

# Corrosão Sob Isolamento (CUI), Performance em Isolamento Térmico & Custos de Energia

Autor: David Hunter



# Palestrante - David Hunter



- Engenheiro Civil, Especialista em Revestimentos Protetivos, 28 anos em Revestimentos Protetivos & Corrosão

## Certificações em Corrosão Sob Isolamento:

- **Inspetor em Isolamento Térmico pela Associação Nacional de Isolamento (NIA) Certificação # 8606**
  - **Programa de Avaliação em Isolamento de Energia pela NIA (IEAP)**
  - **Instrutor em Corrosão Sob Isolamento da AMPP / NACE**
  - **Inspetor Autorizado em Tubulação pelo Instituto Americano de Petróleo (API) no 90854**
  - Instrutor Autorizado para Instalação de Reparos de Tubulação de Compósito pela ClockSpring/NRI
  - Especialista em Revestimentos Protetivos pela AMPP / NACE no33865
- 
- 15 Anos como NACE & SSPC: **Instrutor** para os seguintes cursos:
    - *Inspetor de Pintura Senior Nível 1 & 2 no4758*
    - *Inspetor de Pintura Nuclear NACE*
    - *Consultor Técnico em Corrosão Offshore no33865*
    - *Inspetor de Pintura em Proteção Passiva contra Fogo SSPC no102563*
    - *Inspetor de Pintura em Concreto (CCI) Nível 2 SSPC no92577*

*28 Publicações nas revistas CoatingsPro, Mat. Perf., Inspectioneering, Corrosion & Materials*

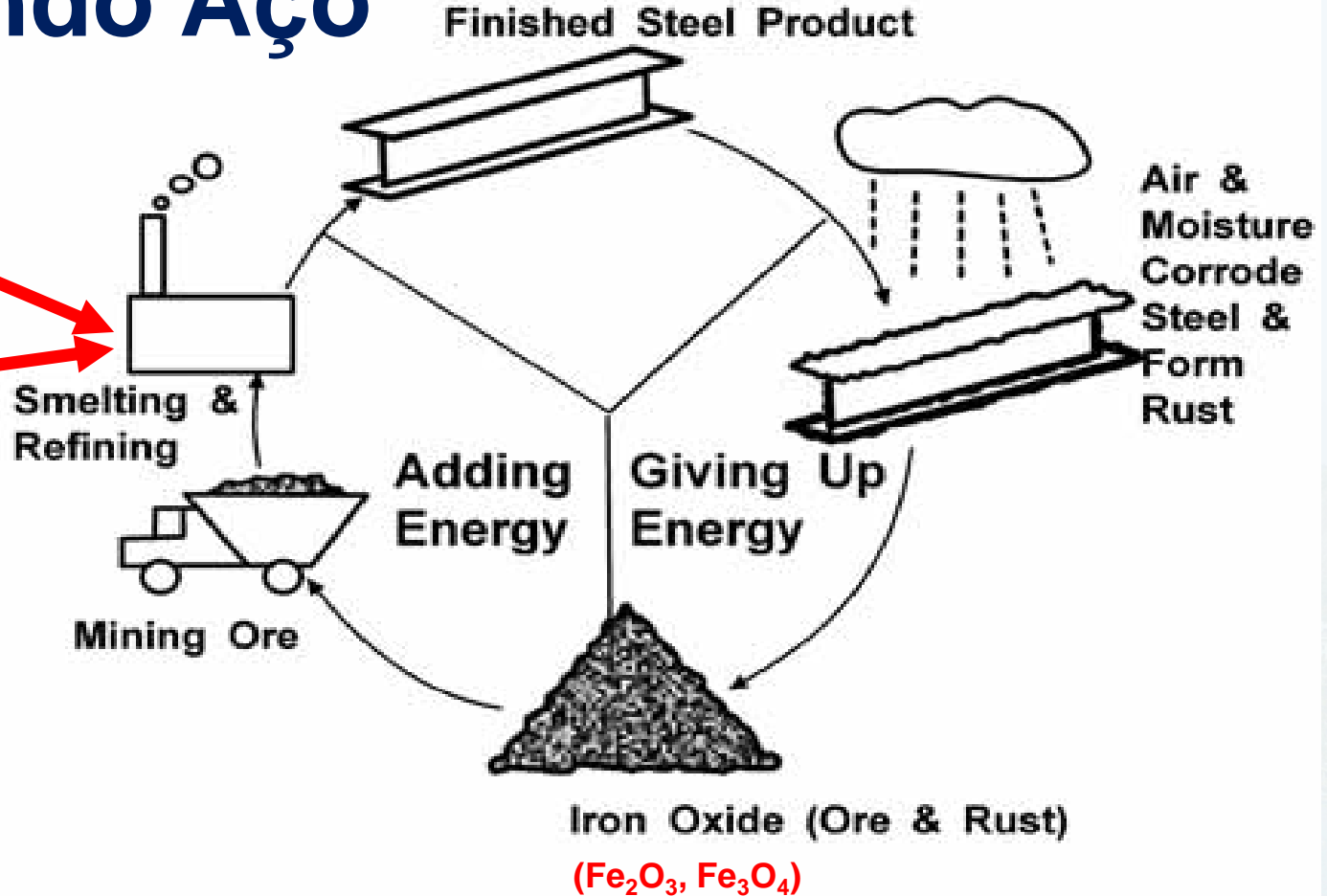
# Agenda

- **Revisão sobre Corrosão**
- **Como a Umidade Afeta:**
  - **Corrosão Sob Isolamento (CUI)**
  - **Performance em Isolamento Termico**
  - **Custo de Operações**
- **Exemplo de caso real mundial**

# Produzindo Aço

Adição de 2%  
carbono por  
peso

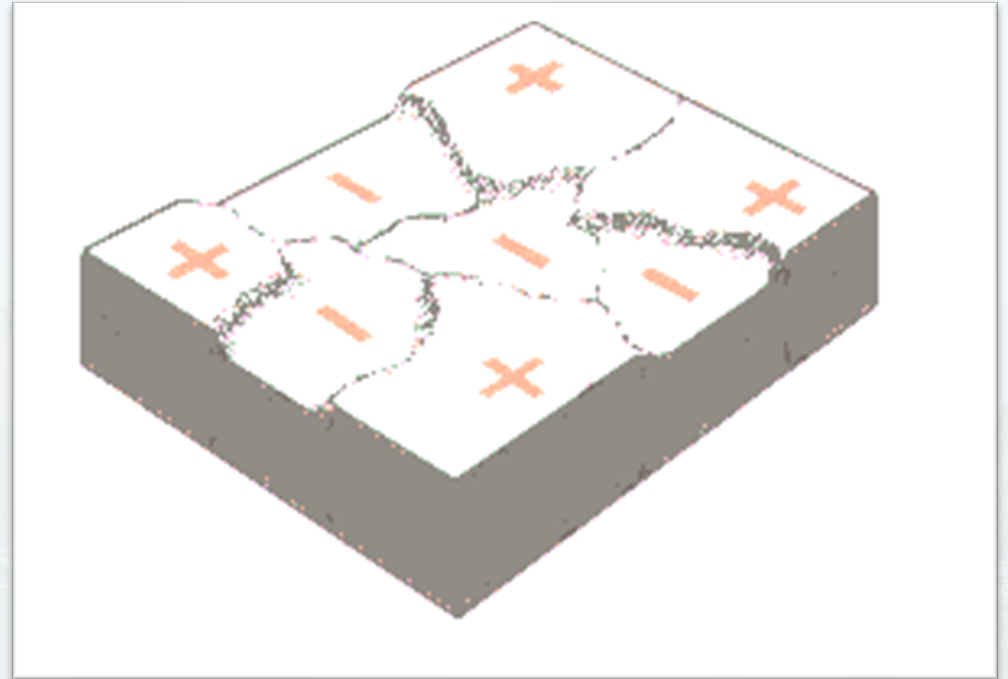
Ambiente  
com Baixo  
Oxigênio  
< 1/2%





# Corrosão – O Processo

Em um nível microscópico, a superfície exibe cargas diferenciais



# Corrosão – O Processo

## Célula Eletroquímica

- Anodo: ponto de corrosão (doador de elétron)
- Catodo: área menos ativa (receptor de elétron)
- Via metálica
- Eletrólito: um líquido que conduz corrente iônica



**3 dos 4 itens requeridos para Corrosão estão no metal no momento que ele é formado**

# Agenda

- Revisão sobre Corrosão
- **How Moisture Effects:**
  - **Corrosion Under Insulation (CUI)**
  - Insulation Performance
  - Cost of Operations
- Real world example

# Agenda

- Revisão sobre Corrosão
- **Como a Umidade Afeta:**
  - **Corrosão Sob Isolamento (CUI)**
  - Performance em Isolamento Térmico
  - Custo de Operações
- Exemplo de caso real mundial



# O que é CUI?

**Definição:** Uma forma de corrosão externa, localizada devido à penetração de umidade, que ocorre mais comumente em equipamentos isolados de aço carbono, baixa liga e inoxidável que operam a temperaturas entre  $-4^{\circ}\text{C}$  à  $176^{\circ}\text{C}$

# O que é CUI?

***Definição do David Hunter:*** Um micro-ambiente onde a corrosão acelerada pode ocorrer devido à:

1. Tempo de contato com eletrólito durante um período de tempo prolongado (**isolamento úmido – ambiente de imersão**)
2. **Concentração de sais** durante o tempo aumentando a condutividade do eletrólito (Ciclo úmido / seco)
3. Ciclo térmico (estresse do revestimento)
4. Falta / mínima inspeção devido ao encobrimento do substrato pela capa de isolamento (**durabilidade & manutenção**)

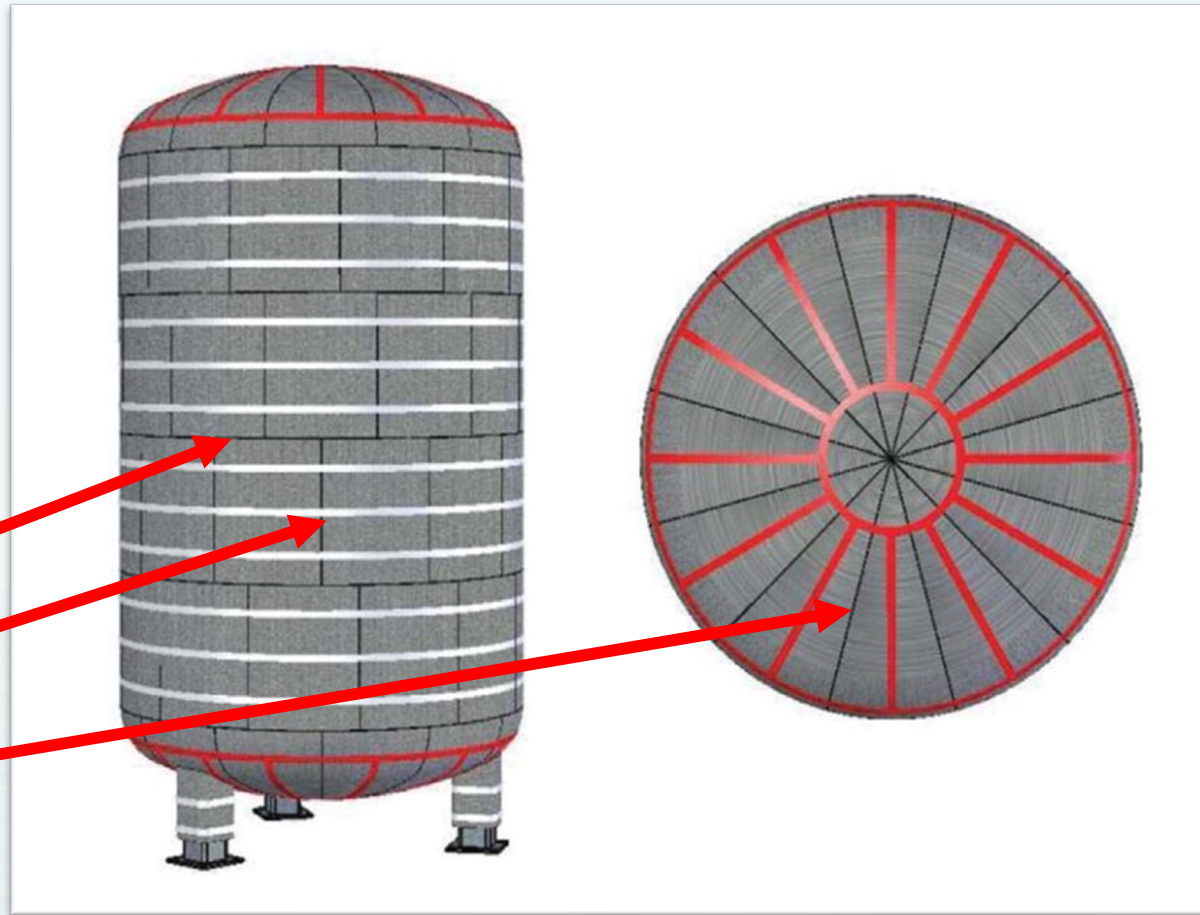
**E isto PODE SER BASTANTE Área de Superfície!**





Muitas juntas onde a água pode entrar

- **Horizontal**
- **Vertical**
- **Radial**





# Controlando a CUI

Existem **2 formas** de controlar CUI que são:

- 1. *Proteger a superfície*** – Uso de uma tinta protetiva abaixo do isolamento para agir como uma tinta de barreira que pode controlar o ambiente extremo
- 2. *Prevenir a Entrada de Água*** – Previne a migração de água através das juntas, ganchos etc., portanto sem eletrólito

# Agenda

- Revisão sobre Corrosão
- **Como a Umidade Afeta:**
  - Corrosão Sob Isolamento (CUI)
  - **Performance em Isolamento Termico**
  - Custo de Operações
- Exemplo de caso real mundial

# Performance de Isolamento

Resistência Térmica (R) é a medida da capacidade de um objeto em retardar a transferência de calor mediante condução através de uma determinada espessura da substância. Matematicamente, R é:

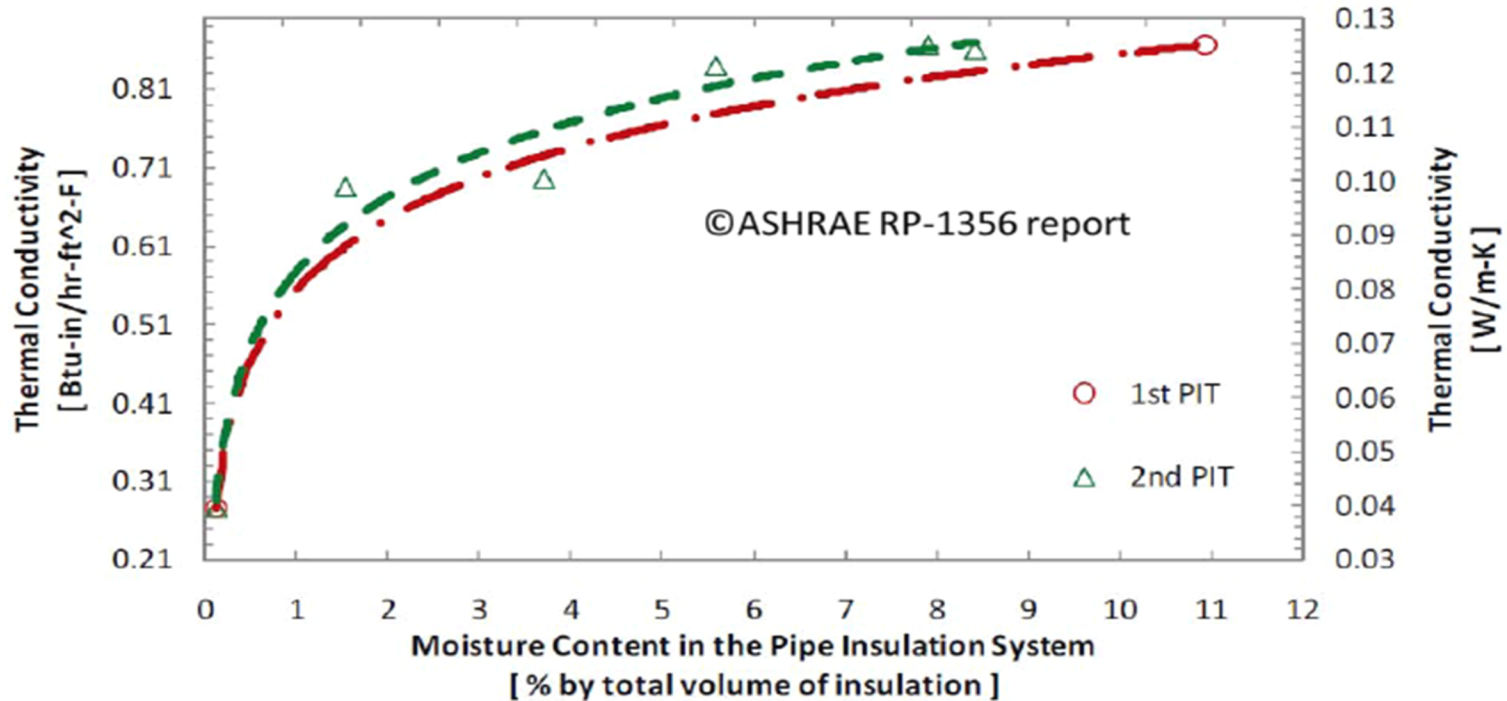
$$R = \frac{L}{k}$$

onde:

- L é a espessura do isolamento em polegadas,
- k é a condutividade térmica, (BTU)(in)/(ft<sup>2</sup>)(°F)(hr),  
**frequentemente considerada como uma constante para determinados materiais**

# A Constante do (k)

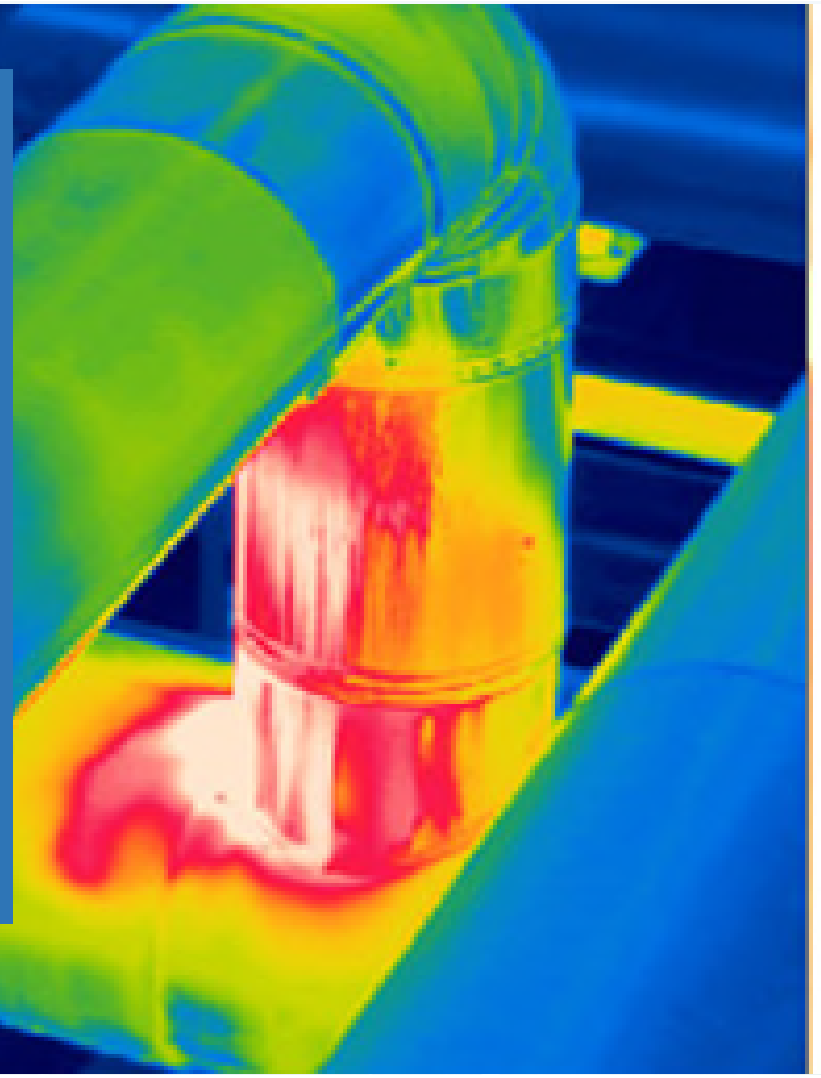
K vs. Moisture Content for fibrous glass pipe insulation





# Constância do k

- Infiltração da umidade no isolamento pode alterar a capacidade de isolar do sistema
- >3% absorção de umidade, a eficiência do isolamento pode ser **reduzida em 2,7 vezes!**



# Agenda

- Revisão sobre Corrosão
- **Como a Umidade Afeta:**
  - Corrosão Sob Isolamento (CUI)
  - Performance em Isolamento Termico
  - **Custo de Operações**
- Exemplo de caso real mundial

# Performance do Isolamento

Para calcular a perda de calor do tubo, a equação básica de perda de calor (Q), incluindo 10% perda para perdas radiantes e convectivas. é:

$$Q = \frac{2 \pi (k)(\Delta T)(1.1)}{(40.944)\ln(D_o/D_i)} \quad \text{W/ft-hr}$$

where:

- 1.1 (Assumed 10% convective & radiant losses)
- $2 \pi$  is part of the formula for calculating the area of a cylinder
- 40.944 is 12" of pipe multiplied by the 3.412 conversion factor
- $D_o$  is the outer insulation diameter, (inches)
- $D_i$  is the inner insulation diameter (inches)
- $\ln(D_o/D_i)$  is the mean circumference of insulation

Reference: <https://www.process-heating.com/articles/87988-calculating-heat-loss>

# Performance do Isolamento

- Exemplo: 1000 ft de tubo (305m), 12" (305mm) diâmetro com 3" (76.2mm) isolamento de fibra de vidro ( $k=0.26$  dry) operando a 121°C (250°F) com um ambiente de 21.1°C (70°F), custo de energia é 11.36¢ por KW-hr

## Para isolamento seco

$$Q_{\text{perda calor}} = \frac{2\pi (0.26) (250-70) (1.1)}{(40.944) \ln(18/12)} = \frac{323.29}{16.60} = 19.48 \text{ W / ft-hr (per 1 pé)}$$

@11.36¢ por KW-hr, custo de operação é \$433,50 por mês

## Para isolamento com 3% conteúdo de umidade, ( $k=0.71$ )

$$Q_{\text{perda calor}} = \frac{2\pi (0.71) (250-70) (1.1)}{(40.944) \ln(18/12)} = \frac{882.84}{16.60} = 53.13 \text{ W / ft-hr (por 1 pé)}$$

@11.36¢ por KW-hr, custo de operação é \$1.177,81 por mês



# Agenda

- Revisão sobre Corrosão
- How Moisture Effects:
  - Corrosion Under Insulation (CUI)
  - Insulation Performance
  - Cost of Operations
- **Real world example**

# Agenda

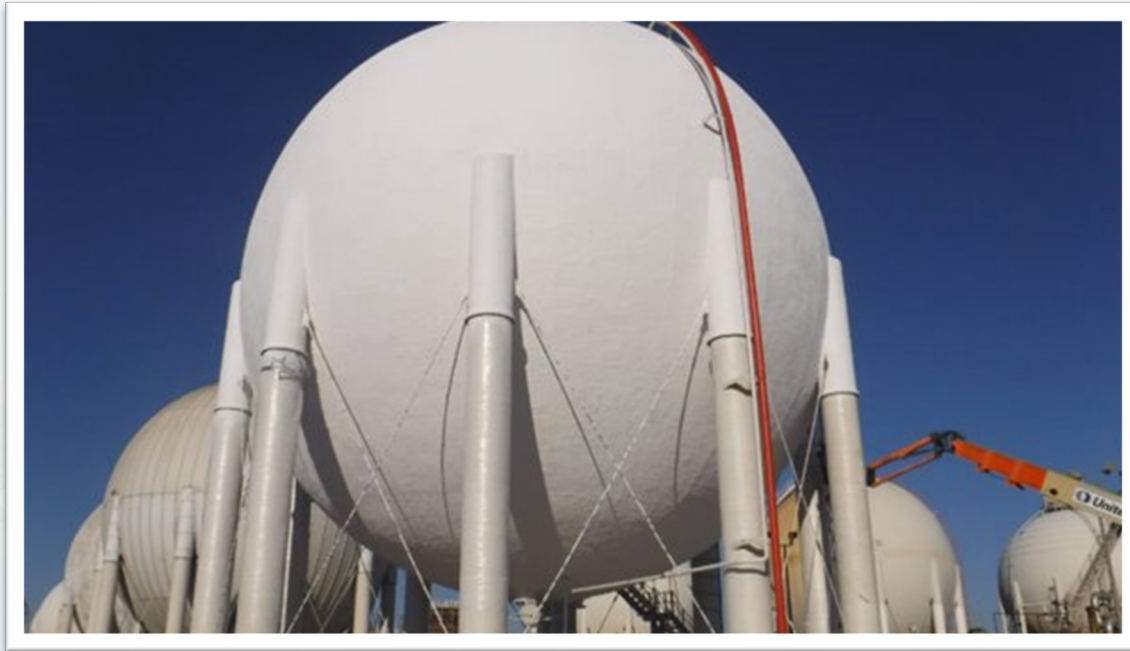
- Revisão sobre Corrosão
- Como a Umidade Afeta:
  - Corrosão Sob Isolamento (CUI)
  - Performance em Isolamento Termico
  - Custo de Operações
- **Exemplo de caso real mundial**

# Histórico de Caso – Esfera em Refinaria de LPG na Costa da Luisiana

Condições Operacionais:

- $-7^{\circ}$  à  $+7^{\circ}\text{C}$
- UR  $\approx$  75-95%
- Isolamento Anterior – Cyrogel™

***Necessidades:  
Redução de CUI &  
Performance Térmica***



# Histórico de Caso – Esfera em Refinaria de LPG na Costa da Luisiana

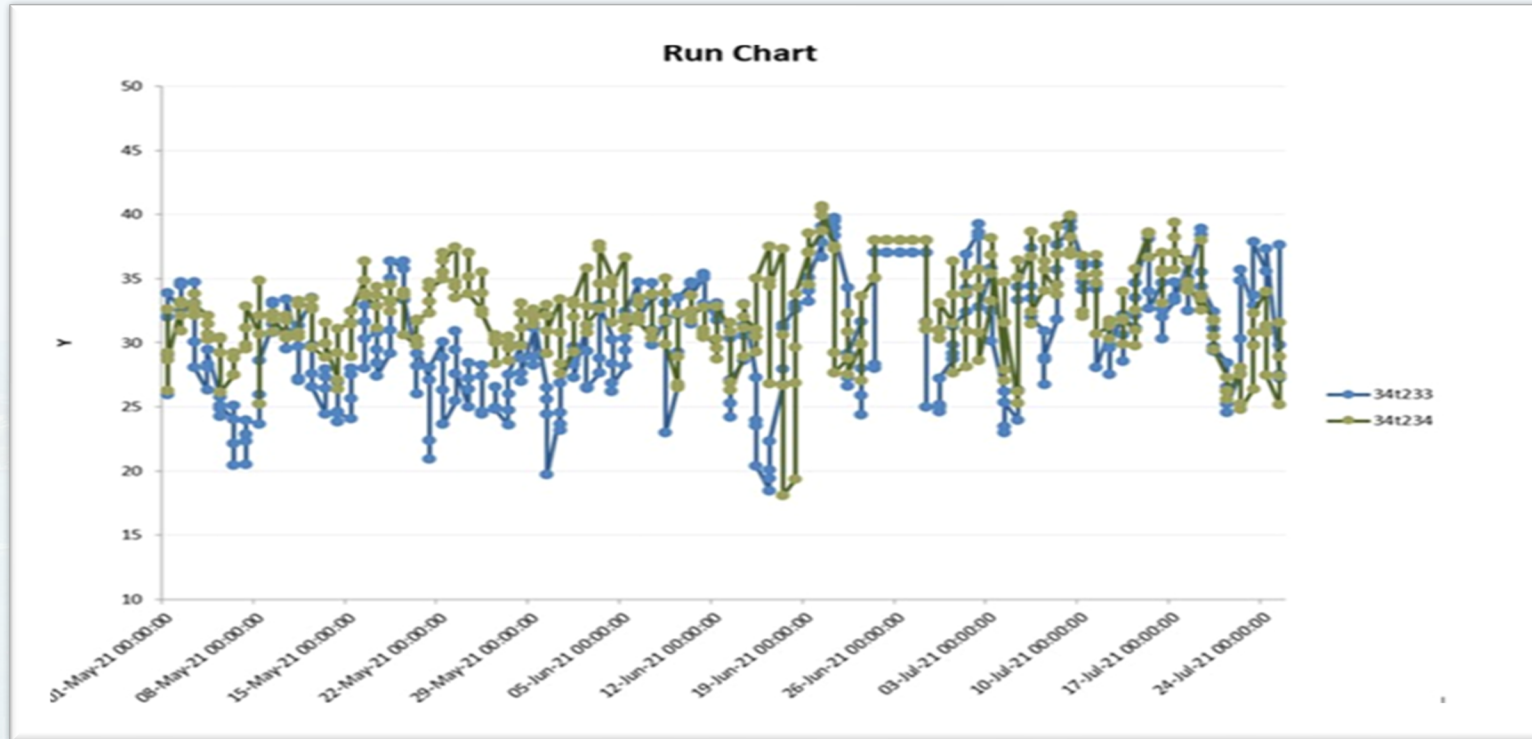
## Aplicação

- 32 mm aplicados – 7 demãos
- **IC:** 7 semanas no total (1 semana para jatear & primer) – sem andaime
- **RI:** 12 semanas – requer andaime
- Projeto em serviço desde Junho 2020



# Retenção de Energia

Dados reais fornecidos por um importante operador de O&G durante 3 meses de operação





# Retenção de Energia

- *Após 3 meses de operação, análise de tendências mostrou que o revestimento de isolamento manteve a superfície 1,11°C mais fria que com o isolamento convencional na mesma temperatura de serviço*

# Sumário

- ***O ingresso de umidade / água afeta a quantidade de CUI, a performance dos sistemas de isolamento e custos de operações das unidades***
- ***Através de manutenção gerenciada e orientada dos sistemas de isolamento, a CUI e os custos de operações podem ser reduzidos***





# ANY QUESTIONS ?



Contato:

David Hunter

Gerente de Desenvolvimento do Segmento - CUI / Alta Temperatura & Isolamento

Celular: 1-832-863-6039

Email: [hunt@hempel.com](mailto:hunt@hempel.com)

# Quer saber mais??



Palestra Técnico Comercial  
**SALA BARRA**  
10h40 - 11h

## **Avanços em tintas para isolamento térmico**

Uma definição de sustentabilidade é a “prevenção do esgotamento dos recursos naturais a fim de manter um equilíbrio ecológico”. Reduzir consumo de energia e, portanto, por definição, os recursos naturais para produzir a energia não é apenas uma boa prática ambiental como também boa prática comercial.

Vários processos requerem isolamento térmico para manter temperaturas em uma vasta gama de indústrias, inclusive de energia, refino e processamento químico, desinfecção e produção de alimentos, por exemplo.

A performance de isolamento convencional é muito afetada pela penetração de umidade. O isolamento e sua performance não fazem parte de muito programas de graduação em engenharia, seja civil, mecânica, de petróleo e mesmo engenheiros