

Estimativas da temperatura de metal “Tm” de paredes refratadas de equipamentos de UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido

1. Introdução

As estimativas de temperatura de parede de metal de equipamentos e dutos refratados são apresentadas, para serem utilizadas na avaliação prévia da flexibilidade e suportação de dutos e “stand-pipes” de UFCCs.

Para o revestimento refratário dos equipamentos e dutos são empregadas a seleção e a especifica o, de acordo com as Classes de Concreto Refratário da Norma Petrobras N-1728.

1.1. Seleção entre os refratários normalizados na Norma Petrobras N-1728 e os produtos disponíveis no mercado

Para identificar os produtos refratários disponíveis no mercado, que atendem à Norma N-1728 é apresentada a tabela a seguir, com base no fabricante norte americano Resco Products, tradicional fornecedor de refratários para a indústria de óleo&g s, particularmente para o refratamento dos equipamentos, dutos e válvulas especiais de unidades UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido.

Outros produtos refratários que atendam também   Norma N-1728 podem se empregados.

Concreto refratário antierosivo N-1728 Classe C aplicado manualmente e em seguida compactado pneumaticamente	<ul style="list-style-type: none">• Rescobond AA-22S• Actchem 85.• Thermbond Formula 12 L
Concreto refratário isolante N-1728 Classe A aplicado por projeção	<ul style="list-style-type: none">• Rescocast 3
Concreto refratário semi isolante N-1728 aplicado por projeção	<ul style="list-style-type: none">• Rescocast 7• Rescocast 8
Concreto refratário antierosivo N-1728 Classe C materiais tipo baixo cimento aplicados por vibração externa ou materiais tipo fluência livre	<ul style="list-style-type: none">• Rescocast 17EC• Resco Sureflow 17E

Referência: Norma Petrobras N-1728 Concretos Refratários

A comparação entre os refratários normalizados na Norma Petrobras e os produtos do fabricante Resco Products é apresentada no Anexo 1.

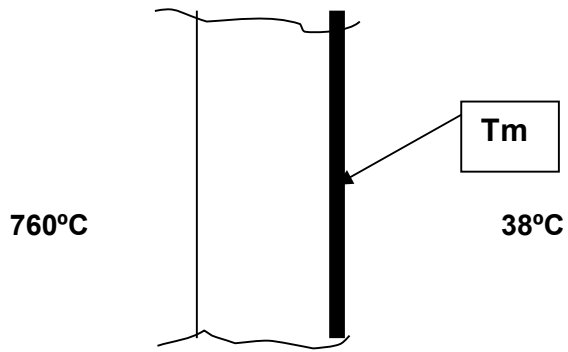
1.2. Metodologia para a estimativa da temperatura de metal

As estimativas de temperatura de parede de metal de equipamentos e dutos refratados apresentadas foram obtidas dos cálculos de transferência térmica, sumarizados nas expressões matemáticas no Anexo 2, deste trabalho.

2. Estimativas de temperatura de parede de metal de equipamentos e dutos refratados

São admitidas as temperaturas interna de projeto dos gases circulantes e a temperatura externa ambiente (ar no verão), que resultam na maior temperatura de metal Tm.

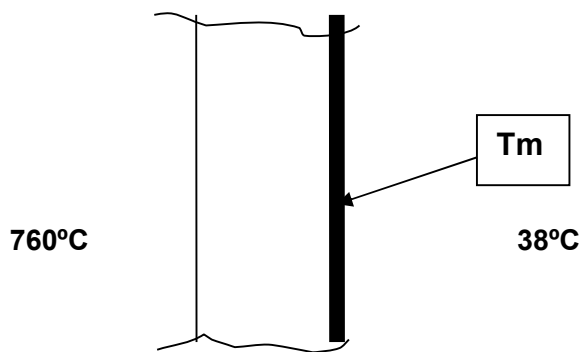
2.1- Regenerador



127 mm de refratário Semi Isolante

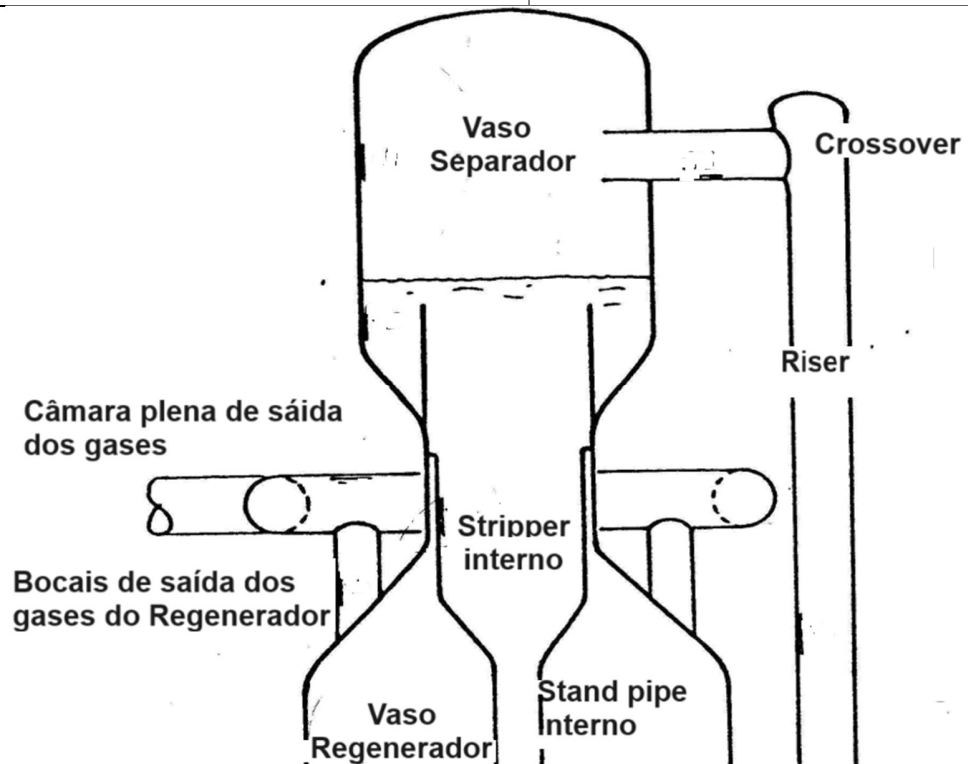
Tm= 130°C a 150°C

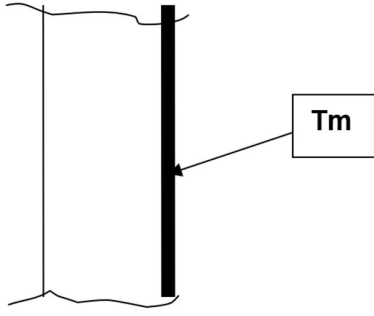
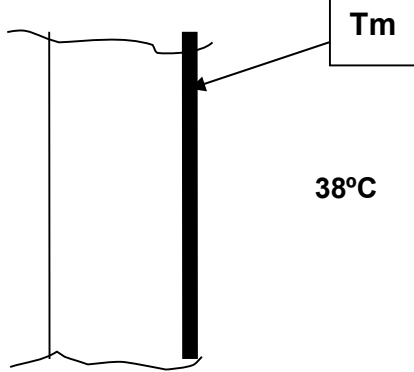
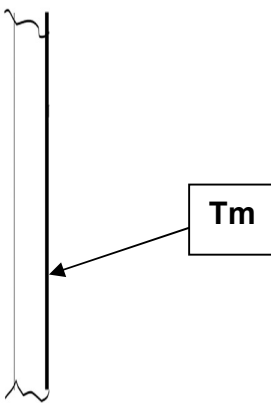
2.2- "Riser" trecho antes da injeção de carga

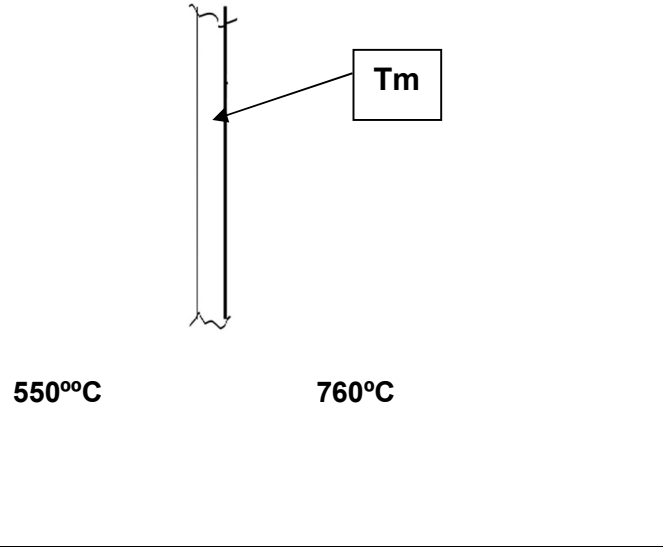
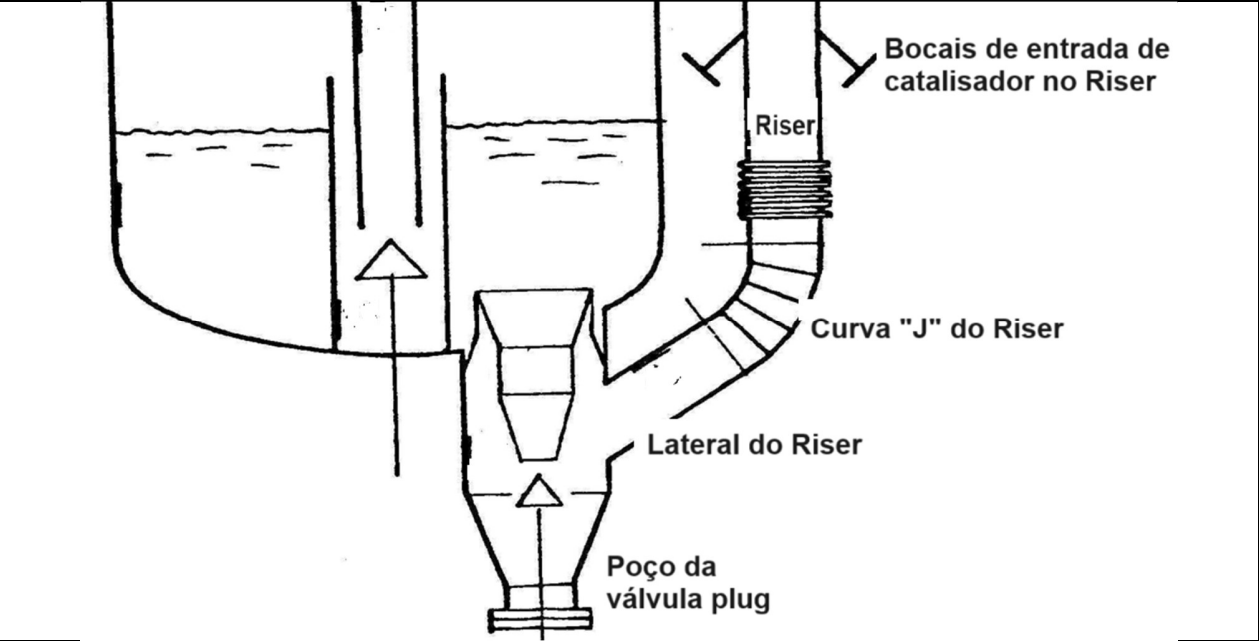
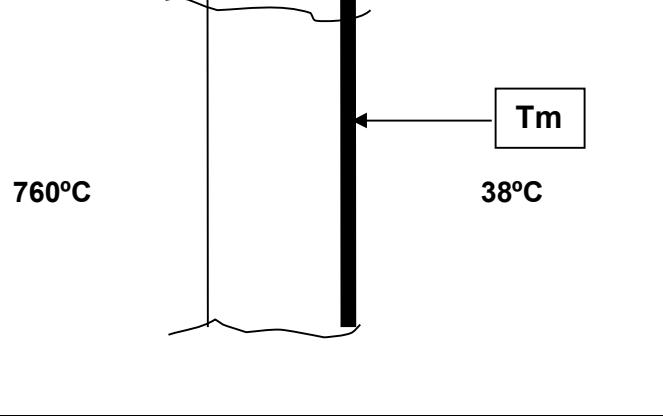


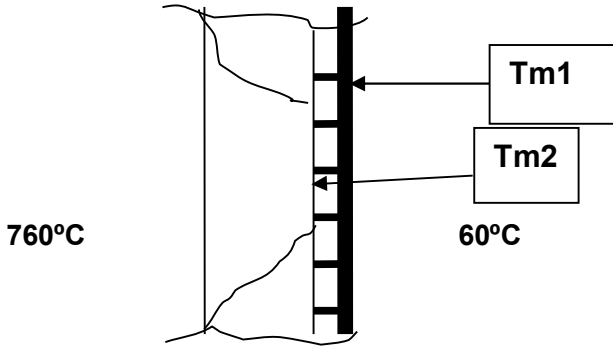
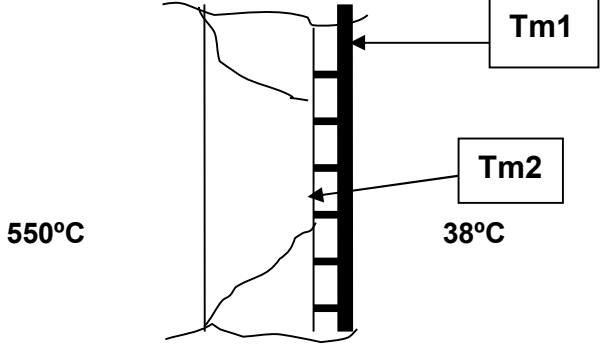
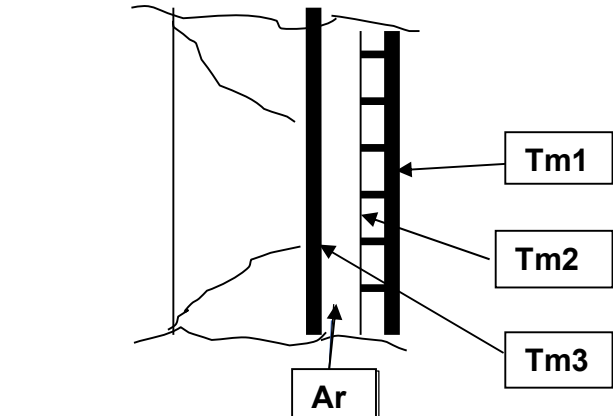
127 mm de refratário Antierosivo Classe C

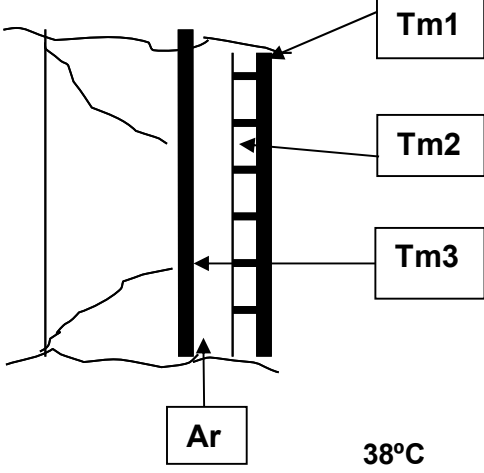
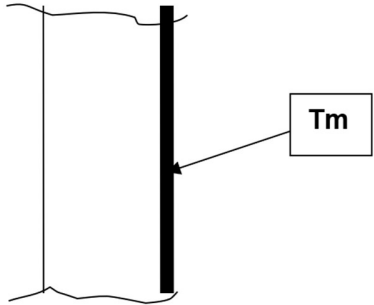
Tm= 200°C a 220°C



<p>2.3. Vaso Separador</p>  <p>500°C 38°C</p>	<p>100 mm de refratário Semi Isolante</p> <p>Tm= 130°C a 150°C</p>
<p>2.3- "Riser" trecho após a injeção de carga</p>  <p>550°C 38°C</p>	<p>127 mm de refratário Antierosivo Classe C</p> <p>Tm= 150°C a 165°C</p>
<p>2.4- "Stripper" interno</p>  <p>550°C 760°C</p>	<p>50 mm de refratário Antierosivo Classe A, internamente, na área sujeita ao fluxo de catalisador, e externamente 100 mm de refratário Antierosivo Classe C</p> <p>Tm= 600°C a 650°C</p>

<p>2.5- "Stand pipe" interno</p>  <p>550°C 760°C</p>	<p>50 mm de refratário Antierosivo Classe A, internamente, na área de fluxo de catalisador, e externamente 100 mm de refratário Antierosivo Classe C</p> <p>Tm= 600°C a 650°C</p>
	
<p>2.4- "Riser" Curva "J"</p>  <p>760°C 38°C</p>	<p>127 mm de refratário Antierosivo Classe C</p> <p>Tm= 200°C a 220°C</p>

<p>2.5- “Riser” Lateral</p>  <p>760°C</p> <p>60°C</p> <p>Tm1</p> <p>Tm2</p>	<p>100 mm de refratário Antierosivo Classe C</p> <p>25 mm de refratário Antierosivo Classe A</p> <p>Tm1= 220°C a 240°C</p> <p>Tm2= 490°C a 500°C</p> <p>Na região inferior do Riser, que inclui a “lateral” e “curva J”, onde a temperatura dos gases internos é de 760°C, se cair parte da camada de 100 mm, a espessura residual de 25 mm impede a erosão do metal e a temperatura de metal Tm fica da ordem de 500°C. Neste caso o material estará sujeito a esferoidização e grafitação ao longo do tempo. Entretanto, uma refrigeração, externamente, com vapor d’água saturado, vai reduzir a temperatura de metal para valores abaixo de 340°C, especificado no projeto.</p>
<p>2.6-“Crossover”</p>  <p>550°C</p> <p>38°C</p> <p>Tm1</p> <p>Tm2</p>	<p>100 mm de refratário Antierosivo Classe C</p> <p>25 mm de refratário Antierosivo Classe A</p> <p>Tm1= 150°C a 165°C</p> <p>Tm2= 340°C a 350°C</p> <p>Para a região superior do Riser, chamada de “Crossover”, onde a temperatura dos gases internos é de 550°C, com a queda da camada de 100 mm, a camada residual de 25 mm impede a erosão do metal e a temperatura do metal Tm fica da ordem de 340°C, que é a temperatura prevista no projeto.</p>
<p>2.8- Curva “J”, solução “Capote”</p>  <p>760°C</p> <p>38°C</p> <p>Ar</p> <p>Tm1</p> <p>Tm2</p> <p>Tm3</p>	<p>127 mm de refratário Antierosivo Classe C</p> <p>“Capote com ar”: 25 mm de ar estagnado / 25 mm de refratário Antierosivo Classe A</p> <p>Tm1= 75°C a 100°C</p> <p>Tm2 = 85°C a 120°C</p> <p>Tm3= 635°C a 650°C</p>

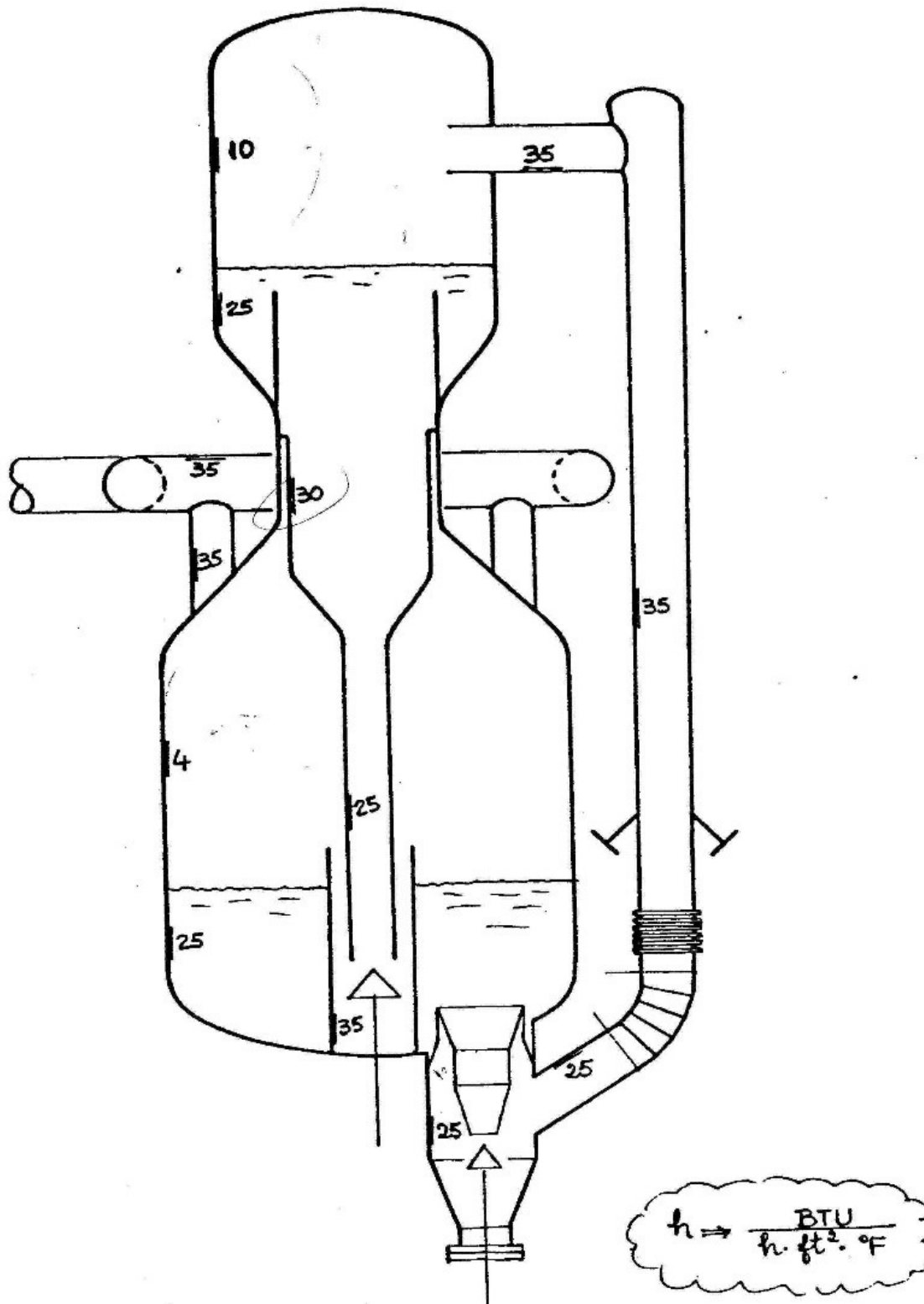
<p>2.9- "Crossover", solução "Capote"</p> 	<p>127 mm de refratário Antierosivo Classe C</p> <p>"Capote com ar": 25 mm de ar estagnado / 25 mm de refratário Antierosivo Classe A</p> <p>Tm1= 60°C a 75°C Tm2= 80°C a 95°C Tm3= 425°C a 450°C</p>
<p>Câmara de Orifícios</p> 	<p>No trecho das válvulas <i>slide valves</i>:</p> <p>127 mm de refratário Antierosivo Classe C Tm= 200°C a 220°C</p> <p>No trecho atrás da camisa suporte do pratos perfurados}</p> <p>100 mm de refratário Semi Isolante Tm= 150°C a 170°C</p>

3. Valores dos coeficientes de transferência de calor considerados nos cálculos das estimativas

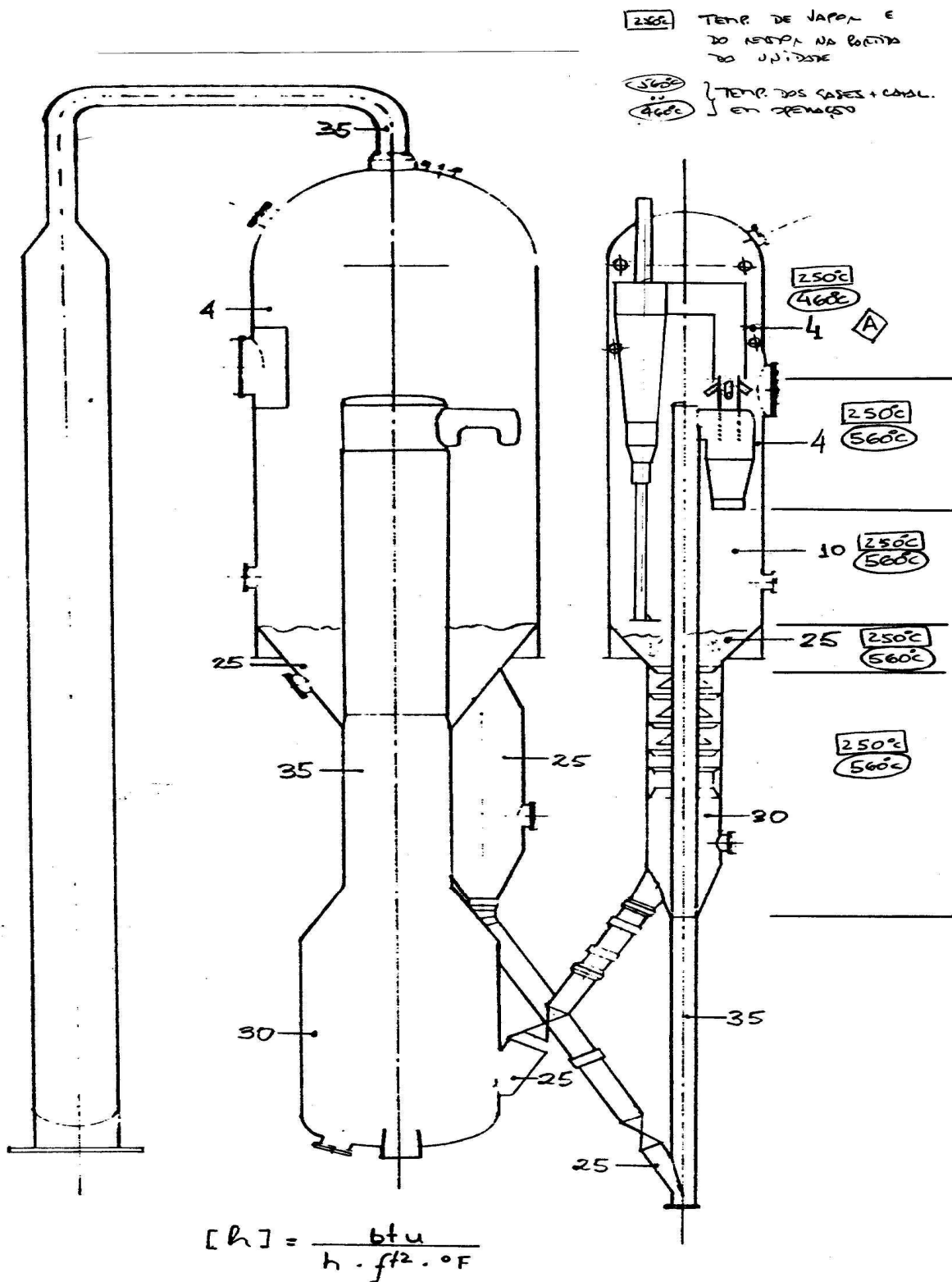
3.1. Condutividade térmica de revestimento refratário instalado, valores práticos (BTU.in / h.ft².°F)

Resco Products ou equivalentes	Sem agulhas	Com agulhas
RS-3	2,6	3,0
RS-7	3,6	4,5
RS-8	3,9	5,0
RS-17EC ou Sureflow 17E	8,4	10,0
RS-AA-22S Actchem 85 Thermbond Formula 12 L	15 As agulhas não são aplicadas com estes refratários.	

3.2. Coeficientes de transferência do filme interno
3.2.1. Conversor FCC tipo "stacked"



3.2.2. Conversor FCC tipo "side by side"



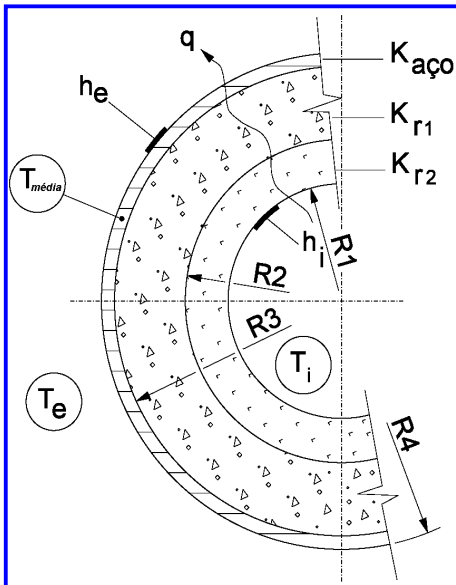
ANEXOS

Anexo 1 – Comparação entre refratários normalizados na Norma Petrobras N-1728 e os produtos do fabricante Resco Products

Refratários normalizados na Norma N-1728	Resistência mín. à compressão MPa	Condutividade Térmica, queimado a 815 °C, na Temperatura média de 600°C W/m.K (kcal/m.h.°C)	Perda máxima por erosão Queimado a 815°C	Materiais comerciais similares às Classes da N-1728	
Antierosivo Classe C	35 30 quando queimados a 815°C	1,24	12,0 cm ³ Para materiais tipo baixo cimento aplicados com vibração externa e materiais tipo fluência livre	AA-22S 1750 kg/cm ² (172 MPa) 2,03 W/mK Max 3,4 cc Actchem 85 5802 psi (40 MPa) < 3cc Thermbond 12L 18000 psi (124 MPa) > 3 cc 15 Btu-in/hr-ft ² -F	
Antierosivo classe A	59 75 quando queimados a 815°C		3,5 cm ³		
Isolante Classe A	5,4	0,45			RS-3 53 kgf/cm ² (5,2 MPa) 0,33 W/mK
Isolante Classe B	2,4	0,33			
Semi Isolante	4,4	0,50			RS-7 175 kg/cm ² (17 MPa) 0,46 W/mK RS-8 9,26 MPa 0,57 W/mK
Antierosivo Classe C	35	1,24	12,0 cm ³ Para materiais tipo baixo cimento aplicados por vibração externa e materiais tipo fluência livre		RS-17EC 665 kg/cm ² (65 MPa) 1,24 W/mK 10 cc (max) Sureflow 17E 560 kg/cm ² (55 MPa) 1,43 W/mK 10 cc (max)

Anexo 2 - Cálculo da temperatura de metal Tm em superfícies cilíndricas

Paredes cilíndricas



T_{média} = Temperatura de parede metálica

$$T_{média} = \frac{G_1 \times T_{int} + G_2 \times T_{ext}}{G_1 + G_2} = \frac{G_1 \times T_{int} + h_e \times T_{ext}}{G_1 + h_e}$$

$$G_1 = \frac{1}{\frac{1}{h_i \cdot R_1} + \frac{1}{k_{r2}} \cdot \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) + \frac{1}{k_{r1}} \cdot \ln\left(\frac{R_3}{R_2}\right) + \frac{1}{k_{aço}} \cdot \ln\left(\frac{R_4}{R_3}\right)}$$

$$G_2 = \frac{1}{h_e \cdot R_4} = h_e \cdot R_4$$