

Testes de Corrosão de Laboratório 100 anos de evolução

Cláudio Siccherino

[Clique aqui para ver a
apresentação gravada](#)

Q-Lab Corporation

- Fundada em 1956
- Especializada em equipamentos de testes para durabilidade de materiais e serviços



Cleveland, Ohio
Sede & Divisão de Instrumentos



Bolton, Inglaterra
Q-Lab Europa



Shanghai, China
Q-Lab China



Saarbrücken Germany

Sites de Intemperismo da Q-Lab



Tópicos

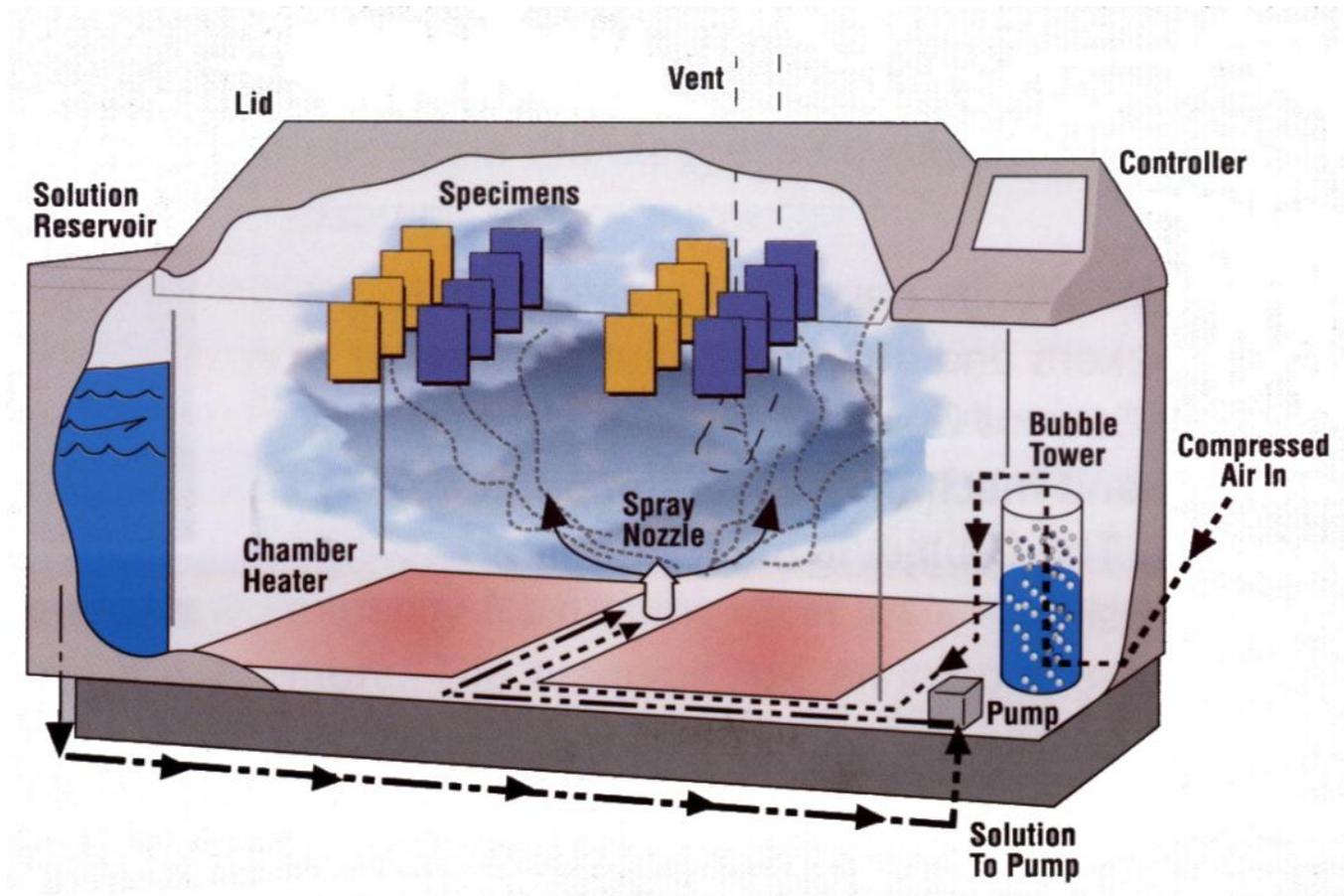
- Spray de Sal Neutro
 - História & Ciclo
 - Limitações
- Testes Cíclicos Seco/Úmido
 - Desenvolvimento & Usos
 - Limitações
- Primeira Geração de Testes Automotivos Cíclicos
 - O problema do sal das rodovias
 - Repetibilidade & Reprodutibilidade
- Método de testes de Corrosão Moderna
 - Melhorando Repetibilidade & Reprodutibilidade
 - Quais são as exigências?

Salt-Spray Contínuo (Neutro)

ASTM B117

- Método introduzido em 1914
- Publicado pela ASTM em 1939
- Largamente utilizado até hoje
- 5% névoa de sal NaCl a 35°C
- pH neutro
- Névoa fina borrifada indiretamente sobre as amostras
- Permanece largamente usada para Controle de Qualidade e para Revestimentos metálico/conversão
- ISO 9227 contém o mesmo teste

Ambiente de Névoa-salina



Limitações do Salt-Spray Neutro

- Não é uma boa simulação da maioria dos ambientes de serviços
- Tipicamente produz produtos de corrosão diferentes da exposição natural
- Pobre correlação com efeitos da exposição natural
 - Revestimento organico sobre metal

SSPC*

A Society for Protective Coatings testou:

- 15 sistemas diferentes
- Natural vs. acelerado
 - 31 meses
- Testes acelerados
 - Spray de Sal 5%
 - Prohesion
 - 2 tipos de testes de imersão cíclica
 - Teste de Intemperismo e Corrosão Combinadas



*SSPC foi fundada em 1950 como Steel Structures Painting Council (SSPC).
Originalmente como um departamento da Universidade Carnegie Mellon de Pittsburgh.

SSPC - Resultados

Método de Teste de Laboratório	Correlação c/ambiente marinho severo
Spray de Sal Convencional	-0.11
Ciclo de Corrosão Combinado/Intemperismo	0.71

Resultados apresentados são relativos ao Coeficiente de Spearman

1.0 = perfeita correlação

0.0 = aleatório

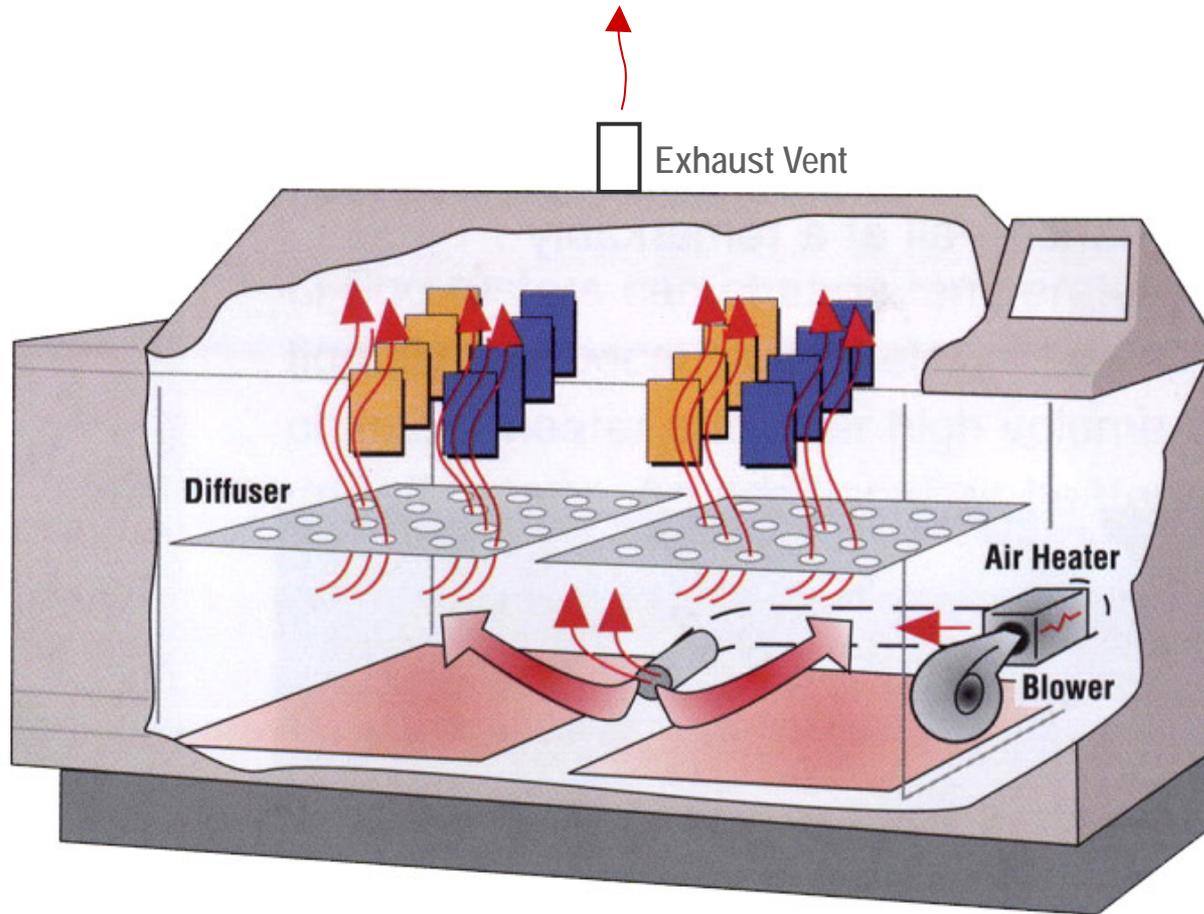
-1.0 = perfeito rank reverso

Resultados do Salt-spray Convencional foram piores que testes aleatórios

Testes Cíclicos Seco/Úmido

- Alternando spray e secagem
- Prohesion (***Protection is Adhesion***)
 - Desenvolvimento começou na Inglaterra, nos anos 60
 - NaCl diluído, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
 - ASTM G85 Anexo 5
 - American Architectural Manufacturers Association recentemente substituiu B117 por este teste na AAMA 2605, revestimentos “Superiores” sobre alumínio.

Ambiente de Secagem



Limitações do Seco/Úmido

- Falta de controle de umidade relativa (anos 80- anos 2000) necessitando de várias soluções alternativas
 - Fundo Úmido: água retida dentro da câmara retarda o processo de secagem
 - Controle de temperature da torre de bolha (bubble tower)
 - As vezes a torre de bolha não é usada (Prohesion)
- Baixa correlação em alguns casos
 - Automotivo
 - Revestimentos de manutenção industrial sobre aço

SSPC Resultados

Método de Teste de Laboratório	Correlação c/ Ambiente Maritmo Severo
Salt-Spray Convencional	-0.11
Prohesion	0.07
Ensaio Cíclico com Imersão	0.48
Procedimento de Imersão Cíclica com UV	0.61
Ciclo combinado de corrosão/Intemperismo	0.71

Resultados apresentados são Coeficiente de Spearman 1.0 = perfeita correlação, 0 = randomico, -1 = correlção reversa perfeita

Corrosão/Intemperismo Combinados

- Desenvolvido nos anos 80 pela Sherwin Williams
- ASTM D5894
- ISO 11997-2



Corrosão/Intemperismo Combinados

- Na medida que um revestimento se degrada na exposição à radiação UV, sua capacidade de proteger contra corrosão é diminuída.



Corrosão/Intemperismo Combinados

Condições do Teste

- 1 semana de Prohesion:
 - 1 hora de aplicação de névoa salina a 25°C (ou ambiente)
 - 1 hora de secagem a 35°C
- 1 semana de Exposição QUV:
 - 4 horas de UV, UVA 340 a 60°C
 - 4 horas de condensação (água pura) a 50°C



- Amostras são manuseadas manualmente entre os equipamentos

Corrosão/Intemperismo da Sherwin Williams

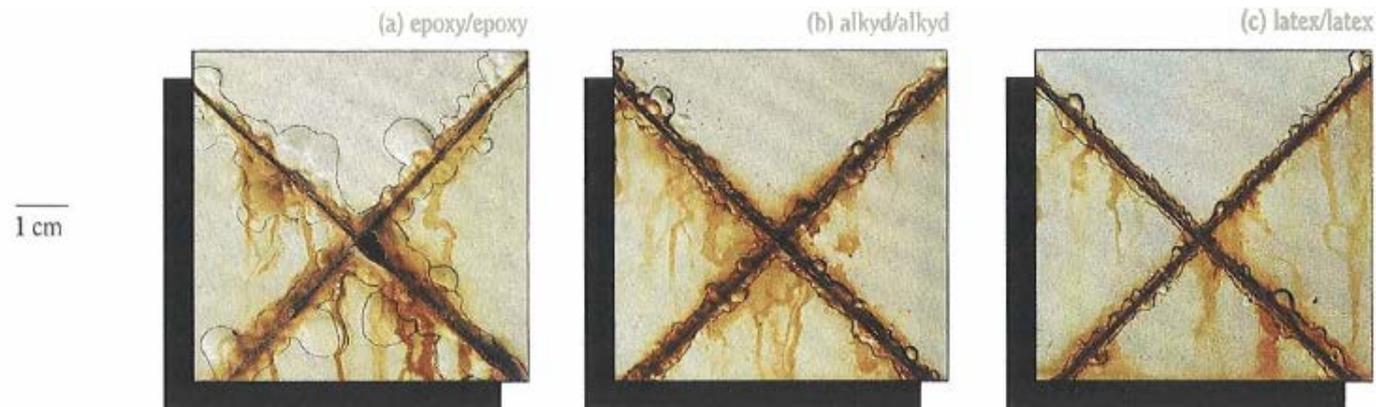


Fig. 3 Scribed regions of panels after combined corrosion/weathering testing (2,000 hours)

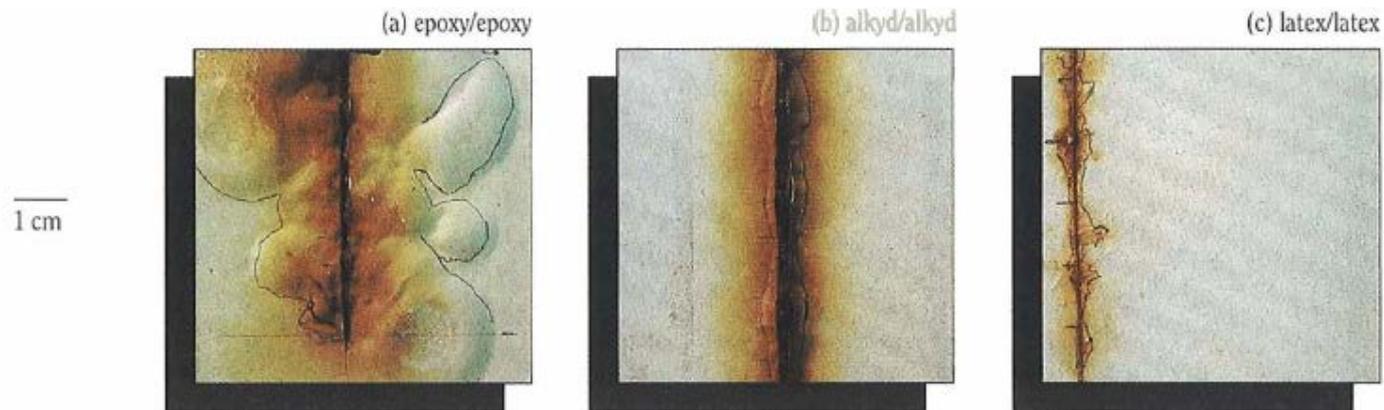


Fig. 4 Scribed regions of panels after 27 months' marine exposure (21 months for latex)

Primeira Geração de Testes Automotivos Cíclicos

Spray de sal → Secagem → Umidade

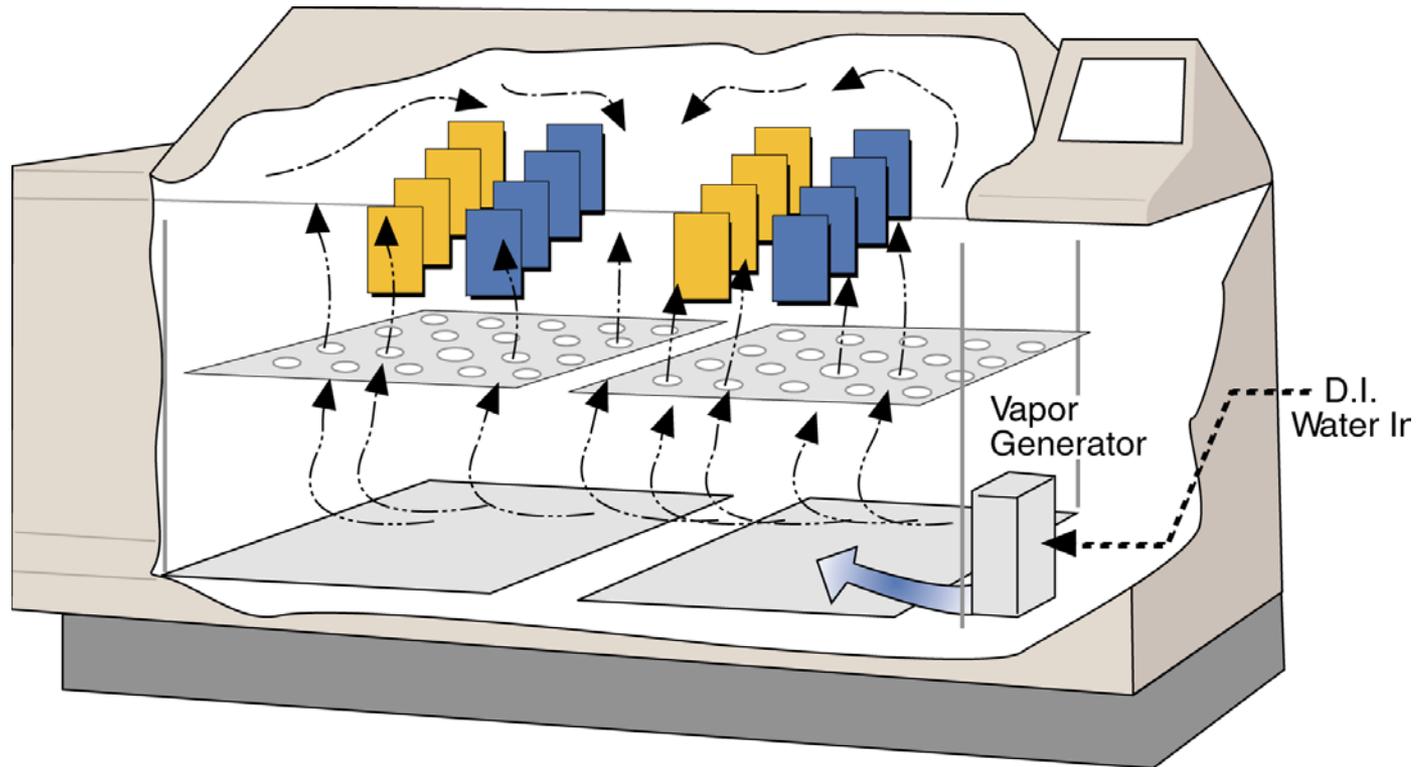
GM 9540P

- NaCl e CaCl₂ para simular sais de rodovias
- Solução aplicada por spray direto, não névoa
- Spray de Sal aplicado intermitentemente em condições “ambiente”
- Uso de cupons de corrosão para minimizar variação de resultados
- SAE & American Iron & Steel Institute classificaram este método como a melhor previsão para desempenho exterior em 1991

JASO M609/M610 (normas japonesas)

- NaCl, 5%, pH Neutro
- Tempos de transição rápidos enfatizados para minimizar variabilidade dos testes
- Publicado em 1991

Ambiente de Umidade



molhando as amostras após secagem, reinicializa a corrosão.

Cupons de Corrosão



- Amostras de metal padronizado
- Perda de massa devido à corrosão é medida durante o teste
- GMW 14872 exige uma taxa específica de perda de massa durante todo o teste
- Garante que a câmara de corrosão está mantendo condições adequadas e o operador está conduzindo o teste corretamente

Limitações da Primeira Geração de CCT

- Baixa repetibilidade e reprodutibilidade
 - “A perda de massa dos cupons de corrosão dentro do meu teste está fora de especificação!”
 - Diferentes câmaras de corrosão deram resultados diferentes
- Capacidades limitadas de câmara resultou em mais “soluções alternativas”
 - JASO M609: Tempos de transição muito rápidos projetados para compensar a falta de UR e controle no tempo de transição
 - GM 9540P: pulverização manual e exposição em condições ambiente (levantadores de tampa) porque a névoa molha as amostras muito lentamente e a UR dentro da câmara não é controlada bem o suficiente

Testes Automotivos Cíclicos

O Problema de Sal de rodovia

- **Deliquescência**, o processo pelo qual uma substância absorve umidade da atmosfera até se dissolver na água absorvida e formar uma solução. Todos os sais solúveis irão deliquescer se o ar estiver suficientemente úmido.

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/156605/deliquescence>

- Mistura de sais (ex. NaCl + CaCl₂) reduz o ponto de deliquescência

Controlar a umidade relativa e o tempo de transição das condições de seco a úmido é crítico para repetibilidade e reprodutibilidade dos testes de corrosão automotivo.

Repetibilidade/Reprodutibilidade

JASO M609 discute tempo de transição na nota explicativa: “Quanto menor for, melhor será para minimizar outras influências no resultado dos testes.”

- Uma fonte de variabilidade é que algumas câmaras levam mais tempo que outras para mudar de uma fase de teste para outra, afetando taxas de corrosão
- Métodos da JASO procuraram fazer as transições o mais rápido possível para minimizar variabilidade
- Está é uma “solução” para compensar a falta de umidade relativa e controle no tempo de transição

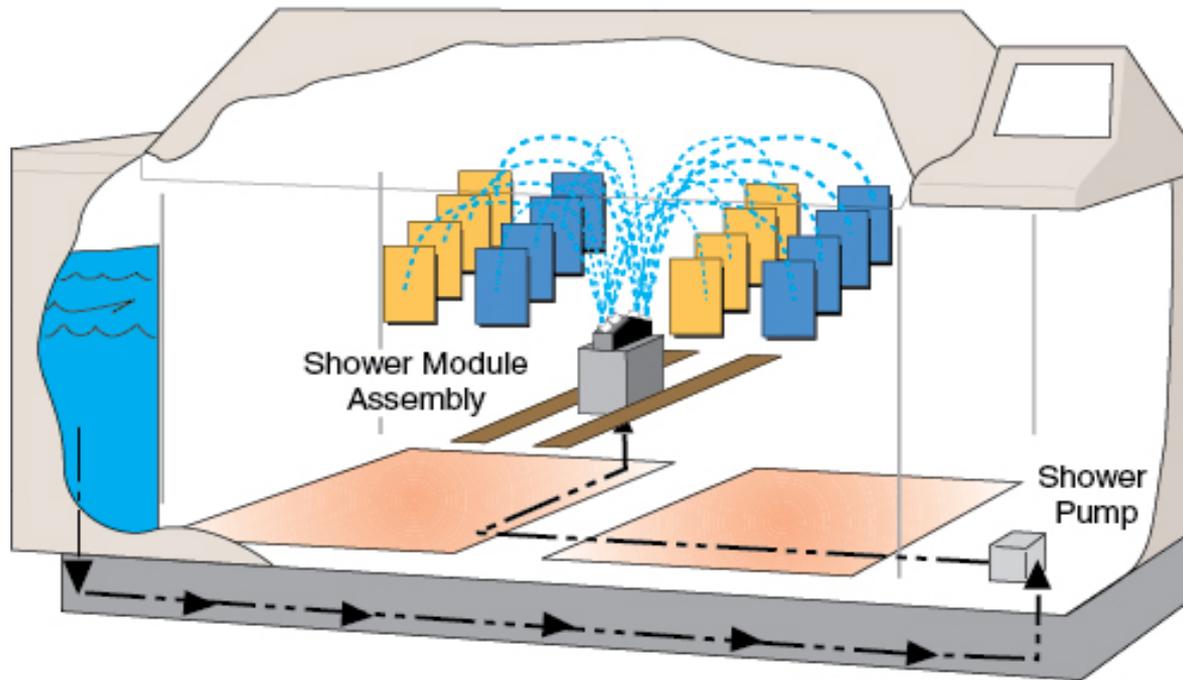
Testes de Corrosão Automotiva Moderna

- GMW 14872
- Toyota TSH1555G
- VDA 621-415
- Volvo VCS-1027, 14 & 149
- SAE J2334
- Ford CETP 00.00-L-467

Testes de Corrosão Automotiva Moderna

- “Névoa” Salina às é vezes substituída por spray direto (chuveiro)
 - Rápido umidecimento com solução corrosiva vs. névoa (umidecimento lento)
 - Spray direto lava sal precipitado da aplicação prévia
- Umidade Relativa Controlada durante fase “ambiente”
- Tempos de Transição Controlados

Função Chuveiro



- Spray de alto volume molha as amostras mais rápido que a névoa tradicional
- Volume de Spray pode ser controlado para ajustar as taxas de corrosão

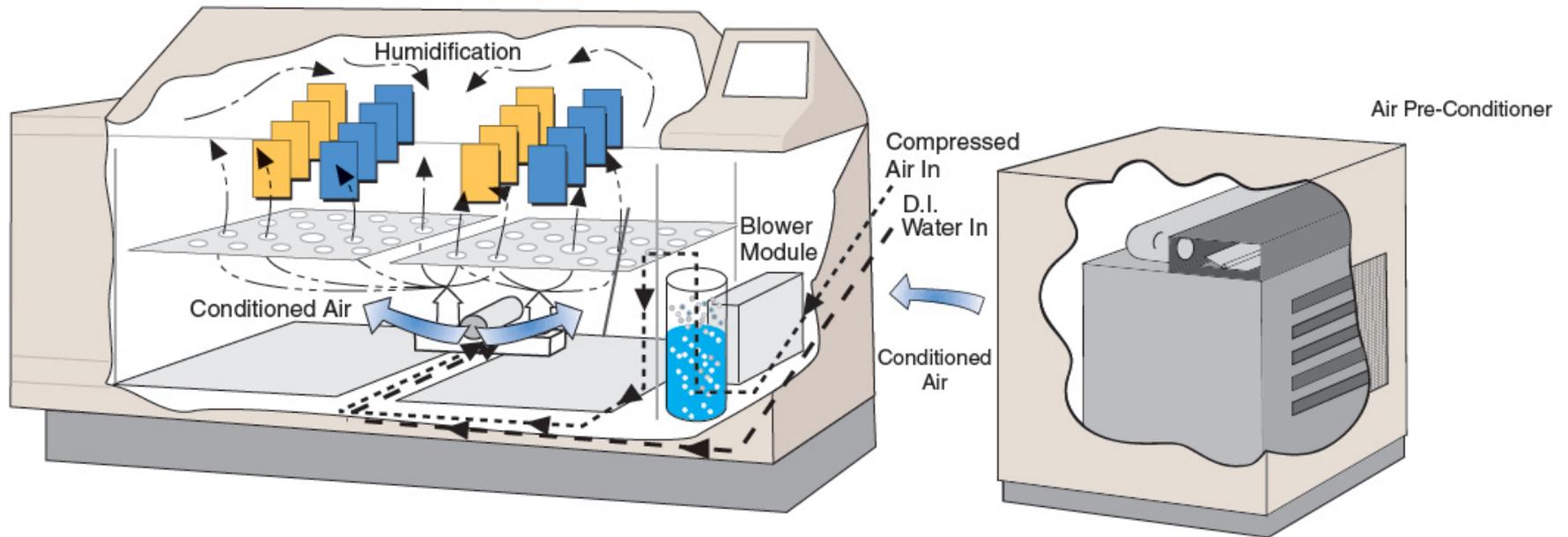
GMW 14872

- Globalmente é a norma mais importante de corrosão com controle de UR
 - Largamente utilizada pela GM
 - Especifica a UR durante a fase “ambiente”
 - Especifica tempos de transição entre as fases
 - Exige perda de massa específica do cupom de corrosão
 - Utiliza “Chuveiro” ao invés de “Névoa”

GMW 14872

1	Subciclo Repete os passos 2-4 por 4x	Temp	UR	Tempo	Ramp	
2	RH	25°C	45%	0:27	auto	
3	SHOWER 15sec on / 15sec off	25°C		0:03		
4	RH	25°C	45%	1:30	auto	
5	RH	49°C	100%	8:00	linear 1:00	- 1 hora de transição de clima ambiente para clima de umidade saturada
6	RH	60°C	25%	8:00	linear 3:00	- 3 hours de transição de clima de umidade saturada para clima de ambiente seco

Umidade Relativa Controlada (CRH)



Perguntas frequentes sobre os Requisitos da Câmara

1. Eu posso rodar o teste sem UR controlada se meu laboratório mantém condições ambientes adequadas (ex. 23°C, 50% UR)?

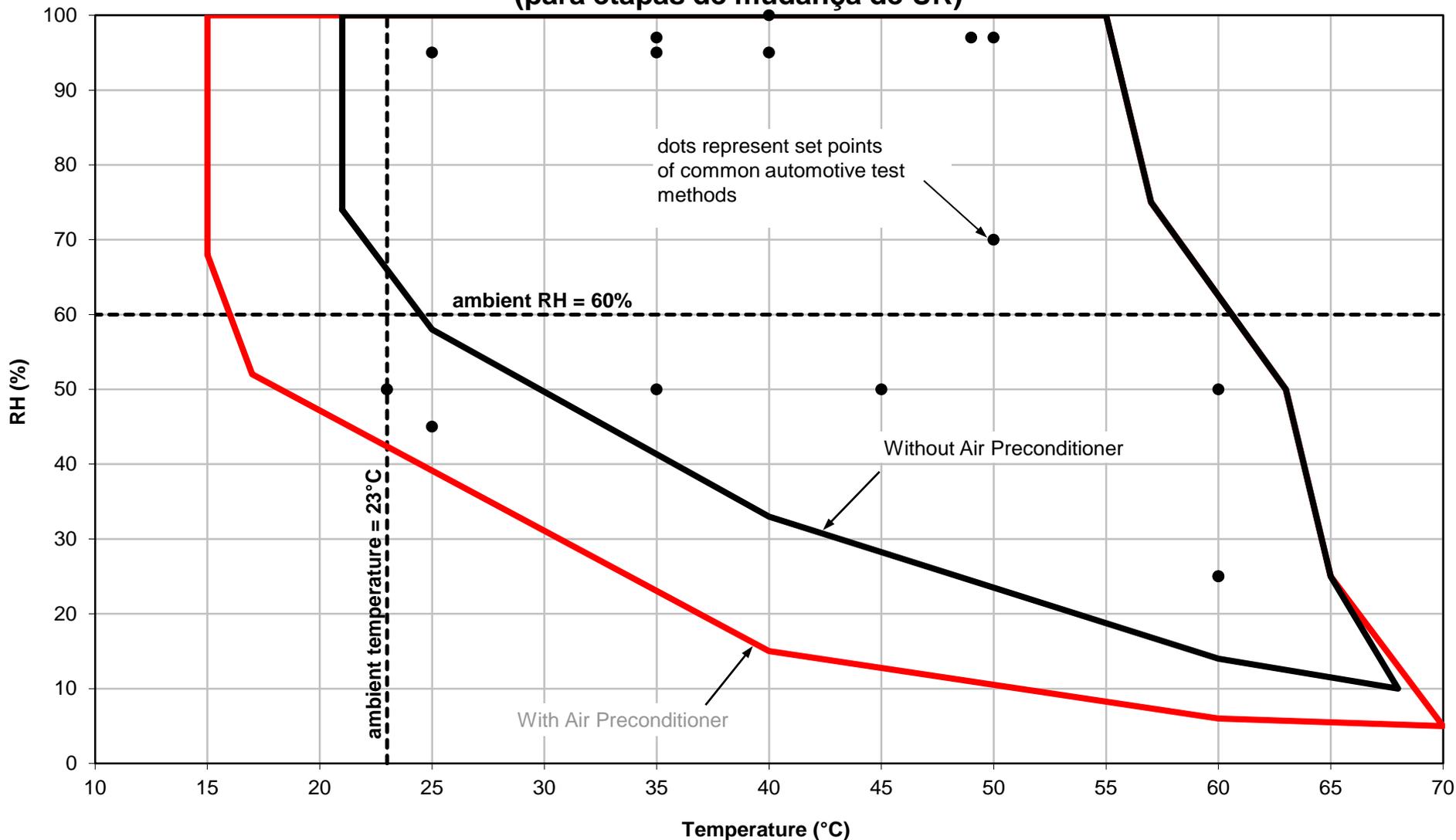
Resposta: Somente se você tiver certeza de que seu laboratório de corrosão SEMPRE mantém condições adequadas. Outro fator importante é que câmaras sem controle de UR secarão as amostras muito rapidamente

2. É necessário desumidificar o ar da câmara para manter as condições de teste?

Resposta: Sim, a menos que a UR e a temperatura do seu laboratório nunca estiverem alto demais

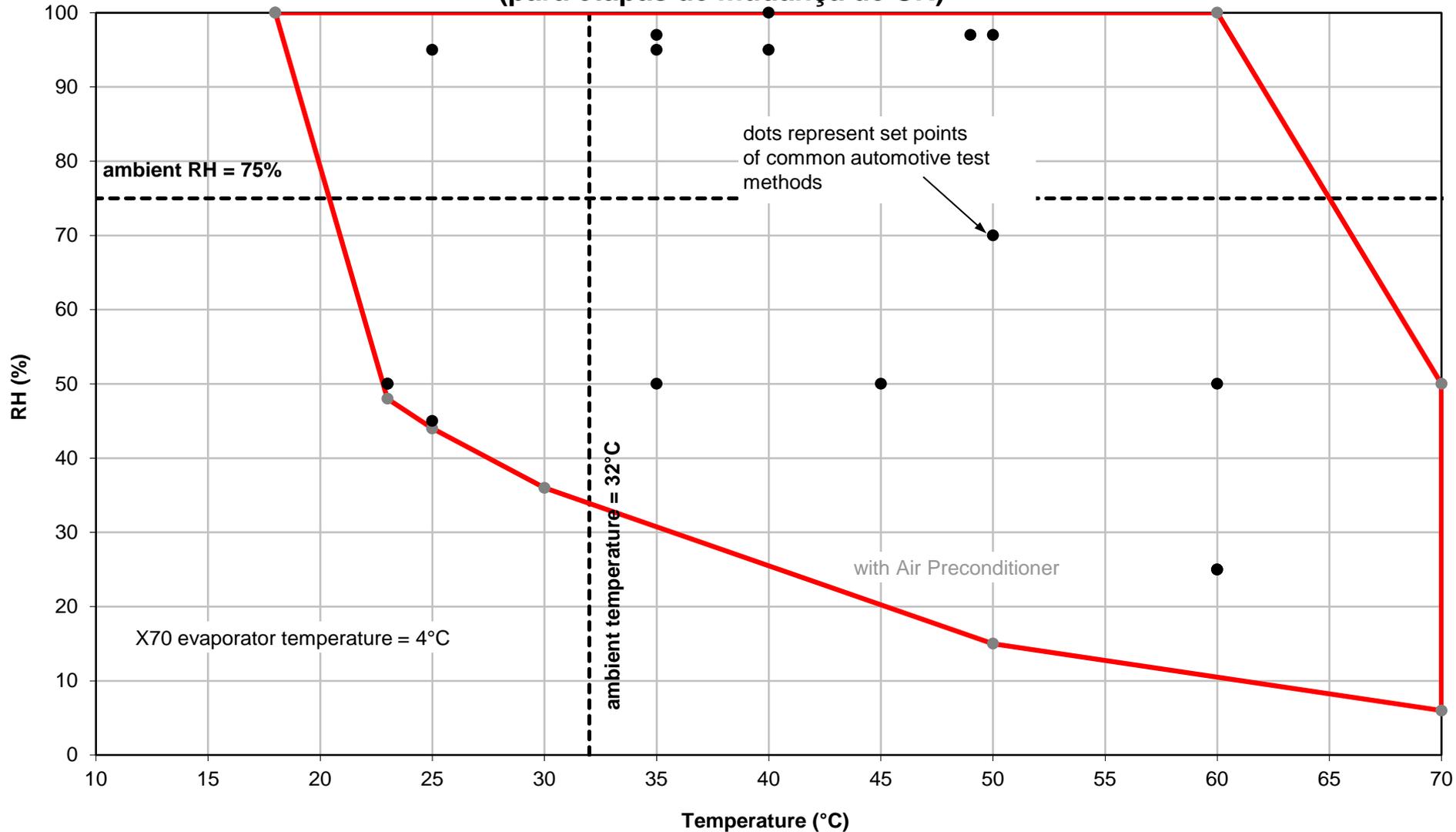
Câmara Q-Fog CRH – Comparação de Range de Temperatura e UR com um laboratório a 23°C e 60%

(para etapas de mudança de UR)



Câmara Q-Fog CRH – Comparação de Range de Temperatura e UR com um laboratório a 32°C e 75% de UR

(para etapas de mudança de UR)



Tempos de Rampa

Linear

Especificar o Tempo

Controlador ajusta a temperatura & UR para uma transição linear do início ao fim do tempo de rampa

Menor que

Especificar o Tempo

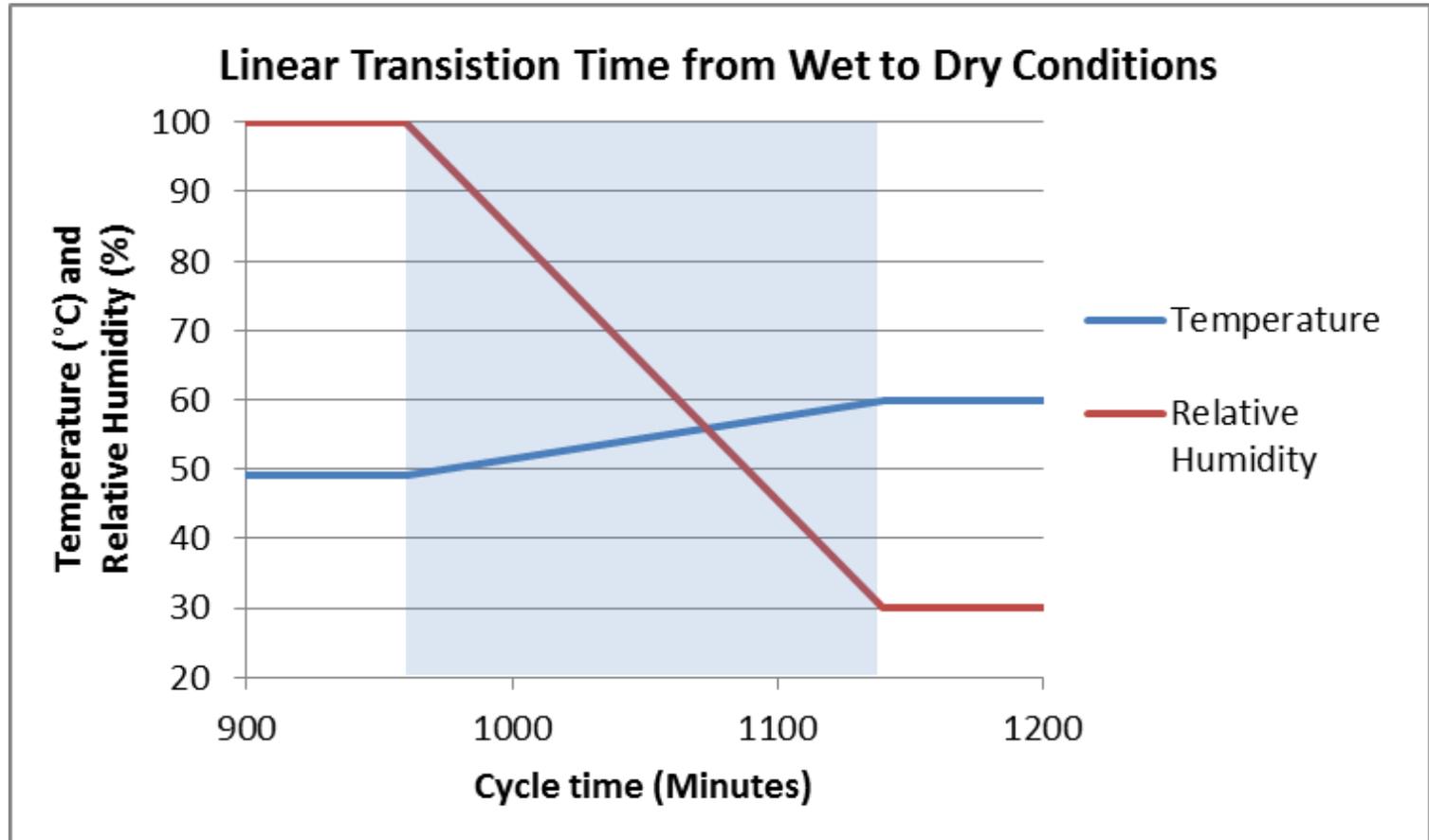
Controlador tenta alcançar condições dentro do tempo especificado

Automático

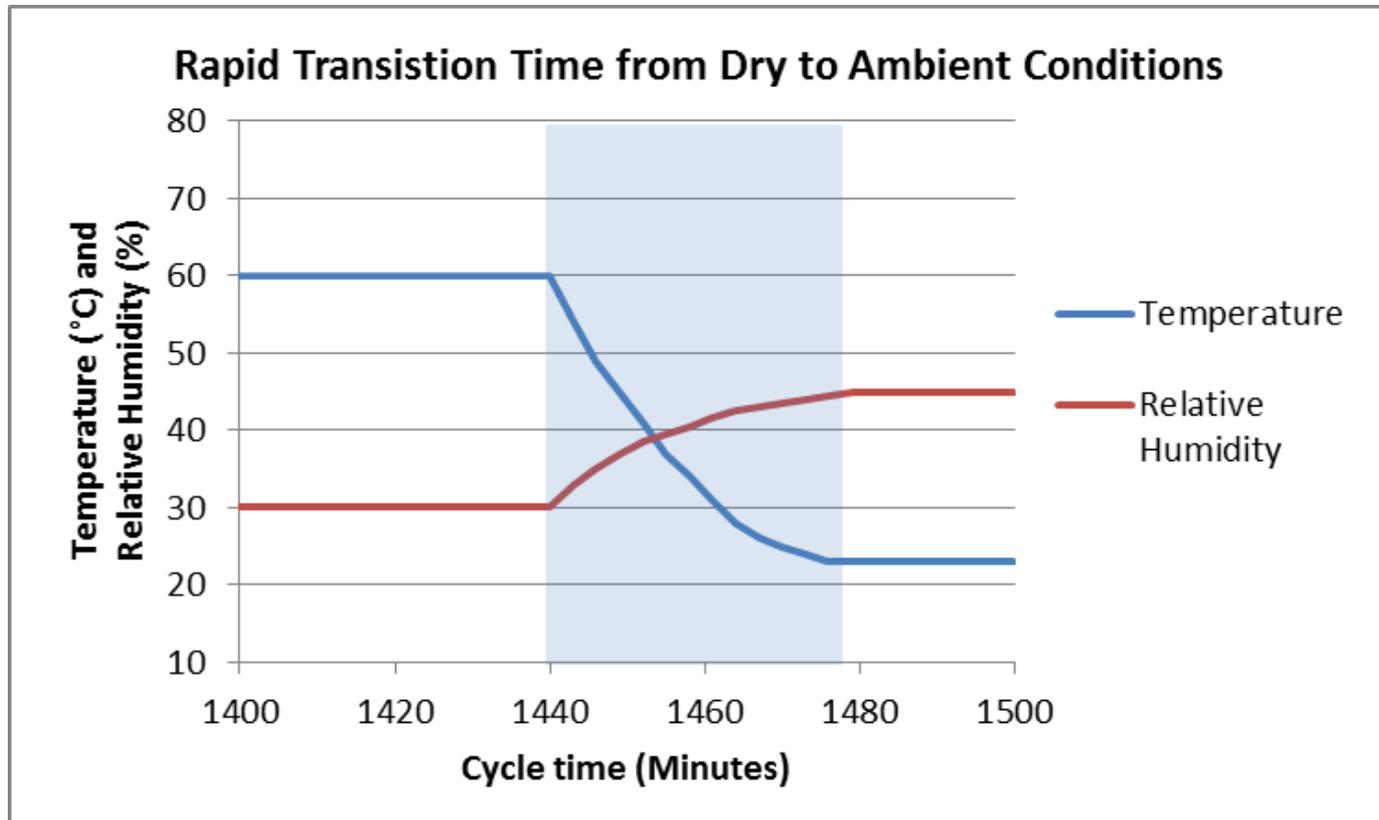
Não especifica tempo

Controlador ajusta condições o mais rápido possível

Tempo de Rampa Linear



Tempo de Rampa “Menor que”



Conclusões

- Depois de 100 anos, testes de corrosão de laboratório estão amadurecendo
- Controle de umidade relativa e tempos de transição permitem melhores resultados
 - Operador do Teste agora tem controle das taxas de corrosão que são medidas pela perda de massa dos cupons de corrosão
 - Repetibilidade & Reprodutibilidade
- “Soluções alternativas” de métodos antigos não são mais necessários nos métodos modernos

Obrigado por sua atenção!

Perguntas?

Claudio Siccherino

www.q-lab.com