



Congresso Internacional de Pintura e
Revestimentos Anticorrosivos



Considerações sobre Tintas de Isolamento Térmico

Isabel Cristina P. Margarit-Mattos



Termo de Cooperação com Petrobras



UFRJ

Equipe: *Flávio V.V. de Sousa (Pesq. DSc MetMat)*
Oswaldo E. Barcia (Prof. Consultor TransCal)
Felipe R.S. Assunção (Eng. Mecânico)
Alan Araújo (Eng. Eletricista)
Victor H.D.M. Santos, Thiago R. de Almeida e
Wang Liangzhuang (Grad. TCC)



Colaboradores: *Joaquim P. Quintela*
Daniel Telhado Gomes

Isolantes Térmicos Convencionais:

- Consistem de camadas espessas sempre relacionadas com:

☹ CUI (*corrosion under insulation*)

☹ Dificuldades de inspeção

☹ Dificuldades de aplicação



Tintas Isolantes Térmicas:



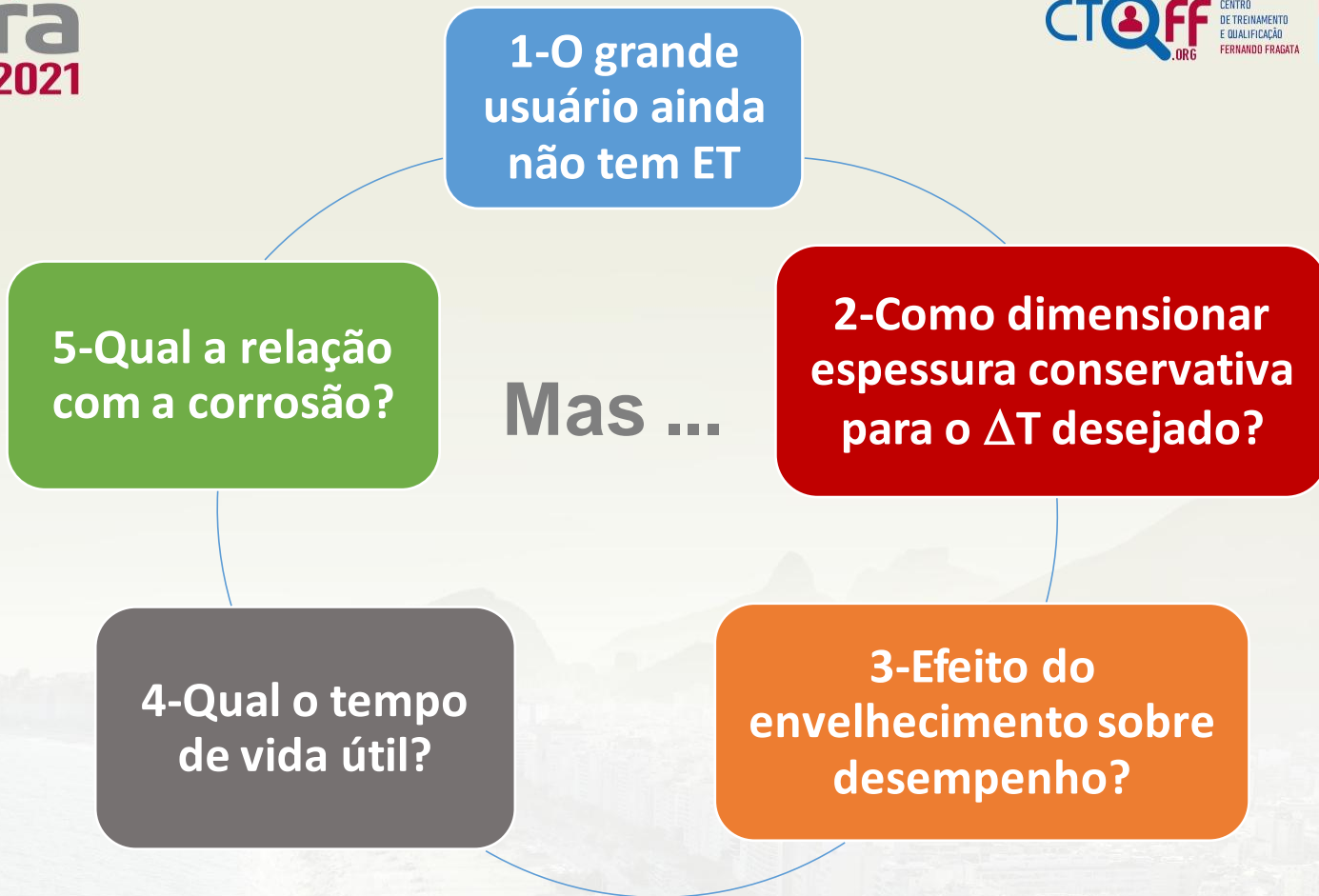
Características Gerais:

- Aplicação em equipamentos expostos à atmosfera
- Temp. de operação 100 - 600 °C (depende do produto)
- Atender a três aspectos preocupantes: isolamento, CUI e proteção pessoal



Propostas:

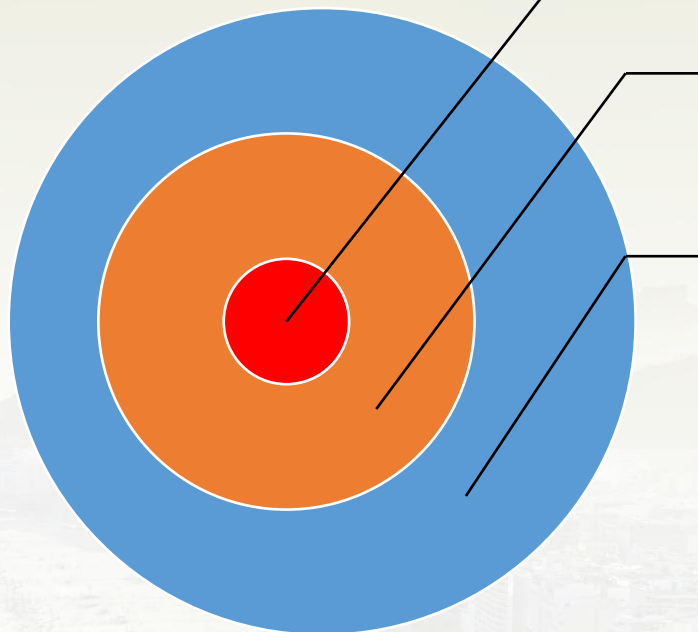
- Atuar com espessuras menores 😊
- Aplicação por métodos de pintura industrial durante operação 😊
- Facilitar cobertura em geometria complexa, inspeção e manutenção 😊



Várias alternativas no mercado ...

Fornecedores renomados ...

Portfólios com quase uma década ...



Escolha e uso justificado do produto = Alvo difícil

Fichas técnicas de difícil comparação

Falta de conhecimento sobre comportamento desse tipo de tinta

Fichas técnicas de difícil comparação...
8 fornecedores contactados
5 enviaram produto para estudo (A, B, C, D e E)

Ensaio de Corrosão

- ASTM D5894 (2 com tempos \neq s); ASTM B117 (1); Aderência (1); Permeabilidade (1)

Propriedades Térmicas

- Condutividade térmica (4 com 3 Normas \neq s, 1 variação com T); Emissividade (2 com Normas \neq s); outras propriedades (2 com Normas \neq s); Efeito do envelhecimento (nenhuma)

Essa realidade pode mudar ...

Ação do
Usuário com
ET

Estudo de
propriedades e
relação com
desempenho



Ação do
Fornecedor na
Ficha Técnica

Estudo de propriedades e relação com desempenho



- Tintas A, B, C, D e E
- Aplicação airless ou trincha (com autorização)
- Agradecimentos:
 - Fornecedores pelos produtos e acompanhamento técnico durante a aplicação
 - F.L. Fragata e Smartcoat pela infra de aplicação airless

Estudo de propriedades e relação com desempenho



Amostras para ensaios de corrosão.



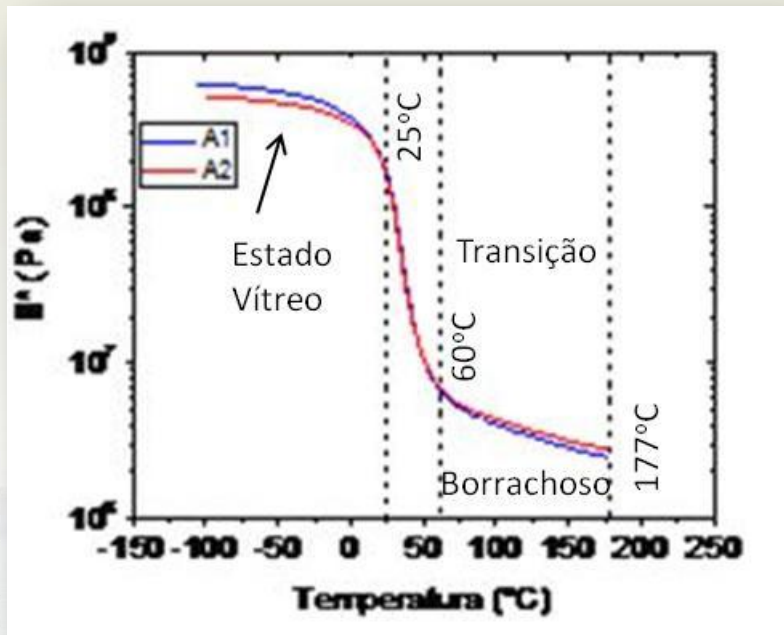
Amostras para caracterização de isolamento térmico

Filmes livres para medidas de propriedades térmicas, mecânicas, termo-mecânicas, permeabilidade e absorção de água.



Propriedades e desempenho

DMA – Propriedades Termo-mecânicas



- Acima de 60°C a maioria das tintas em estado borrachoso
- Estado borrachoso \Rightarrow volume livre e mobilidade das cadeias
- Facilita absorção e permeação de água ☹
- Bom para isolamento térmico ☺
- Ciclos ou choques de T envolvendo diferentes estados
 \Rightarrow **envelhecimento com deformação ou perda de coesão.**
- Ensaio de corrosão com ciclos de temperatura
 \Rightarrow **ferramenta importante para abordagem holística**

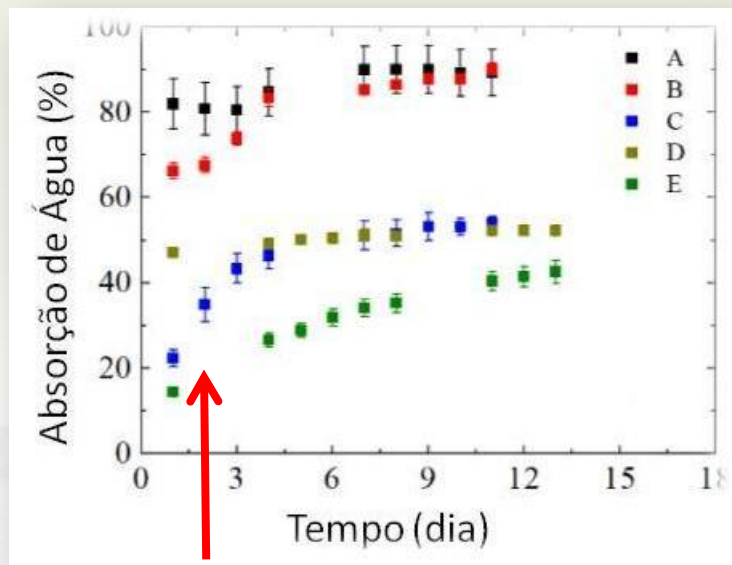
Considerações relacionadas com Corrosão

NACE SP0198-2010* - “Carbon steel corrodes, not because it is insulated, but because it is contacted by aerated water. The role of insulation in the CUI problem is threefold. Insulation provides:

- (a) An annular space or crevice for the retention of water and other corrosive media; ***Nosso comentário: menos importante com as tintas***
- (b) A material that may wick or absorb water;
- (c) A material that may contribute contaminants that increase the corrosion rate ... leached or external”

Considerações relacionadas com Corrosão

“...(b) A material that may wick or absorb water; “



- Absorção de água – ASTM C1763
- Existem diferenças, mas a 23°C quem absorve menos água, absorve 20% em 2 dias 🖱️
- **Nosso comentário:** importante considerar para corrosão e variação de propriedades térmicas

Considerações relacionadas com Corrosão

“...(c) A material that may contribute contaminants that increase the corrosion rate ... **leached** or external”

	pH	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Taxa de Corrosão Aço (mm/ano)
Extrato a 100 °C			
Água	6,3	0,38	0,05 / 0,05 / 0,06
A	8,4	115,0	0,04 / 0,04 / 0,04
B	8,5	122,5	0,03 / 0,03 / 0,03
C	7,2	109,5	0,04 / 0,04 / 0,03
D	8,4	106,5	0,05 / 0,05 / 0,05
E	9,2	122,5	0,05 / 0,04 / 0,04

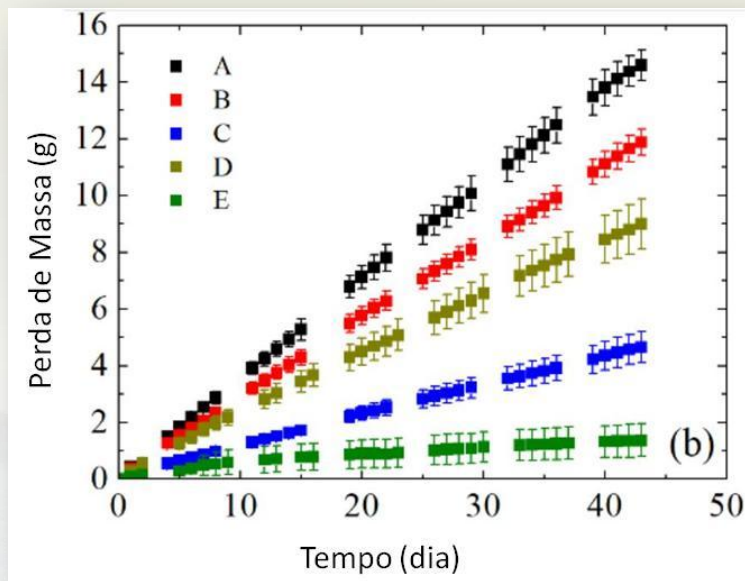
- Extratos Aquosos (ASTM C871) pH, condutividade e taxa de corrosão do aço (ASTM G1)

Nosso comentário: *As tintas têm espécies lixiviáveis, mas não acidificam o meio nem estimulam corrosão de aço.*

- ASTM C871 - Test Methods for Chemical Analysis of Thermal Insulation Materials for Leachable Chloride, Fluoride, Silicate, and Sodium Ions
- ASTM G1 - Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens]

Considerações relacionadas com Corrosão

“...(c) A material that may contribute contaminants that increase the corrosion rate ... leached or **external**”



- Permeabilidade a vapor d'água ASTM D1653-Método B/C
- As tintas que mais absorvem água também são as mais permeáveis.
- **Nosso comentário:** Propriedade de barreira não é um ponto forte



Esquema anticorrosivo complementar

Considerações relacionadas com Corrosão

Esquema anticorrosivo complementar



Tinta isolante faz parte do esquema



Especificação baseada em compatibilidade entre as tintas, ambiente e condições operacionais



Desempenho avaliado com ensaios cíclicos de temperatura e umidade são holísticos porque envolvem **solicitação termo-mecânica**

Se a tinta isolante faz parte
de um esquema de pintura;
O tempo de vida útil é o
tempo do esquema.

SUGESTÃO PARA ET E FICHAS TÉCNICAS



Adotar ensaios de corrosão com ciclos/choques com especificação de número de horas.

Ex.: ASTM D6944, ISO 12944-9



Avaliar propriedades térmicas em amostras novas e envelhecidas



Estabelecer tolerância para a variação das propriedades térmicas relacionada com o tempo de ensaio.



Utilizar esses dados para dimensionamento conservativo da espessura da tinta isolante.

MEDIR PROPRIEDADES TÉRMICAS?

- Realidade = Esquema anticorrosivo com propriedades de isolamento térmico
- Caracterizar propriedades térmicas não é prática usual para quem lida com pintura anticorrosiva
- Que propriedades térmicas são importantes?
Como medir?

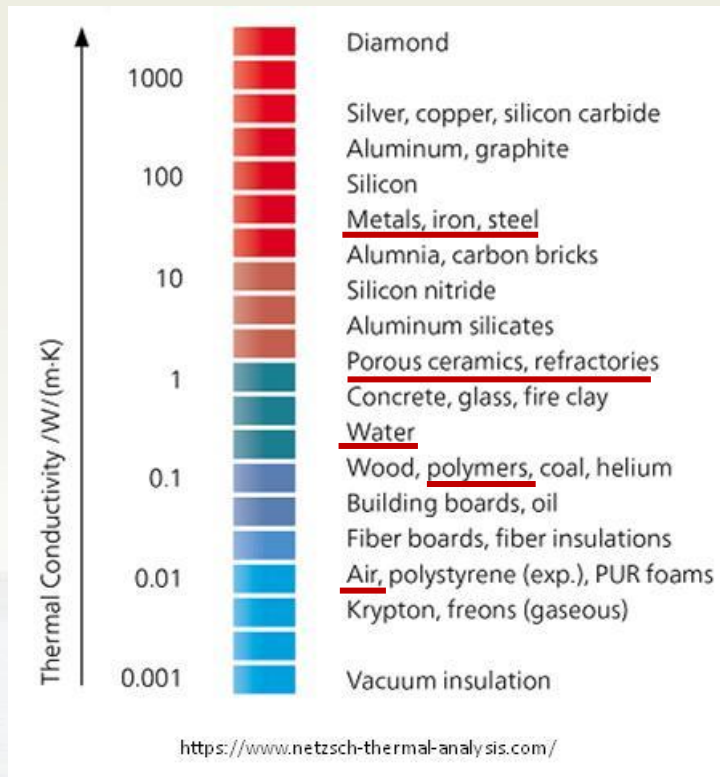
Que propriedades térmicas são importantes?

- **1ª abordagem:** condutividade térmica (λ) para dimensionar espessura
- Definição: transporte de calor através de um corpo devido a gradiente de temperatura

$$q = \frac{\lambda}{L} \Delta T$$

q – fluxo de calor, L – espessura

$$\Delta T = T_{\text{aço}} - T_{\text{revestimento}}$$



Como medir?

- Equipamentos comerciais:
 - medem q (fluxo de calor) em estado estacionário
 - medidas muito precisas exigem controle rígido de espessura e condições superficiais
 - não são muito acessíveis à comunidade de pintura industrial
- Para dimensionamento de espessura uma alternativa mais acessível está sendo avaliada

- Podemos considerar:

$$q \propto T_{aço} \quad \text{ou} \quad q = aT_{aço}$$
$$aT_{aço} = \frac{\lambda}{L} \Delta T \quad \text{ou} \quad T_{aço} = \frac{\lambda}{aL} \Delta T$$
$$\Delta T = \frac{aL}{\lambda} T_{aço}$$

$$q = \frac{\lambda}{L} \Delta T$$

q – fluxo de calor

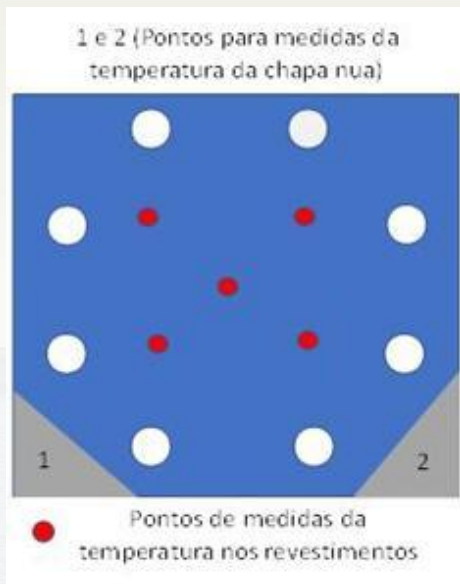
L – espessura

$$\Delta T = T_{aço} - T_{rev.}$$

- Logo, para um mesmo material e uma mesma espessura, um gráfico de ΔT contra $T_{aço}$, tem que mostrar uma **reta** cujo **coeficiente angular** $\Delta T / T_{aço}$ será $\alpha L / \lambda$
-

Experimental:

- Manta térmica, termômetro de contato e chapas pintadas só de um lado com diferentes espessuras.



RESULTADO TÍPICO

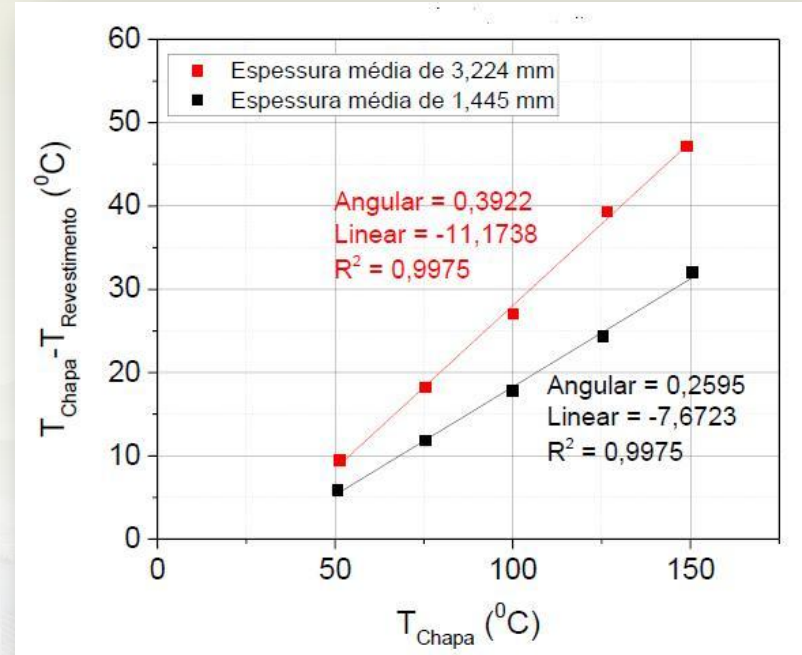
Termômetro de Superfície		
Setado 150 °C - Medido 148,5 °C		
117,2		116,3
	116,2	
113,4		118,8
Média	116,38	
Desvio Padrão	1,965197	




RESULTADO:

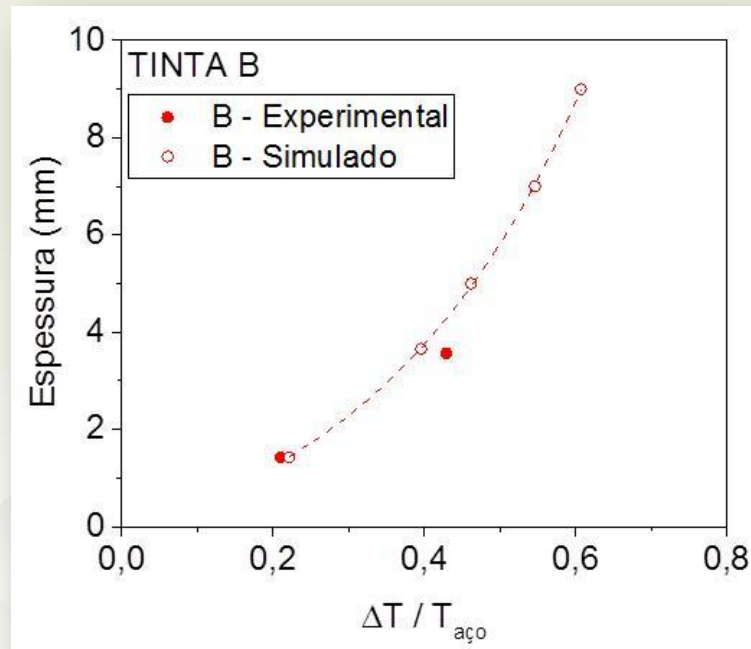
- Gráficos de ΔT vs $T_{\text{aço}}$ foram obtidos:
 - para 5 temperaturas do aço
 - 2 espessuras de cada tinta
- Efetivamente foram obtidas retas perfeitas para todas tintas testadas.

RESULTADO EXPERIMENTAL REPRESENTATIVO




ETAPA SEGUINTE:

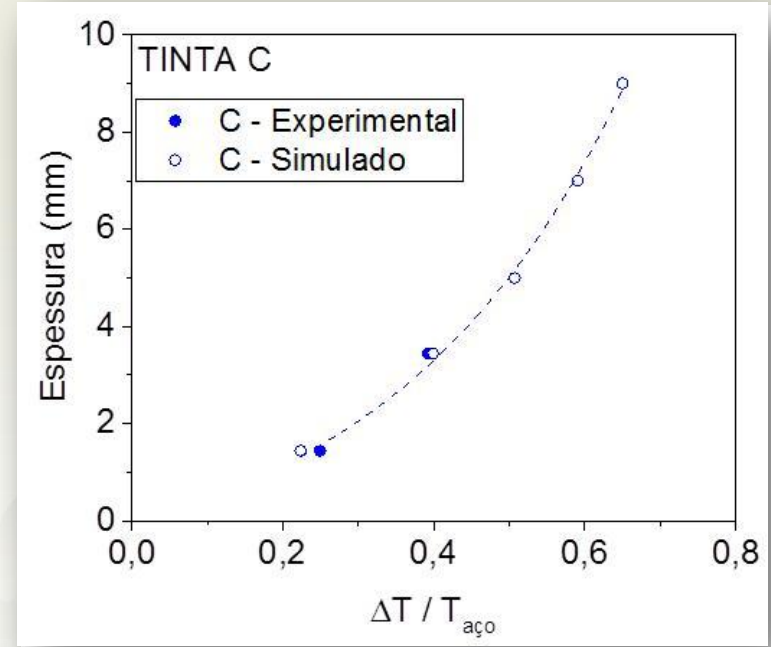
- Gráficos Espessura vs Coeficiente Angular ($\Delta T / T_{aço}$)
- Se a condutividade da tinta não variar com T , a tendência da curva é mostrada pela simulação com Ansys Acad.® 
- Mais 3 ptos experimentais estão sendo obtidos.



Estimativa preliminar de espessura para qualquer ΔT desejado e qualquer $T_{aço}$ com método acessível a qualquer laboratório.

ETAPA SEGUINTE:

- Gráficos Espessura vs Coeficiente Angular ($\Delta T / T_{\text{aço}}$)
- Se a condutividade da tinta não variar com T , a tendência da curva é mostrada pela simulação com Ansys Acad.® 
- Mais 3 ptos experimentais estão sendo obtidos.



Estimativa preliminar de espessura para qualquer ΔT desejado e qualquer $T_{\text{aço}}$ com método acessível a qualquer laboratório.

Considerações adicionais:

- Levantamento e quantificação de fatores que alterem a condutividade ou influenciem a $T_{\text{superfície}}$.
- Instrumentos utilizados para medição de T: termopar de contato, termômetro IR (correção emissividade), termestessiômetro (atenua T com resistência térmica da pele) ...

- As tintas para isolamento térmico representam um grande avanço com vantagens técnicas e econômicas
- Importância de estudo e investimento na caracterização da relação propriedades-desempenho, com e sem envelhecimento é inquestionável.
- Disso depende o estabelecimento de limites de tolerância e dimensionamento conservativo de espessuras de acordo com o objetivo do isolamento.
- Ensaios normalizados envolvendo variações de temperatura e umidade são importantes para simulação holística do envelhecimento em laboratório.
- Precisamos contribuir para uma cultura de uso mais fundamentado das tintas de isolamento térmico com estudo, especificações técnicas de usuários e fichas técnicas de fornecedores mais robustas em dados.

Agradecimento:
Ao suporte financeiro da Petrobras

Nosso contato:

margarit@metalmat.ufrj.br



PEMM/DMM - COPPE-EP-UFRJ

Lab. de Ensaios Não Destrutivos, Corrosão e Soldagem