principal sal presente no mar.

As condições e variantes desse tipo de ensaio foram normalizadas pelas normas “ABNT NBR 8094”, “ASTM B 117” e “ISO 9227”. No entanto é importante ressaltar que tais normas não têm a finalidade de oferecer resultados equivalentes aos que, teoricamente, seriam observados em ambiente real e sim servir de parâmetro para comparação e desempenho entre os diversos revestimentos.



Figura 1: Interior da Câmara de Exposição Salina com funis para medição da coleta de névoa e cupons para a medição do grau de corrosividade.

As aplicações para revestimentos que serão submetidos ao clima marítimo são incontáveis, abrangendo a indústria automobilística, marítima, aviação e muitas outras.

A qualidade dos revestimentos são analisadas por este método, pois oferece resultados relativamente rápidos a baixo custo, certificando a qualidade e possibilitando a economia de recursos.

Tabela 2: Características operacionais para os ensaios de névoa salina

ENSAIO	Névoa salina neutra	Névoa salina acética	Névoa salina cupro-acética
Temperatura	35 °C ± 2 °C	35 °C ± 2 °C	50 °C ± 2 °C
Quantidade de solução nebulizada coletada em uma área de 80 cm ²	1,0 mL/h a 2,0 mL/h		
Concentração do cloreto de sódio	50 g/L ± 5 g/L		
pH da solução	6,5 a 7,2	3,1 a 3,3	3,1 a 3,3

Pode-se dizer com certa confiança que, ao comparar dois tipos de revestimento que passaram pelo mesmo período de teste, o que apresentaria melhor durabilidade seria aquele que se mostrou mais durável ao longo do ensaio. Se o revestimento cumprir sua função de proteção, a névoa não o penetrara e a solução pulverizada não irá agredir o substrato, o que retarda a corrosão, defendendo a peça das intempéries



Figura 2: Placa de ensaio após exposição ao ensaio de névoa salina.

4.1.1 Câmaras de SALT SPRAY.

Disponíveis em vários tamanhos de câmara, dependendo das dimensões e quantidades de produtos para o ensaio, internamente, a temperatura, umidade e a taxa de névoa são reguladas de acordo com o teste. Assim os corpos de prova entram em contato com o eletrólito que cai por gravidade em sua superfície.



Figura 3: Câmara de Névoa Salina com a indicação dos sistemas de controle.

São componentes integrantes deste tipo de equipamento :

- # Câmara de Exposição;
- # Sistema de controle condições operação;
- # Dispositivo de aquecimento;
- # Reservatório de solução;
- # Saturador;
- # Bico(s) Nebulizador(es);
- # Suporte de corpos de prova.

4.2 Ensaio de Umidade

É um tipo de teste requerido quando as peças revestidas serão requisitadas em ambientes úmidos e sem grandes poluentes atmosféricos. Regiões de pantanal ou de com vegetação em grande quantidade são simuladas por esse tipo de ensaios. Exemplos para ensaios de umidade saturada são ISO 6270, ASTM D-1735 e D-2247e ABNT 8095.



Figura 4: Placa de ensaio pintada após exposição ao ensaio de umidade saturada.

Normalmente, os principais efeitos desse tipo de ensaio são a formação de bolhas no revestimento, alterações na tonalidade da tintura ou ainda a corrosão dos substratos.

Ao contrário do que se pensa, ensaios de umidade saturada são mais críticos ao revestimento do que ensaios de névoa salina. Isso se deve em parte pelo efeito osmose.

A água é forçada para dentro da película “revestimento” procurando igualar a diferença de concentração salina entre os dois meios, interno e externo do revestimento.

4.3 Ensaio de Clima Industrial (KESTERNICH)

Quando estamos em grandes centros urbanos ou regiões de aglomerados industriais encontramos um agravante extra no ataque das superfícies. Nesses ambientes encontramos, além da umidade óxidos ácidos como CO_2 , NO e SO_2 , principalmente provenientes da queima de combustíveis provocando uma chuva ácida.

Em laboratório, climas ao mesmo tempo úmidos e ácidos, são simulados por meio da injeção de dióxido de enxofre em câmaras onde a umidade saturada é mantida. As principais normas que regem este tipo de ensaio são: ‘DIN EN ISO 50018’ e ‘ABNT NBR 8095’.

5. ENSAIOS DE INTEMPERISMO SOLAR

O Sol provoca importantes danos às tintas e pinturas. Os raios solares são capazes de interferir diretamente nas estruturas dos materiais poliméricos. Desbotamentos e rachaduras são observações frequentes em tintas pouco preparadas para esses agravantes. Também a longa exposição causa graves danos de degradação à estrutura e perda de resistência mecânica.

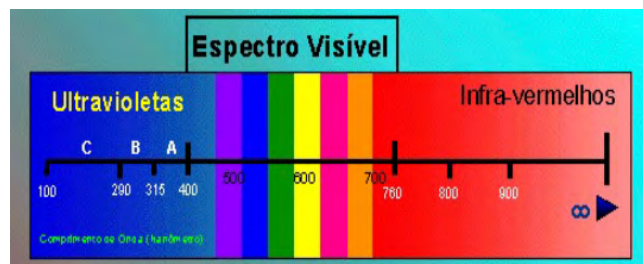


Figura 5: Detalhamento do espectro da radiação solar.

Os ensaios de intemperismo solar controlam a umidade, a temperatura e a intensidade luminosa no interior das câmaras simulando o mais próximo do real o stress sofrido pela superfície de uma tinta.

Peças que serão submetidas à exposição direta das radiações solares podem ser mais bem avaliadas por meio dos ensaios de intemperismo.

Os métodos utilizados, em ordem crescente, são:

- Câmara com simulação por Luz Arco Carbono;
- Câmara com simulação por Luz Metal Halide;
- Câmara com simulação por Luz Arco Xenônio;
- Câmara com simulação por Luz Fluorescente UV (UV-A ou UV-B).

Sendo que os dois principais métodos mais utilizados são: por luz de UV ou por luz de Xenôn. O ensaio por UV é mais agressivo e rápido (Exemplo ASTM G 154). O ensaio com a luz de Xenôn melhor reproduz a correlação com intemperismo natural (exemplo ASTM G-155).

5.1 Ensaios de Intemperismo Solar por Luz Ultravioleta (UV).

Em ensaios de intemperismo por UV, os ciclos de irradiação e umidade saturada são alternados ao longo do teste. A luz UV pode ser do tipo UV-B ou UV-A conforme o tipo de lâmpada utilizada. Alternam-se as fases de simulação quente e ensolarado com as fases do calor úmido. Faz-se assim um ataque por 'hidrólise' do material plástico, acelerando o envelhecimento das amostras, reproduzindo resultados que levariam meses e até anos para ocorrer.



Figura 6: Indicação da câmara de exposição de ensaio UV com as lâmpadas de irradiação e os suportes para placas.

5.2 Ensaios de Intemperismo Solar por Luz de Xênon.

Já os ensaios realizados com a luz de xênon são muito importantes porque melhor simulam o espectro da luz solar. São realizados em câmaras de ensaios que controlam a intensidade da radiação, temperatura de corpo negro, e o fator da água por umidade, imersão ou *spray* de água, com a finalidade de reproduzir a chuva que cai sobre as peças; causam os efeitos mais frequentes que podem ser a mudança de coloração, no caso das pinturas, surgimento de rachaduras ou quebras pelo revestimento e ainda a ocorrência de bolhas pela superfície.



Figura 7: Exemplo de equipamento de ensaios de simulação solar com lâmpadas de Xênon.

Este tipo de ensaio é muito conhecido no mercado pelos nomes comerciais de 'Wheater-o-meter'TM ou 'Xenotest'TM. Pode se utilizar a exposição dos corpos de prova no interior das câmaras através de um tambor rotativo ou por bandeja fixa.

6. ENSAIOS CLIMÁTICOS COMBINADOS

As tintas e vernizes podem responder das maneiras mais inesperadas aos fatores climáticos combinados.

- Temperatura (Ciclagem Térmica);
- Umidade (Saturada e Controlada);
- Secagem;
- Agentes Químicos;
- Imersão;
- Abrasão Mecânica (poeira, pedras);
- Exposição à Radiação (UV A ou UV B, Xênon);
- Etc.

O clima real age sobre o material por meio de variadas condições, sejam elas luminosas, úmidas ou altamente corrosivas. Com a finalidade de aproximar o teste da exaustão real que a peça sofrera, foram desenvolvidos os ensaios cíclicos, que alternam condições como irradiação, temperatura e umidade, durante os ciclos do teste.

Na tabela são mostradas as normas para ensaios que são requisitados quando o interesse é simular efeitos causados no revestimento pela ação dos fatores ou condições ambientais alternados:

Tabela 3: Origem e tipos de normas, nacionais e internacionais, requisitadas para ensaios cíclicos combinados.

Norma	Origem	Tipo
ASTM D2803	USA	Filiform
ASTM D5894	USA	Salt Spray Mist / UV
ASTM G85 Anexos 1, 2, 3 e 4	USA	Cíclica
ASTM G85 Anexo 5	USA	Prohesion
CCT A MS 600-66	HYUNDAI	Cíclica
CCT B	HYUNDAI	Cíclica
D17 2028	RENAULT	ECC 1
DIN 50 017-KFW	Internacional	Cíclica
DIN 50 017-KTW	Internacional	Cíclica
FCA 54493/04	Fiat	Scab Indoor
Ford CETP 00.00-L-467	FORD	Cíclica
Ford FLTM BL 123-03	FORD	Cíclica
GMW 14872	GM	Cíclica
HES D 6501 3.15.2	HONDA	Cíclica
IEC 60068-2-52	Internacional	Cíclica
IEC 60068-2-11	Internacional	Cíclica
IEC 60068-2-52 1.2 / 1.6 / 7.8	Internacional	Cíclica
ISO 6270-2 (AT)	Internacional	Cíclica
ISO 6270-2 (CH)	Internacional	Cíclica
ISO11997-Cycle A	Internacional	Cíclica
ISO11997-Cycle B	Internacional	Cíclica
ISO 11997-Cycle C	Internacional	Cíclica
ISO 11997-Cycle D	Internacional	Cíclica
ISO 16701	Internacional	Cíclica
ISO 14993	Internacional	Cíclica
PV 1209	Volkswagen	PV 1200 – PV 1210
PV 1210	Volkswagen	Cíclica
SAE J 2334	SAE	Cíclica
STD 4233	Scania	Cíclica
STD 4319	Scania	Cíclica
STD 4445	Scania	Cíclica
STD 423-0014	Volvo	Cíclica
STD 1027.1375	Volvo	Cíclica
STD 1027-14	Volvo	Cíclica
TSH1555G A / B / C	Toyota	Cíclica
VCS 1027,149	Volvo	ACT-1
VCS 1027,1449	Volvo	ACT-2
VDA 233-102	Alemã	Cíclica
VDA 632-415	Alemã	Cíclica



Figura 8: Exemplo de Câmara de Ensaios Cíclicos Automática (CCT Cyclic Corrosion Test).

Procedimentos de ensaio podem ser manuais ou automatizados.

A forma manual necessita de diversos aparelhos capazes de manter as condições determinadas contínuas e maior mão de obra.

A realização em equipamentos de alternância automática possuem as seguintes vantagens:

- Melhor controle das transições;
- Permite fazer ciclos mais curtos;
- Redução da mão de obra;
- Melhor repetibilidade.

Exemplo: Teste Cíclico SAE J 2334

Tabela 4: Breve descrição das condições para realização do ciclo de ensaio conforme SAE J2334.

Período	Breve descrição do Evento e suas Condições	Temperatura (°C)	Umidade (U.R %)
06 Horas	Umidade Saturada	50 ± 2	95 ± 5
15 Minutos	Aplicação de Solução Salina - 0.5% NaCl , 0.1%CaCl ₂ , 0.075% NaHCO ₃	25 ± 3	---
17 Horas e 45 Minutos	Secagem	60 ± 2	50 ± 5

Exemplo: Teste Cíclico General Motors GMW14872

Tabela 5: Breve descrição das condições para realização do ciclo de ensaio conforme GMW14872.

Período	Breve descrição do Evento e suas Condições	Temperatura (°C)	Umidade (U.R %)
08 Horas	Fase Ambiente com Aplicação de “Stress” sobre a amostra	25 ± 3	55 ± 5
08 Horas	Estágio úmido	49 ± 2	95 ± 5
08 Horas	Secagem	60 ± 2	≤ 30 %

Neste ensaio encontramos uma fase que pode variar, onde há aplicação de *stress* sobre as amostras. Normalmente, nesta etapa ocorre contato das peças com solução salina.

Existe também uma fase para ação da umidade que é seguida pela etapa de secagem. Essas duas fases são particularmente importantes por permitirem a propagação da corrosão da peça após a primeira etapa.

Neste ensaio procura-se regular o grau de corrosão da câmara durante o teste de acordo com o requisito da condição exposta da peça pela sua localização no veículo.

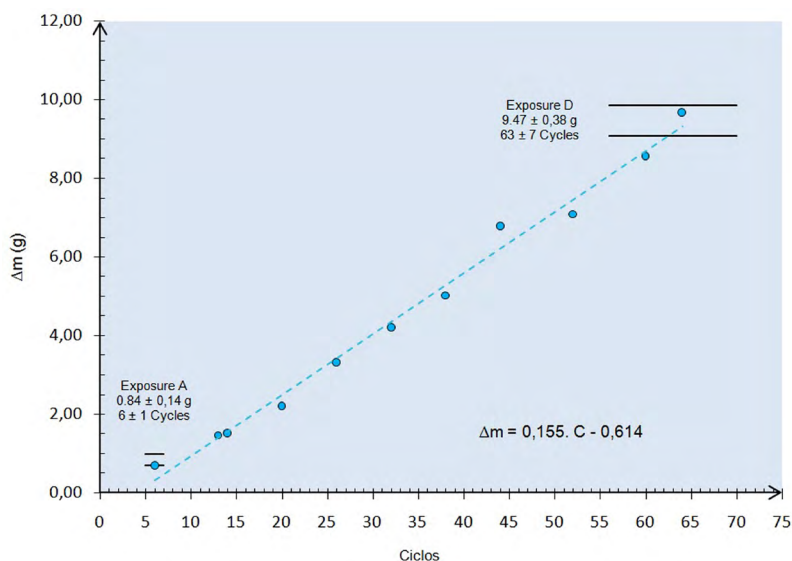


Figura 9: Gráfico da medição de evolução da corrosividade por ciclo durante o ensaio.

7. CONCLUSÃO

Os vários tipos de ensaios de simulação climáticas possibilitam o aperfeiçoamento das formas de avaliação de um material e seu devido revestimento. Testar e medir permite controlar a durabilidade, a qualidade, e indiretamente os custos. A vasta quantidade de testes e suas combinações possibilitam encontrar o melhor caminho para prever o desempenho de tintas no papel de proteção à exposição de um material com o meio. Desta forma, estes testes são de grande importância na busca contínua por melhorias nos revestimentos e na economia com gastos futuros. ▲