

Este exemplar corresponde à Medalha Final
da Tese defendida por José Celso Lucardelli
Furichi e aprovada pela Comissão Julgadora
em 16.10.87:

Leonardo Gluckstein Jr.

COEFICIENTES LOCAIS DE TRANSFERÊNCIA
DE CALOR EM LEITO FLUIDIZADO RÁPIDO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE CAMPINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

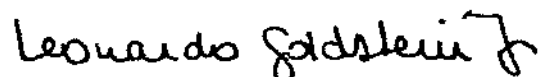
TESE DE: MESTRADO

TÍTULO DA TESE: COEFICIENTES LOCAIS DE TRANSFERÊNCIA
DE CALOR EM LEITO FLUIDIZADO RÁPIDO

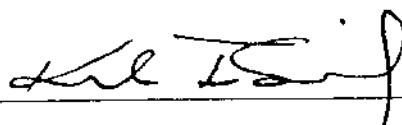
AUTOR: JOSÉ CELSO LUNARDELLI FURCHI

ORIENTADOR: LEONARDO GOLDSTEIN JR.

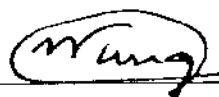
APROVADO POR:



PROF. DR. LEONARDO GOLDSTEIN JR. , Presidente



PROF. DR. KAMAL ABDEL R. ISMAIL



PROF. DR. SATOSHI TOBINAGA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE CAMPINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

COEFICIENTES LOCAIS DE TRANSFERÊNCIA
DE CALOR EM LEITO FLUIDIZADO RÁPIDO

AUTOR: JOSÉ CELSO LUNARDELLI FURCHI
ORIENTADOR: LEONARDO GOLDSTEIN JR.

TESE APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DE CAMPINAS - UNICAMP - COMO PARTE DOS REQUISITOS EXIGIDOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE " MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA ".

CAMPINAS - S.P. - BRASIL
-1987-

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Aos meus pais pelo carinho e incentivo.

A G R A D E C I M E N T O S

Ao Professor Leonardo Goldstein Jr. pela orientação e auxílio no desenvolvimento do presente trabalho.

Ao Professor Geraldo Lombardi, responsável pelo Laboratório de Metrologia do IPAI - USP, São Carlos, onde o dispositivo experimental da presente tese foi construído e ensaiado e ao pessoal do laboratório na pessoa do Sr. Luiz Waldemar Recchia.

A Masoud Mohseni pelo auxílio na montagem e na condução dos testes experimentais.

A Sonia Auxiliadora Galanti pelo excelente trabalho de datilografia.

Ao Wilton Furquim pela elaboração das figuras que compõem o trabalho.

À FAPESP pela ajuda na forma de bolsa concedida - Processo nº 85/1589-6.

À Pérsico Piziamiglio, Weisphaut e Ascoval pelas facilidades no fornecimento dos equipamentos utilizados na montagem experimental.

Aos Institutos de Física e Química da USP São Carlos pelo auxílio prestado na análise cromatográfica e na aferição de termopares.

Aos Professores do DEM/UNICAMP pela amizade.

Aos colegas da pós-graduação, companheiros dedicados na luta do dia-a-dia.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que a realização deste trabalho se tornasse possível.

R E S U M O

O objetivo principal deste trabalho foi estudar a transferência de calor entre uma mistura gás-sólido e a parede interna de um tubo, disposto verticalmente, no qual a mistura escoava sob a condição de fluidização em leito rápido.

O tubo de teste é de aço inoxidável 316 com 6 m de comprimento e 0,072 m de diâmetro interno. A faixa de velocidades superficiais da fase gasosa coberta foi de 5,8 a 12,8 m/s e a descarga de sólidos por unidade de área da seção de escoamento foi de 0 até 80 kg/m²s. As partículas sólidas utilizadas foram microesferas de vidro com três diâmetros médios diferentes: 109 μ m, 196 μ m e 269 μ m. Tomadas de pressão e temperatura foram instaladas ao longo da seção de teste para a obtenção de dados experimentais.

Os resultados obtidos mostraram que o coeficiente de transferência de calor da mistura gás-sólido com a parede interna do tubo de teste é maior para partículas menores e aumenta com a densidade média do leito. A variação com a altura ao longo do tubo de teste também foi analisada e encontrou-se que, na situação de fluidização em leito rápido, os coeficientes são maiores na parte inferior do tubo de teste, onde as concentrações de sólidos são maiores.

Os valores obtidos para os coeficientes de transferência de calor da mistura gás-sólido com a parede indicam que os mesmos para a fluidização em leito rápido são intermediários em relação aos do leito borbulhante (maiores) e do transporte pneumático (menores).

A B S T R A C T

The main goal of this work was to study the heat transfer between a gas-solids mixture and the internal wall of a vertical pipe in which the mixture flows under the condition of Fast Fluidization.

The stainless steel pipe is 6 m tall and has 0,072 m of internal diameter. The superficial gas velocity was in the range of 5,8 m/s to 12,8 m/s and the solids flow rate varied between 0 to 80 kg/m²s. The solid particles were glass spheres with three average diameters: 109 μm , 196 μm and 269 μm . Pressure and temperature taps were installed along the pipe and provided the experimental data.

The results show that the heat transfer coefficient between the mixture and the internal wall of the pipe varies directly with the bed bulk density and inversely with the particle size. The variation with the bed height was also obtained and it was found that in the Fast Fluidization condition the heat transfer coefficient generally falls off with increasing height and that this decrease is associated with a decrease in solids concentration.

The values for the heat transfer coefficients in the Fast Fluidization condition are intermediate between the obtained in bubbling bed and pneumatic transport conditions.

Í N D I C E

	<u>Pág.</u>
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1. Regimes de Fluidização e Transporte Pneu mático - Aspectos Fluidodinâmicos	2
2. Transferência de Calor na Fluidização em Leito Rápido - Estado da Arte	12
CAPÍTULO 2 - DESCRIÇÃO DO DISPOSITIVO E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	18
1. Dispositivo Experimental	18
2. Procedimento Experimental	63
CAPÍTULO 3 - REDUÇÃO DOS DADOS	65
1. Determinação do Coeficiente de Transferên cia de Calor da Mistura Gás-Sólido com a Superfície Interna da Parede do Tubo de Teste	65
2. Determinação da Vazão de Ar Através do Medidor Venturi	69
3. Análise dos Produtos da Combustão do G.L.P.	73
4. Análise Granulométrica	77
CAPÍTULO 4 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ..	82
1. Fluidodinâmica	85
2. Transferência de Calor	92

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	191
ANEXO 1 - FOTOGRAFIAS DE ALGUMAS EXPERIÊNCIAS	200
ANEXO 2 - TABELAS COM OS RESULTADOS EXPERIMENTAIS	204
ANEXO 3 - AVALIAÇÃO DO ERRO EXPERIMENTAL NO CÁLCULO DO VALOR DO COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HI	269
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	275

NOMENCLATURA

A	Área de troca térmica	[m ²]
A ₀	Área do orifício na placa de orifício	[m ²]
A ₁	Área da secção transversal do tubo anterior a placa de orifício	[m ²]
A ₂	Área da secção transversal na garganta do medidor venturi	[m ²]
A _i	Área da superfície interna do tubo interno do trocador de calor (tubo de teste)	[m ²]
A _e	Área da superfície externa do tubo interno do trocador de calor	[m ²]
Bi	Número de Biot para a partícula sólida: $Bi = \frac{h_{gp} \cdot \bar{d}_p}{K_p}$	-
c	Calor específico da água	$\frac{J}{kg \cdot K}$
C _D	Coeficiente de descarga para a placa de orifício	-
C _V	Coeficiente de descarga para o medidor venturi	-
d	Diâmetro da garganta do medidor venturi	m
$\bar{d}_p$	Diâmetro médio das partículas sólidas	m
D	Diâmetro do tubo anterior ao medidor venturi	m
D'	Diâmetro externo do isolamento da camisa d'água	m
D ₁	Diâmetro externo do tubo interno do trocador de calor	m
D ₂	Diâmetro interno do tubo externo do trocador de calor	m

D_t	Diâmetro interno do tubo interno do trocador de calor que contém a mistura gás-sólido	m
DMLT	Diferença média logarítmica de temperaturas	$^{\circ}\text{C}$
F.e.m.	Força eletromotriz	V
g	Aceleração da gravidade	m/s^2
G_a	Velocidade mássica da água no espaço anular	$\frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$
G_g	Descarga da fase gasosa por unidade de área	$\frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$
G_s	Descarga de sólidos por unidade de área	$\frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$
$\bar{h}$	Coefficiente de transferência de calor convectivo entre a parede externa do isolante e o ar ambiente	$\text{W/m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$
h_{gc}	Coefficiente de transferência de calor convectivo entre a fase gasosa e a parede interna do tubo que contém a mistura gás-sólido	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}$
h_{gp}	Coefficiente de transferência de calor gás-partícula sólida	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}$
h_{pc}	Coefficiente de transferência de calor convectivo entre as partículas sólidas e a parede interna do tubo que contém a mistura	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}$
h_{rad}	Coefficiente de transferência de calor por radiação entre a mistura gás-sólido e a parede interna do tubo que contém a mistura	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}$
HO	Coefficiente de transferência de calor entre a água no espaço anular e a parede externa do tubo de teste	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}$
HI	Coefficiente de transferência de calor entre a mistura gás-sólido e a parede interna do tubo de teste	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}$
K_a	Condutividade térmica do aço inoxidável utilizado no tubo de teste	$\frac{\text{W}}{\text{m} \text{ } ^{\circ}\text{C}}$

K'	Condutividade térmica do ar	$W/m^{\circ}C$
K	Condutividade térmica da água	$\frac{W}{m^{\circ}C}$
K_p	Condutividade térmica do material da partícula sólida	$\frac{W}{m^{\circ}C}$
L	Comprimento considerado no tubo de teste	m
$\dot{m}$	Descarga de água pelo trocador de calor	kg/s
$\dot{m}_{ar}$	Descarga de ar pelo venturi	kg/s
$\dot{m}_{G.L.P.}$	Descarga de gás liquefeito de petróleo pela placa de orifício	kg/s
$\dot{m}_s$	Descarga de sólidos através do sistema	kg/s
P	Pressão	N/m^2
P_e	Peso de água coletado	kg
$\dot{Q}$	Taxa de transferência de calor	W
$\dot{Q}_{perdido}$	Taxa de transferência de calor perdido para o meio ambiente	W
Q_{ar}	Vazão de ar através do sistema	m^3/s
Q_{GLP}	Vazão de gás liquefeito de petróleo pela placa de orifício	m^3/s
r	Posição radial no tubo de teste	m
r_i	Raio interno do tubo de teste	m
r_e	Raio externo do tubo de teste	m
R'	Desnível obtido para o fluido manométrico no medidor venturi	m

R_{ar}	Constante de gás perfeito para o ar	$\frac{N.m}{kg \cdot K}$
R_{GLP}	Constante de gás perfeito para o G.L.P.	$\frac{N.m}{kg \cdot K}$
Re_a	Número de Reynolds para o escoamento da água no espaço anular baseado na definição do diâmetro equivalente dado em [29]	-
Re_D	Número de Reynolds para o escoamento de ar através do medidor venturi	-
Re_{GLP}	Número de Reynolds para o escoamento de GLP através da placa de orifício	-
t	Tempo de coleta	s
T	Temperatura	$^{\circ}C$
T_{m1}	Temperatura da mistura gás-sólido na entrada da secção de transferência de calor	$^{\circ}C$
T_{m2}	Temperatura da mistura gás-sólido na saída da secção de transferência de calor	$^{\circ}C$
T_{pw}	Temperatura da parede externa do isolamento	$^{\circ}C$
T_e	Temperatura média de entrada da água na secção de transferência de calor	$^{\circ}C$
T_s	Temperatura média da saída da água na secção de transferência de calor	$^{\circ}C$
$T.P.i.$	Termopares utilizados na medida das temperaturas da mistura gás-sólido de acordo com a Figura 5	-
$T.P.i.A$	Termopares utilizados na medida das temperaturas da água de resfriamento de acordo com a Figura 5	-
$\bar{T}$	Temperatura média da água na camisa d'água	$^{\circ}C$
T_a	Temperatura ambiental	$^{\circ}C$

u'	Velocidade do ar no meio ambiente	m/s
u_g	Velocidade superficial da fase gasosa	m/s
u_{mf}	Velocidade superficial da fase gasosa na condição de mínima fluidização	m/s
u_{mb}	Velocidade superficial da fase gasosa na condição de fluidização borbulhante	m/s
u_{ms}	Velocidade superficial da fase gasosa no regime de fluidização "slugging"	m/s
u_k	Velocidade superficial da fase gasosa na qual a transição para o regime turbulento ocorre	m/s
u_{tr}	Velocidade superficial da fase gasosa para o transporte de partículas	m/s
u_{pt}	Velocidade de transição entre os regimes de fluidização em leito rápido e transporte pneumático, definida em [12]	m/s
u_s	Velocidade da partícula sólida definida em 1.1	m/s
V_m	Velocidade média da água no espaço anular	m/s
V_1	Velocidade do ar na entrada do medidor venturi	m/s
W	Ponto de inflexão definido no trabalho da ref. [12]	-
z	Orientação vertical	-

Símbolos Gregos

ϵ	Porosidade do leito definida pela razão: $\frac{\text{Volume Ocupado pela Fase Gasosa}}{\text{Volume Total do Leito}}$	-
ρ	Densidade da água no espaço anular	kg/m ³

$\bar{\rho}$	Densidade média do leito	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
ρ'	Densidade do ar no meio ambiente	kg/m^3
ρ_{ar}	Densidade do ar no medidor venturi	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
ρ_s	Densidade aparente da partícula sólida	kg/m^3
Δp	Diferença de pressão	N/m^2
μ'	Viscosidade do ar no meio ambiente	kg/ms
μ_1	Viscosidade dinâmica do ar na entrada do venturi	kg/ms
μ	Viscosidade da água na temperatura média	kg/ms
μ_w	Viscosidade da água na temperatura da parede externa do tubo de teste	kg/ms
α	Concentração volumétrica de sólidos no leito: $\alpha = 1 - \epsilon$	-
σ_{pg}	Tensão de cisalhamento parede-gás	N/m^2
σ_{ps}	Tensão de cisalhamento parede-partícula sólida	N/m^2
ν	Viscosidade cinemática da água	m^2/s
ϕ	Diâmetro de abertura de peneiras	μm
ϕ_s	Esfericidade	-
ω	Incertezas	-

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O escoamento de misturas gás-sólido está envolvido em muitas aplicações industriais tais como: transporte de grãos, secagem de partículas sólidas, resfriamento de reatores nucleares, reações catalíticas exotérmicas, gasificação, etc. De uma maneira geral pode-se dizer que o coeficiente de transferência de calor envolvido entre a parede interna de um tubo por onde passa uma mistura gás-sólido e a mistura pode ser muitas vezes maior do que o coeficiente obtido quando se tem apenas a fase gasosa em escoamento.

Um exemplo de aplicação importante para o país é o da caldeira fluidizada recirculante, que opera no regime de fluidização em leito rápido e tem as seguintes características:

- . Eficiência de combustão bastante alta (-99%), visto que o material combustível passa diversas vezes através da região de queima. Com esta recirculação de sólidos é possível obter-se uma situação bastante satisfatória para a queima eficiente de combustíveis sólidos de baixo poder calorífico;
- . A adição de inertes adequados, como o calcário, além de evitar a formação de poluentes derivados de enxofre, também favorece as condições de fluidização;
- . A fase sólida alimentada no reator é trazida quase instantaneamente até a temperatura do leito (contato bastante eficiente);
- . Em termos de custo a vantagem de utilização de fluidização em leito rápido é evidenciada através da observação da Figura 1, onde pode-se observar que, para uma mesma capacidade de produção,

o diâmetro da caldeira que opera em leito rápido é bem menor do que as de leito denso. Como um exemplo deste fato pode-se citar a aplicação descrita por Reh [1] num processo de calcinação de hidróxido de alumínio: utilizando-se fluidização em leito rápido foi empregado um vaso com 3,8 m de diâmetro interno para uma capacidade de 560 t/d, enquanto com leito borbulhante o forno teve 6,7 m de diâmetro interno para uma capacidade de produção de 280 t/d.

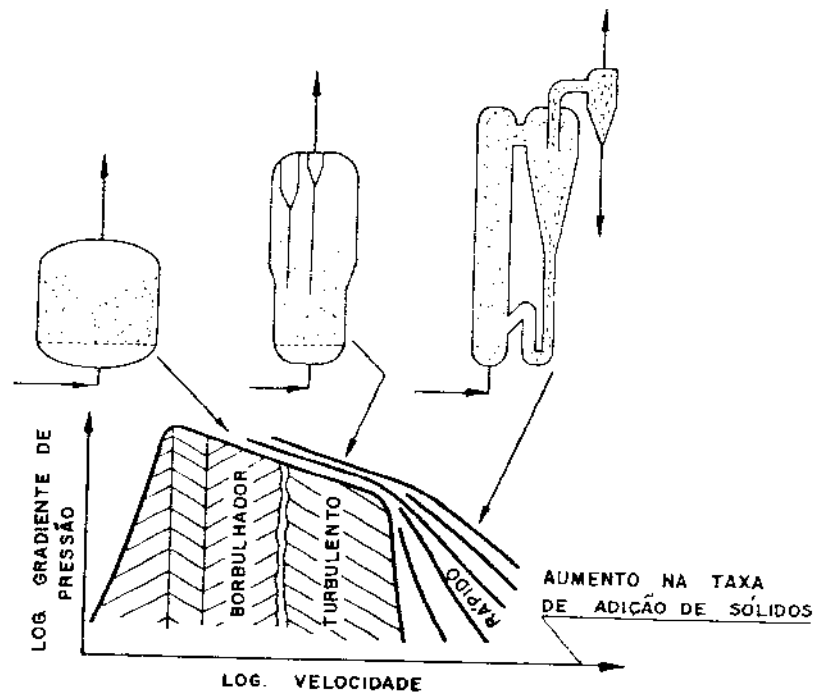


Figura 1 - Diagrama comparativo entre regimes de fluidização

1.1 REGIMES DE FLUIDIZAÇÃO E TRANSPORTE PNEUMÁTICO ASPECTOS FLUIDODINÂMICOS

Neste ponto é importante definir os regimes de fluidização e de transporte nos escoamentos de misturas gás-sólido a fim de localizar as faixas de operação e condições em que os resultados deste trabalho serão apresentados.

Quando uma fase fluida atravessa um leito de partí

culas sólidas com um fluxo de massa relativamente baixo, um prato poroso ou uma grelha é requerida para suportar parte do peso das partículas sólidas; nesta situação as partículas são ditas estacionárias e o leito é fixo.

Se o fluxo de massa é aumentado progressivamente a partir da condição anterior, um ponto será atingido onde as partículas sólidas são suportadas pela força de arraste exercida pela fase fluida. Em tal ponto as partículas são ditas móveis e tem-se a condição de fluidização incipiente ou mínima. Aumentando-se ainda mais o fluxo de massa da fase fluida a partir da condição de fluidização incipiente há, no mínimo, mais cinco regimes de fluidização que podem ocorrer. Tais regimes, juntamente com suas principais características, são apresentados na Tabela 1 e mostrados esquematicamente na Figura 2 [2]. Zens e Othmer [3] denominaram os quatro últimos regimes de fluidização mostrados como fluidização agregativa, devido ao fato de nestes regimes as partículas tenderem a se movimentar em aglomerados, que se formam e se quebram continuamente.

Devemos notar que nem todos os regimes de fluidização listados na Tabela 1 são observados em todos os casos.

Enquanto u_{mf} e u_{mb} dependem apenas das propriedades da fase gasosa e das partículas, u_{ms} depende também do diâmetro da coluna e da profundidade do leito e u_{tr} depende da taxa na qual as partículas sólidas são alimentadas na coluna.

Em leitos poucos profundos, ou em leitos de grandes diâmetros, ou ainda, em sistemas onde um tamanho máximo estável de bolhas é atingido, é possível passar-se diretamente do regime de fluidização borbulhante para o regime de fluidização turbulento sem passar pelo regime "slugging".

Para muitos sistemas gás-sólido u_{mf} e u_{mb} são praticamente iguais e o regime de fluidização particulada não é observado. Enquanto u_{mb} e u_k são rapidamente estabelecidas, as outras velocidades de transição são atingidas gradualmente quando se vai de um regime para outro.

O regime encontrado para $u_g > u_{tr}$ depende da razão na qual as partículas são adicionadas, ou recirculadas no leito. Yerushalmi e Avidan [4] descrevem para baixas razões

a condição de transporte pneumático e para altas razões a condição de fluidização em leito rápido. Na condição de transporte pneumático as partículas percorrem trajetórias relativamente retas através do comprimento da coluna.

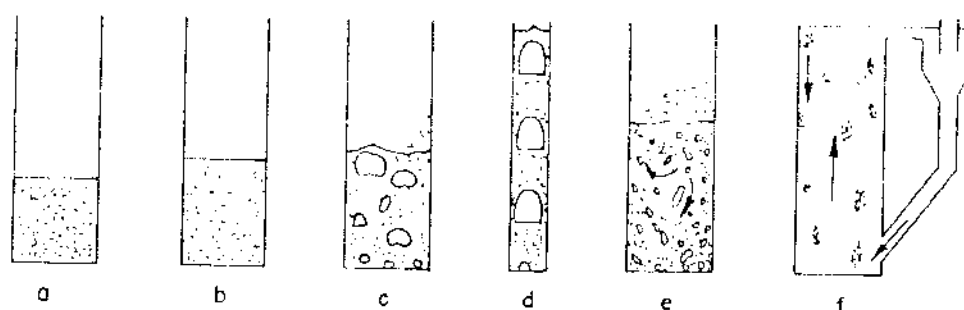


Figura 2 - Regimes de fluidização referenciados na Tabela 1

Tabela 1 - Regimes de fluidização com o aumento da velocidade de da fase gasosa

REPRESENTAÇÃO NA FIGURA 2	FAIXA DE VELOCIDADES	REGIME	ASPECTOS E CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS
(a)	$0 \leq u_g < u_{mf}$	Leito Fixo	Partículas estão imóveis no leito; gás flui através de interstícios.
(b)	$u_{mf} \leq u_g \leq u_{mb}$	Fluidização Particulada	O leito expande "suavemente" de uma maneira homogênea; superfície superior bem definida; algum movimento de partículas em pequena escala; pouca tendência para agregação de partículas; flutuação de pressão muito pequena.
(c)	$u_{mb} \leq u_g < u_{ms}$	Fluidização Borbulhenta	Vazios formados perto do distribuidor (grelha) se unem, crescem e sobem para a superfície, a superfície superior é bem definida com bolhas "saindo" através dela periodicamente; flutuações de pressão irregulares e de apreciáveis amplitudes.
(d)	$u_{ms} \leq u_g < u_k$	Regime "Slugging"	Regiões vazias ocupam a maior parte da coluna, a superfície superior sobe e sofre um colapso com uma frequência razoavelmente regular; flutuações de pressão grandes e regulares.
(e)	$u_k \leq u_g < u_{tr}$	Regime Turbulento	Pequenas regiões vazias e aglomerados de partículas se movimentando em "zigue-zague"; superfície superior difícil para ser distinguida; apenas flutuações de pressão de pequenas amplitudes.
(f)	$u_{tr} \leq u_g$	Fluidização Rápida	Não temos nenhuma superfície superior para o leito; partículas são transportadas para fora do topo e precisam ser recolocadas adicionando-se sólidos proximalmente ao fundo da coluna. Aglomerados de partículas se movem para baixo, a maior parte perto da parede, enquanto gás contendo partículas dispersas, se move para cima. Quando u é aumentada a uma taxa de alimentação de sólidos fixa, aumenta-se a diluição.

Em outro trabalho equivalente ao do Yerushalmi e Avidan, Y. Yousfi e G. Gau [5] definem de uma maneira um pouco mais detalhada as condições de escoamento encontradas para $u_g > u_{tr}$. Apenas o enfoque dado é diferente, enquanto os primeiros descrevem os regimes com o objetivo de situar o regime de fluidização em leito rápido, Yousfi e Gau [5] têm como objetivo estudar a condição de "chocking".

Yousfi e Gau [5] comentam a confusão encontrada na literatura a respeito da nomenclatura dos regimes de escoamento em que $u_g > u_{tr}$ e propõem a seguinte classificação associada à Figura 3:

- Escoamento em fase diluída:

Regime de escoamento encontrado para ϵ maior do que 99% - Figura 3(a).

- Escoamento em fase concentrada:

Regime de escoamento encontrados para ϵ menor do que 99%, mas maior do que o valor associado à condição de "chocking": ϵ_{ch} - Figura 3(b) e 3(c).

- Escoamento em "bouchons" ("slug flow"):

Mesmas características descritas na Tabela 1 para o regime "slugging" - Figura 3(d).

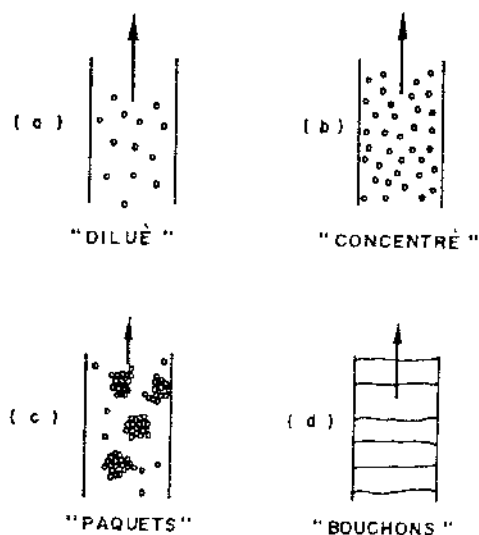


Figura 3 - Regimes de escoamento [5]

Os autores consideram como condição de "chocking" a situação em que as condições de regime "slugging" ocorrem. Na condição de escoamento em fase concentrada são incluídas as condições de transporte pneumático em fase densa e de fluidização em leito rápido.

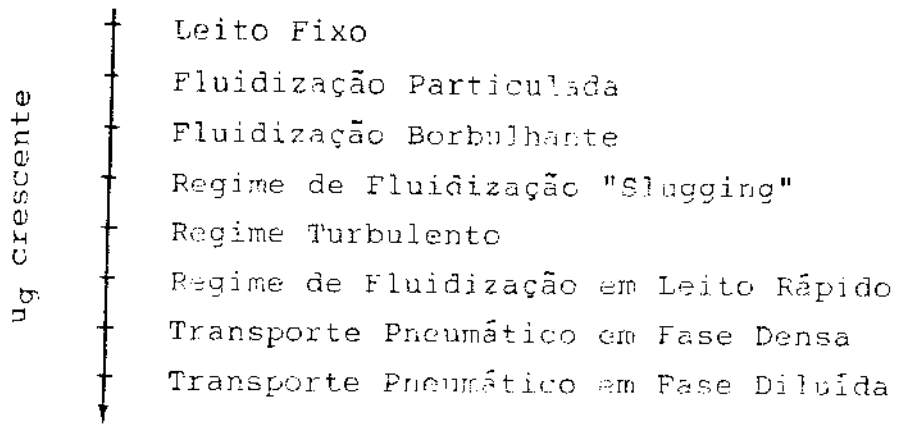
Neste ponto uma dúvida pode surgir quando se observa a Tabela 1 e a Figura 2 em relação à Figura 3 quanto à presença do regime turbulento na Tabela 1 entre as condições de regime slugging e da fluidização rápida. Acontece que, enquanto em [2] a velocidade da fase fluida era aumentada a partir da condição de leito fixo para uma dada quantidade de sólidos presentes no leito, na análise de [5] a velocidade da fase fluida era diminuída a partir da condição de transporte pneumático em fase diluída com uma dada quantidade de sólidos presentes no leito*.

A velocidade de deslizamento, definida como a diferença entre a velocidade local da fase gasosa e a velocidade da partícula sólida, para a condição de transporte pneumático em fase diluída é aproximadamente igual à velocidade de queda livre de uma partícula individual. Para a condição de fluidização em leito rápido a velocidade de deslizamento é uma ordem de grandeza maior do que a velocidade terminal da partícula sólida [6]. A definição de velocidade de deslizamento apresentada corresponde a um valor médio, baseado na velocidade média da fase sólida (u_s):

$$\text{Velocidade de deslizamento} = \frac{u_g}{\epsilon} - u_s ; \text{ com } u_s = \frac{G_s}{\rho}$$

O esquema a seguir resume o que foi dito sobre os regimes de fluidização e transporte que podem ocorrer quando temos uma dada quantidade de sólidos no leito e aumentamos progressivamente a velocidade da fase gasosa:

* Cabe também lembrar que no estudo de [5] o diâmetro da coluna utilizada era tal que permitia a condição do regime "slugging", ou seja, era suficientemente pequeno.



Um parâmetro muito importante a ser discutido é a determinação da porosidade do leito ϵ , definida como a fração volumétrica ocupada pela fase gasosa num dado volume do leito. Este parâmetro pode ser diretamente obtido através de medida da queda de pressão ao longo de um comprimento determinado do leito onde é possível considerar que ϵ não varia apreciavelmente com a altura. A análise apresentada a seguir é admitida em quase todos os trabalhos disponíveis na literatura sobre fluidização em leitos rápidos: [4], [6], [7], [8], [9], [10], [11] e [12].

Pela aplicação da equação da quantidade de movimento para uma mistura gás-sólido num sistema vertical [13 e 14], tem-se:

$$\underbrace{\frac{dp}{dz}}_{\text{queda de pressão total}} = \underbrace{\frac{d}{dz} [\epsilon \rho_g u_g^2 + (1-\epsilon) \rho_s u_s^2]}_{\text{queda de pressão devida aos termos de aceleração}} + \underbrace{\epsilon \rho_g g + (1-\epsilon) \rho_s g}_{\text{queda de pressão devido aos termos gravitacionais}} + \underbrace{\frac{4}{D_t} (\sigma_{pg} + \sigma_{ps})}_{\text{queda de pressão devido aos termos de atrito}} \quad (1)$$

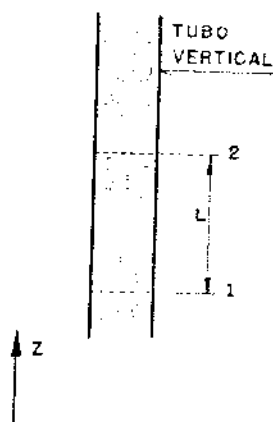
Fora da zona de aceleração e levando-se em conta o trabalho de W.P.M. Van Swaay et al [14], que indica que os termos de atrito representam menos de 10% da queda de pressão total na faixa de trabalho: $0 < \frac{dp}{dz} < 1000 \frac{N}{m^3}$ e $0 < (1 - \epsilon) \rho_s < 150 \frac{kg}{m^3}$, tem-se:

$$\frac{dp}{dz} = \epsilon \rho_g g + (1 - \epsilon) \rho_s g = g \epsilon (\rho_g - \rho_s) + \rho_s g$$

Considerando que $\rho_g \ll \rho_s$, vem:

$$\frac{dp}{dz} = (1 - \epsilon) \rho_s g$$

Admitindo-se que ϵ permanece praticamente constante num dado comprimento L do tubo vertical tem-se:



$$\int_{P_1}^{P_2} dp = (1 - \epsilon) \rho_s g \int_0^L dz$$

ou

$$\frac{\Delta p}{Lg} = (1 - \epsilon) \rho_s = \bar{\rho} \quad (2)$$

Assim, tanto a porosidade quanto a densidade média do leito podem ser diretamente obtidas da análise do gradiente de pressão no comprimento correspondente.

Y. Li et al [12] estudaram a variação da porosidade ϵ ao longo da altura total do tubo de teste (8 m) dividindo este em trechos de tomada de pressão (0,5 m) nos quais admitiram ϵ invariável com a altura. Dos resultados obtidos os autores identificaram três regiões distintas quanto às características do perfil de porosidades ao longo da altura do

leito. Tais regiões foram identificadas por A, B e C na Figura 4.

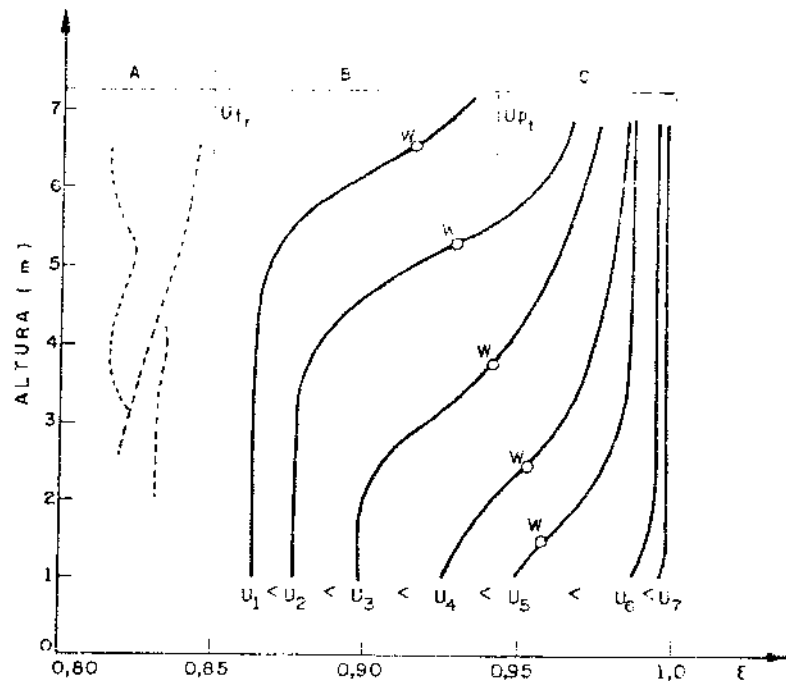


Figura 4 - Porosidade ao longo da altura [13]

A região A, associada com velocidades da fase gasosa abaixo da velocidade de transporte (u_{tr}), foi caracterizada por um perfil bastante desigual e instável da porosidade contra a altura do leito.

A região B, situada entre os pontos correspondentes às condições de fluidização em leito rápido e de transporte pneumático, é caracterizada por um perfil de porosidade ao longo da altura do tubo de teste que apresenta valores menores na região inferior, correspondentes a um gradiente de pressão maior, e valores mais elevados na região superior, correspondentes a um gradiente de pressão menor, passando por um ponto de inflexão (w). Os autores definem tal ponto de inflexão como ocorrendo na altura correspondente à transição de fluidização rápida para transporte pneumático.

A região C, onde a velocidade superficial da fase gasosa é maior do que a velocidade de transição u_{pt} , corresponde à condição de transporte pneumático e nela a porosida

de do leito é virtualmente constante ao longo de todo o comprimento do leito.

A partir deste trabalho pode-se depreender a importância da observação do formato das curvas associadas à variação da porosidade com a altura do leito, correspondentes às situações de fluidização em leito rápido e de transporte pneumático.

Outro fator de importância na análise dos sistemas gás-sólido é a determinação do diâmetro médio das partículas utilizadas ($\bar{d}_p$). Para partículas relativamente grandes (digamos > 5 mm) medidas diretas utilizando calibradores ou micrômetros são frequentemente utilizadas. Para a faixa microscópica (digamos abaixo de 0,04 mm) são utilizados métodos indiretos, tais como pela medida da taxa de deposição ou de movimentos Brownianos. Entre estes extremos se concentra a maior parte dos estudos em sistemas gás-sólido, para os quais o método mais utilizado é o do "peneiramento", em que peneiras com aberturas na malha padronizadas são utilizadas. No Anexo 1 são apresentadas as peneiras padronizadas Tyler, com as suas respectivas aberturas na escala "mesh" e a equivalência no sistema métrico.

Na nomenclatura usual as partículas que passam através da peneira padrão de número mesh 150 e são retidas na de número mesh 200 são representadas como partículas -150 +200 mesh.

Para partículas não esféricas de tamanho uniforme, o diâmetro d_p é definido por [15]:

d_p = diâmetro da esfera hipotética que tem o mesmo volume da partícula considerada.

Um parâmetro associado definido na literatura é a esfericidade ϕ_s :

$$\phi_s = \left(\frac{\text{superfície da esfera}}{\text{superfície da partícula}} \right) \quad \text{ambas de mesmo volume.}$$

Com esta definição $\phi_s = 1$ para esferas e $0 < \phi_s < 1$

para outras formas de partículas.

Em trabalhos sobre leitos fixos e fluidizados com $u < u_{tr}$ o produto $\phi_s d_p$ é de considerável importância e pode ser convenientemente considerado como um parâmetro único, tal como, por exemplo, é feito na equação de Ergun para a perda de pressão.

Uma outra situação comum quando se trabalha em sistemas gás-sólido é quando não se tem um tamanho único de partícula sólida envolvido, e sim uma distribuição de tamanhos. Neste caso é conveniente definir o diâmetro médio das partículas como uma média da relação área-volume, aproximada comumente para análises em peneiras como [2]:

$$\bar{d}_p = \frac{1}{\sum (x_i/d_{pi})}$$

onde:

x_i = fração em peso coletada entre peneiras de abertura média d_{pi} .

Para uma situação de mistura de partículas de diferentes tamanhos e diferentes formas, substitui-se $\bar{d}_p$ por $\overline{\phi_s d_p}$ e d_{pi} por $(\phi_s d_p)_i$ na equação anterior.

1.2 TRANSFERÊNCIA DE CALOR NA FLUIDIZAÇÃO EM LEITO RÁPIDO

ESTADO DA ARTE

Enquanto existe disponível na literatura um número relativamente grande de trabalhos sobre transferência de calor em sistemas operando abaixo da velocidade de transporte e em sistemas operando nas condições de transporte pneumático, poucos são os trabalhos existentes para sistemas operando na condição de fluidização em leito rápido. Em trabalho recente, Grace [16] resumiu os trabalhos desenvolvidos na área: [7], [8], [9], [10], [11], [17] e [20], conforme apresentados na Tabela 2. Os resultados são válidos para regiões próximas à parede interna do tubo ou para regiões próximas ao eixo central do tubo, dependendo do trabalho analisado. Fraley et al [10] mostraram em seus experimentos que os coeficientes de transferência de calor da mistura gás-sólido com uma superfície são maiores em regiões próximas às paredes do tubo do que próximas à linha de centro do tubo de teste. Esta tendência é consistente com os resultados obtidos por Weisten et al [18], que mostraram que as partículas estão mais concentradas próximas à superfície interna da parede do tubo de teste na condição de fluidização em leito rápido.

Um fato a ser comentado é que embora Grace tenha considerado os trabalhos de Mickley e Trilling [17] e Fraley et al [10] como situados na faixa de fluidização em leito rápido, Subbarao e Basu [11] afirmam que a maior parte dos dados obtidos nestes dois trabalhos podem ser previstos pelas equações de Matsen [19] para leitos fluidizados operando no regime "slugging"; assim sendo os dados destes dois trabalhos para altas concentrações da fase sólida ($100 \leq \bar{\rho} \leq 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) não corresponderiam à condição de fluidização em leito rápido.

Devido ao fato de que para partículas inertes com diâmetro médio entre 0 e 500 μm , em leito operando no regime de fluidização em leito rápido, os números de Biot (Bi) são suficientemente pequenos, o coeficiente de transferência de calor gás-partícula h_{gp} é muito maior do que o termo de condução K_p e não há gradientes de temperatura intra-partículas.

**Tabela 2 - Resultados experimentais de diferentes autores para
a condição de fluidização em leito rápido [16]**

AUTORES	MICKLEY e TRILLING (1949)		KIANG et al (1976)	STROMBERG (1981) KOBRO e BRERETON (1985)	FRALEY et al (1983)	CHRYSOSTOME et al (1984)	SURBARAO et al (1985)
Coluna: Natureza Diâmetro(m) Comprimento(m)	tubo de aço 0,073 1,3	tubo de alumínio 0,10 e 0,025 2,5 e 1,9	tubo plexiglass 0,10 3,66	tubo de aço 0,20 3,0	tubo cilíndrico 0,076 1,28	tubo refratário 0,50 5,0	tubo de plástico 0,10 5
Superfície de transf. de calor: Natureza Número Comprimento(m) Diâmetro(mm) Altura(m) Posição Radial, r/r _i	"Calrod Tube" aquecimento elétrico 1 0,88 0,012 - 0,2 0,17	Parede Tubo Alumínio aquecimento elétrico 1 0,65 e 0,91 0,10 e 0,025 - 0,9 e 0,5 1	Pequenos Cilindros aquecimento elétrico 4 0,057 19 0,53; 1,3; 2,4; 3,1 0	"Ht. Flow Meters" calorimétrico e condutividade 2 - - várias 1	Pequenos Cilindros aquecimento elétrico 1 0,15 9,5 - 0 e -0,8	"Finned Tubes" resfriamento com água 1 - 13 e 25 - 0; 0,33; 0,6	Fim Barra Aço água em evaporação 2 0,10 25 0,22 e 1,6 1
Partículas: Natureza Diâmetro(µm) Densidade(kg/m³)	vidro 40 a 450 2420-2720	vidro 70 a 450 2440-2720	"cracking catalyst" ~ 53 - 1700	areia 170 e 250 2630	vidro 27 - 2650	areia ~ 280 - 2600	areia 130 e 260 2650
Condições de Operação Pressão (bar) Temperatura média(k) Vel.Sup.Gás(m/s) Fração Vol.Sólidos,α	1 - 320-380 até 2,5 0,02-0,20	1 - 420-510 até 4,1 0,02-0,20	1 - até 4,9 0,013-0,029	1 1123 e 298 - 6-12 < 0,01-0,033	1 294-304 até 2,8 0,045-0,18	1 1073-1173 2-5 -	1 - 300 - < 0,01-0,04
Valores medidos para os coeficientes ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$)	50-400	120-500	- 120-260	70-280	240-770	170-380	140-350
Variáveis:	velocidade sup.gás tamanho partículas densid. média leito	velocidade sup.gás tamanho partículas diâmetro do tubo densid. média leito	velocidade sup.gás taxa recirculação posição vertical inventário sólidos	tamanho partícul. temp. média leito densid. méd.leito	velocidade sup.gás descarga sólidos posição radial	velocidade sup.gás invent. sólidos posição radial	tamanho partículas densid. média leito

Por outro lado, em tais sistemas a diferença de temperatura entre uma partícula e a fase gasosa torna-se desprezível aproximadamente dois segundos após a entrada da partícula fria no leito quente. Levando em conta estes fatos, os trabalhos citados na Tabela 2 admitem que a temperatura da fase sólida é praticamente igual a temperatura da fase gasosa após o sistema ter atingido uma condição de operação estável.

Um outro problema a ser discutido é o do efeito do impacto das partículas sólidas na junção do termopar introduzida na mistura gás-sólido para a medida da temperatura. Este problema foi tratado por Brewster e Seader [21] e os resultados obtidos indicam que o efeito do aquecimento adicional devido ao impacto de partículas de carvão com $\bar{d}_p = 100 \mu\text{m}$ escoando na condição de transporte pneumático descendente foi relativamente pequeno: 7 K em 350 K para a pior situação.

Assim sendo, no presente trabalho, bem como em todos os citados na Tabela 2, admite-se que a temperatura da fase gasosa é igual à da fase sólida após o sistema ter atingido uma condição estável de operação e que o efeito de impacto de partículas na junção do termopar é desprezível.

Na Figura 5 são apresentados dois gráficos provenientes do trabalho de Grace que mostram a variação do coeficiente de transferência de calor da mistura gás-sólido com uma superfície relativamente à densidade média do leito (5 a) e à altura ao longo do tubo de teste (5 b).

Como se pode observar na Figura 5 a o coeficiente de transferência de calor cresce com o aumento de $\bar{p}$ e com a diminuição de $\bar{d}_p$ nos experimentos de Mickley e Trilling; Kiang et al., Stromberg e Fraley et al. Os dados de Chrysostome et al [20] e de Oliveira [38] não puderam ser apresentados nesta figura porque os autores não realizaram medidas do gradiente de pressão ao longo da secção de teste. Todas as linhas e pontos da Figura 5 a são para o ar em pressões próximas à atmosférica e temperaturas modestas, nas quais os efeitos de radiação foram desprezados. As superfícies de transferência de calor localizam-se no centro da coluna em cada caso, exceto no trabalho de Stromberg, onde as medidas foram efetuadas na parede interna do tubo que contém a mistura. Os dados experimentais de

Subbarao et al também confirmam as tendências desta curva, embora dentro de um espalhamento maior.

Na Figura 5b os dados de Kiang et al [7] mostram que o coeficiente local de transferência de calor geralmente cai ao longo da altura do tubo de teste. Esta diminuição é sem dúvida associada à diminuição da concentração de sólidos ao longo da altura do leito, conforme observado por Yerushalmi, Turner e Squires [22], Li e Kwauk [12] e Weinstein et al [18]. Os dados de Genetti e Knudsen [23], para transporte pneumático, mostraram tendências similares, mas com um aumento no valor do coeficiente em regiões próximas ao topo da coluna, onde a concentração de partículas foi um pouco maior do que nas regiões intermediárias.

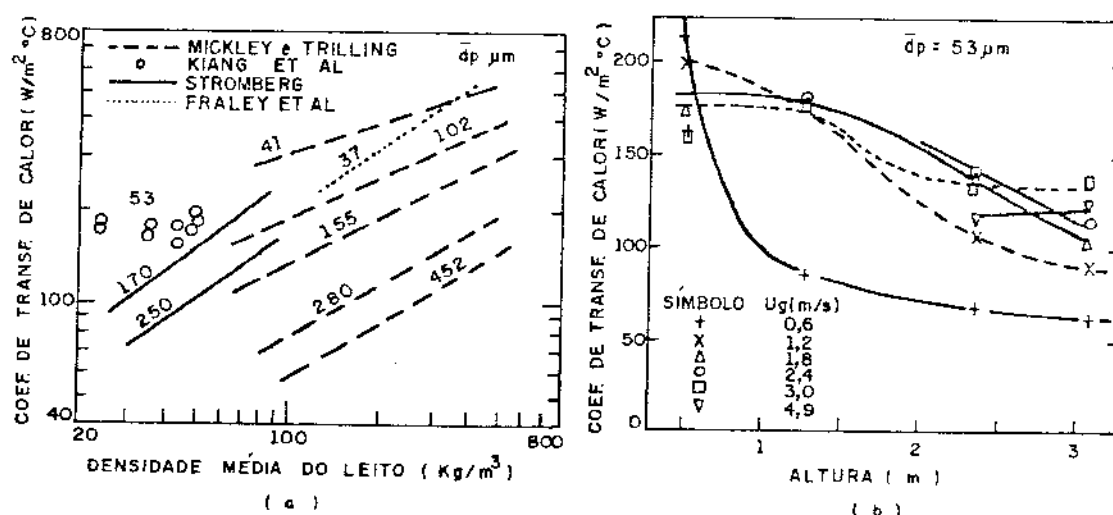


Figura 5 - Variação do coeficiente de transferência de calor mistura gás-sólido - superfície com a densidade média do leito e diâmetro médio das partículas (a) e com a altura e veloc. da fase gasosa (b)

Outros fatores que podem alterar significativamente o valor do coeficiente de transferência de calor da mistura gás-sólido com uma superfície no regime de fluidização em leito rápido e que carecem de maiores estudos são:

- . Diâmetro da coluna que contém a mistura;
- . Tipo, tamanho e propriedades físicas das partículas sólidas;
- . Quantidade de sólidos presente no leito (inventário).

Discute-se a seguir alguns aspectos relativos aos mecanismos de transferência de calor envolvidos na condição de fluidização em leito rápido. Como é feito convencionalmente divide-se o coeficiente de transferência de calor entre a mistura gás-sólido e a superfície interna da parede do tubo de teste em três componentes, aproximadamente aditivos, que incluem a convecção da fase gasosa, a convecção devido às partículas sólidas e a radiação:

$$HI = h_{gc} + h_{pc} + h_{rad}$$

Segundo Grace [16], embora as partículas sólidas possam alterar a turbulência característica da fase gasosa, h_{gc} pode ser estimado baseado em correlações da literatura para a fase gasosa escoando sózinha através da coluna com a mesma velocidade e com as mesmas propriedades físicas. Qualquer erro causado por este procedimento normalmente é pequeno porque h_{gc} é muito menor do que h_{pc} .

O coeficiente que leva em conta a transferência por convecção devido às partículas sólidas (h_{pc}) é o termo de maior importância na transferência de calor leito-superfície, como já era esperado pela análise da Figura 5 a, (forte dependência de HI com $\bar{\rho}$).

O mecanismo de transferência envolvido neste termo pode ser explicado de uma maneira análoga ao modelo usualmente levado em conta na análise em leitos clássicos, ou seja, chegada do aglomerado de partículas junto a parede do tubo, transferência de calor entre a parede e o aglomerado enquanto este está presente e retorno das partículas para a região central do tubo, onde trocam calor com outras partículas, conforme mostra a Figura 6.

Para o termo que leva em conta o efeito da radiação (h_{rad}), Grace propõe que este é importante apenas para sistemas que operam a altas temperaturas, acima de 500°C e, para sistemas operando em faixas de temperaturas menores, pode ser desprezado.

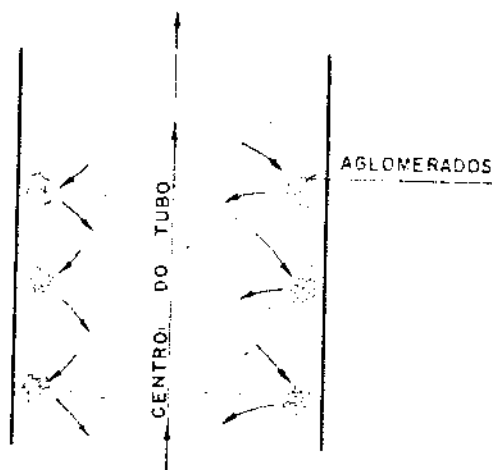


Figura 6 - Mecanismo de transferência de calor devida ao termo de convecção de partículas (h_{pc}) na condição de fluidização em leito rápido

Na presente tese foi construído e instrumentado um dispositivo experimental no qual se estudou os vários aspectos aqui discutidos sobre a fluidodinâmica e a transferência de calor para a condição de fluidização em leito rápido. As faixas de operação cobertas foram:

- $\bar{d}_p = 109 \mu m, 196 \mu m \text{ e } 269 \mu m;$
- $5,8 \text{ m/s} \leq u_g \leq 12,8 \text{ m/s};$
- $0 \leq G_s \leq 80 \text{ kg/m}^2\text{s}.$

Foram obtidos pela primeira vez coeficientes locais de transferência de calor na superfície interna da parede do tubo de teste cobrindo uma faixa de velocidades e de granulometrias ainda não estudada, tendo em vista que apenas o trabalho de Kiang et al [7] dedicou-se anteriormente ao problema, empregando um tubo de teste de altura menor, obtendo coeficientes de transferência de calor para uma superfície de troca localizada no centro do tubo e não especificando a relação entre as descargas de sólidos e gás, além da utilização de faixas de velocidades e granulometrias menores.

A apresentação do dispositivo experimental é feita no capítulo 2, enquanto os resultados obtidos são apresentados e discutidos no capítulo 4.

CAPÍTULO 2

DESCRIÇÃO DO DISPOSITIVO E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

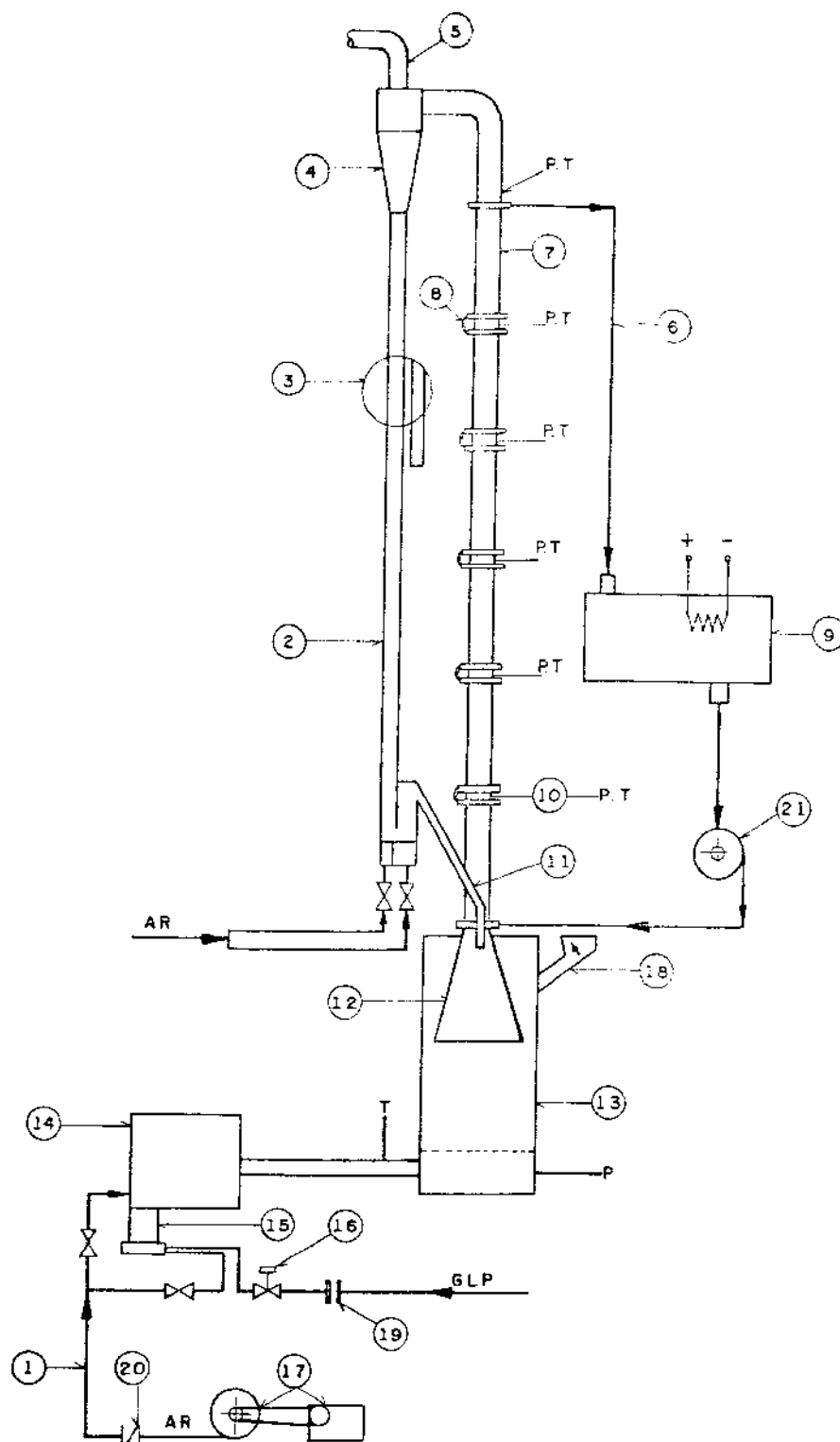
2.1 DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

Neste item é feita uma descrição geral do equipamento bem como de cada componente. Para uma melhor compreensão é interessante o acompanhamento da descrição junto aos desenhos esquemáticos e fotos anexas.

O sistema, conforme mostrado nas Figuras 7, 8, 9 e 10, é composto basicamente de uma câmara de combustão onde ar, proveniente de um compressor SOMA 20 Hp, e gás liquefeito de petróleo (GLP), vindo de bujões de 40 kg, sofrem um processo de combustão, numa reação em que se tem um grande excesso de ar. O ar fornecido pelo compressor à câmara de combustão é dividido em ar primário e ar secundário. O ar primário é fornecido juntamente com o G.L.P. no maçarico e o ar secundário entra tangencialmente na câmara de combustão de uma maneira tal que se tem um movimento rotacional no escoamento de ar, o que mantém as paredes da câmara operando a frio, conforme as Figuras 11 e 12.

O início da combustão no maçarico é controlado por uma válvula eletrônica temporizada Weisphaut MMI 812, que aciona uma válvula solenóide ASCO A 210 C94 controladora de fluxo de G.L.P., e por um ignitor (220 V) que fornece centelha elétrica para as velas de ignição no corpo principal do maçarico. Um sensor de chama que funciona por ionização é ligado à válvula temporizadora e mantém a válvula solenóide aberta quando existe chama dentro da câmara. Se por algum motivo não existir chama dentro da câmara, o sensor ligado à válvula temporizadora aciona a válvula solenóide que, por sua vez, corta o fluxo de G.L.P.

Os produtos da combustão deixam a câmara de combustão e são conduzidos para o leito fluidizado denso, através de um duto intermediário que contém tiras transversais ao escoamento ao longo de seu comprimento para uma melhor mistura dos gases, conforme mostra a Figura 13.



1. Linha de ar para a câmara de combustão e maçarico; 2. Tubo de retorno com 7 cm de diâmetro interno; 3. Válvula de medida de descarga de sólidos; 4. Ciclone; 5. Saída do ciclone; 6. Linha de água; 7. Camisas d'água com 8,4 cm de diâmetro interno; 8. Linha de água entre duas camisas; 9. Torre de resfriamento; 10. Tubo de teste com 7,2 cm de diâmetro interno e 0,15 cm de espessura; 11. Retorno de sólidos ao leito denso; 12. Cone de entrada para o tubo de teste; 13. Leito denso com 40 cm de diâmetro interno e 94 cm de altura; 14. Câmara de combustão; 15. Maçarico incluindo um sistema de segurança; 16. Válvula solenóide instalada na linha GLP; 17. Compressor SOMA 20 HP; 18. Alimentação de sólidos ao sistema; 19. Placa de orifício; 20. Medidor Venturi; 21. Bomba de água;

P,T - tomadas de pressão e temperatura.

Figura 7 - Desenho esquemático do dispositivo experimental

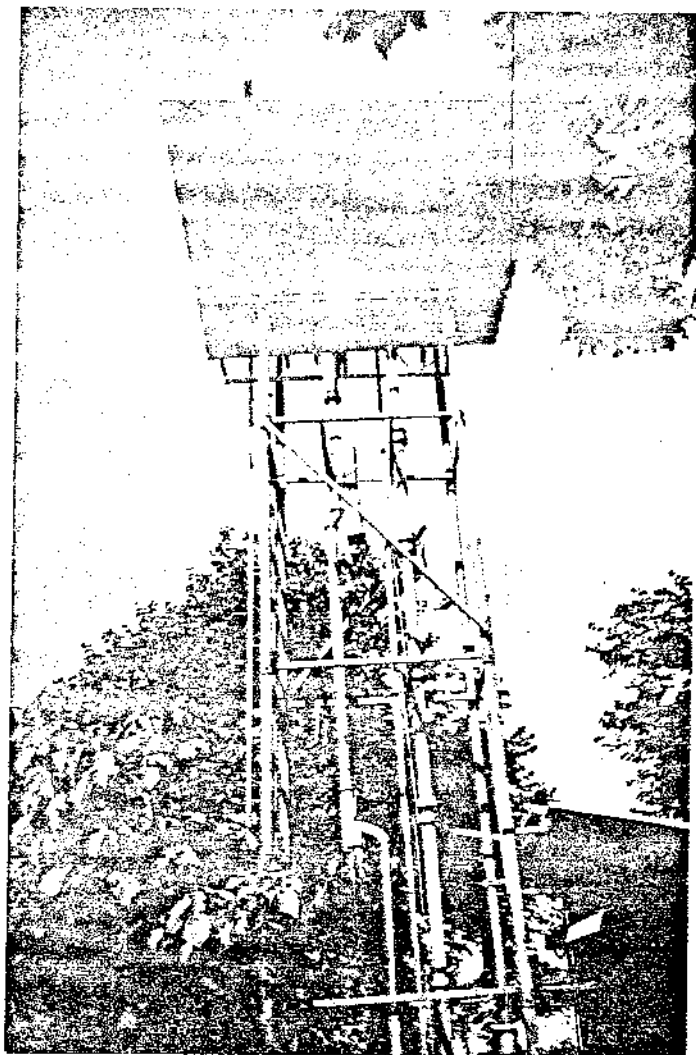


Figura 8a - Dispositivo Experimental
Parte Superior

A direita pode-se notar o tubo de teste com as camisas d'água, tomadas de pressão e entrada para termopares.

A esquerda tem-se, pela ordem: ciclone, válvula direcional para a medida da descarga de sólidos, duto de retorno, válvula de reinjeção de sólidos e duto de retorno.

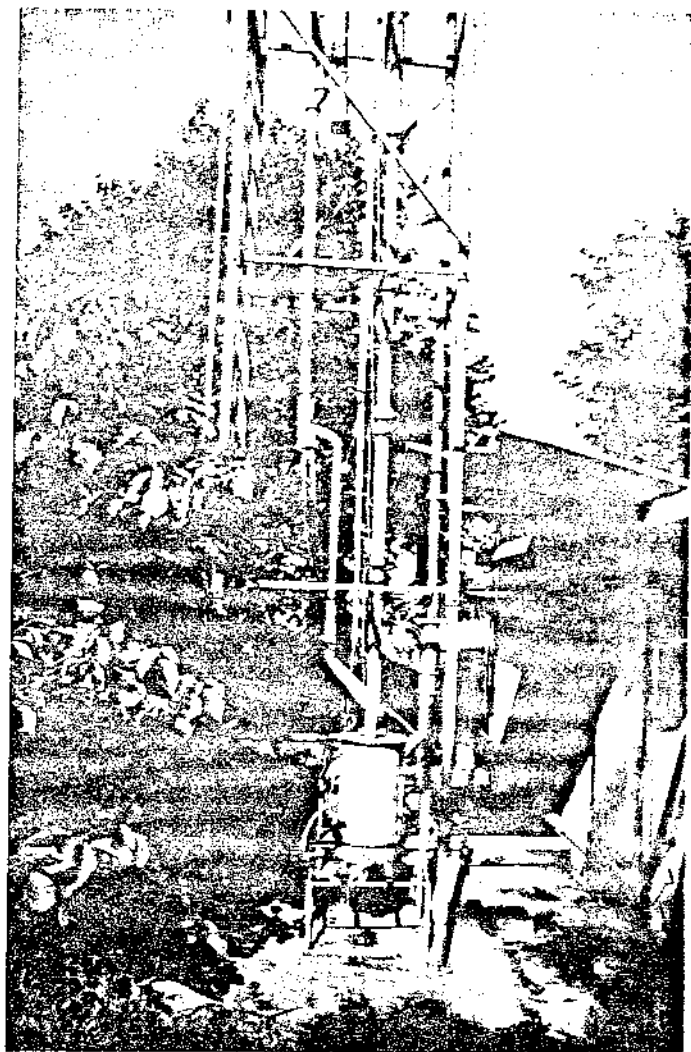


Figura 8b - Dispositivo Experimental
Parte Inferior

Leito denso - tubo de teste com camisas d'água, manômetro e duto de retorno de sólidos.

OBS:-

Nestas fotografias o sistema ainda não está isolado e as plataformas de madeira não estão instaladas.

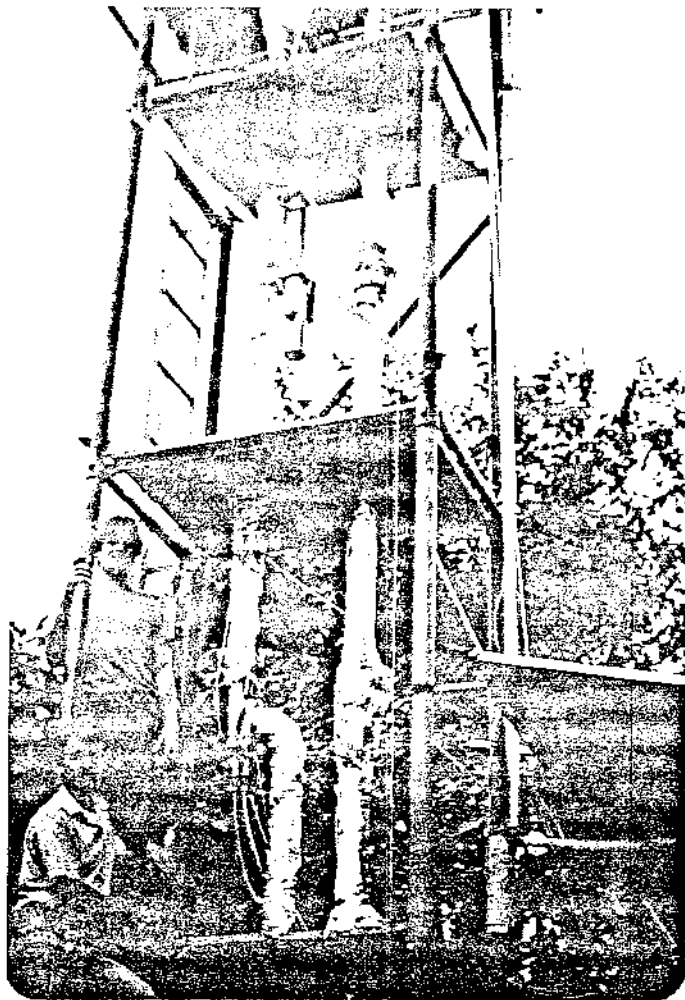


Figura 9 - Dispositivo Experimental
Parte Superior

À direita pode-se notar o tubo de teste com camisas d'água agora com isolamento, termopares, tomadas de pressão e, junto a estrutura de suporte, a linha de retorno de água.

À esquerda tem-se, pela ordem: ciclone, válvula direcional, duto de retorno, válvula de reinjeção e duto de retorno agora com isolamento.



Figura 10 - Dispositivo Experimental
Parte Inferior

Maçarico, câmara de combustão, duto intermediário, leito denso, termopares e tomadas de pressão.

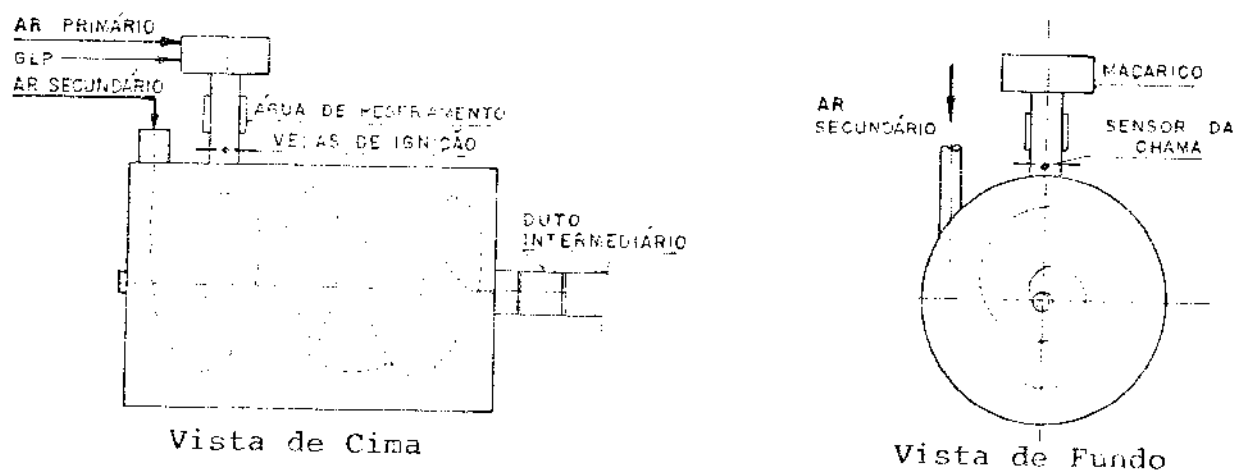


Figura 11 - Desenho esquemático da entrada de ar no maçarico e na câmara de combustão

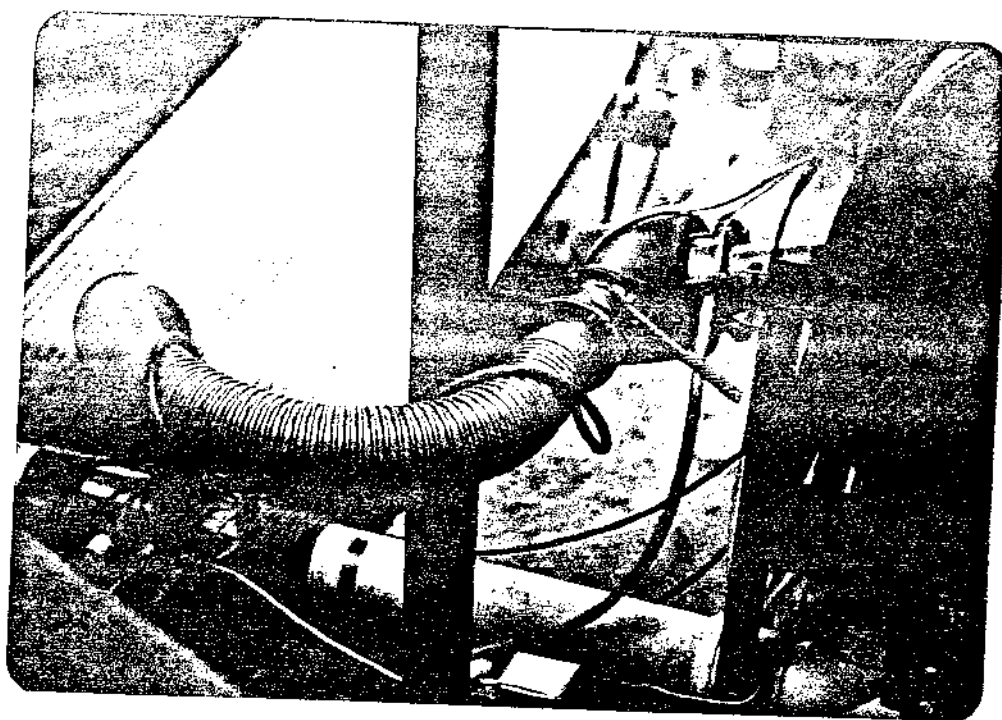


Figura 12 - Fotografia mostrando a entrada de ar no maçarico e na câmara de combustão

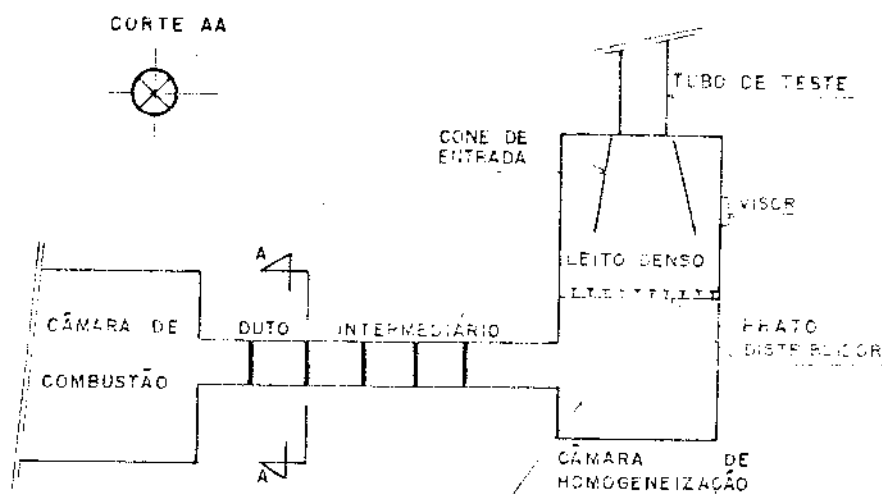
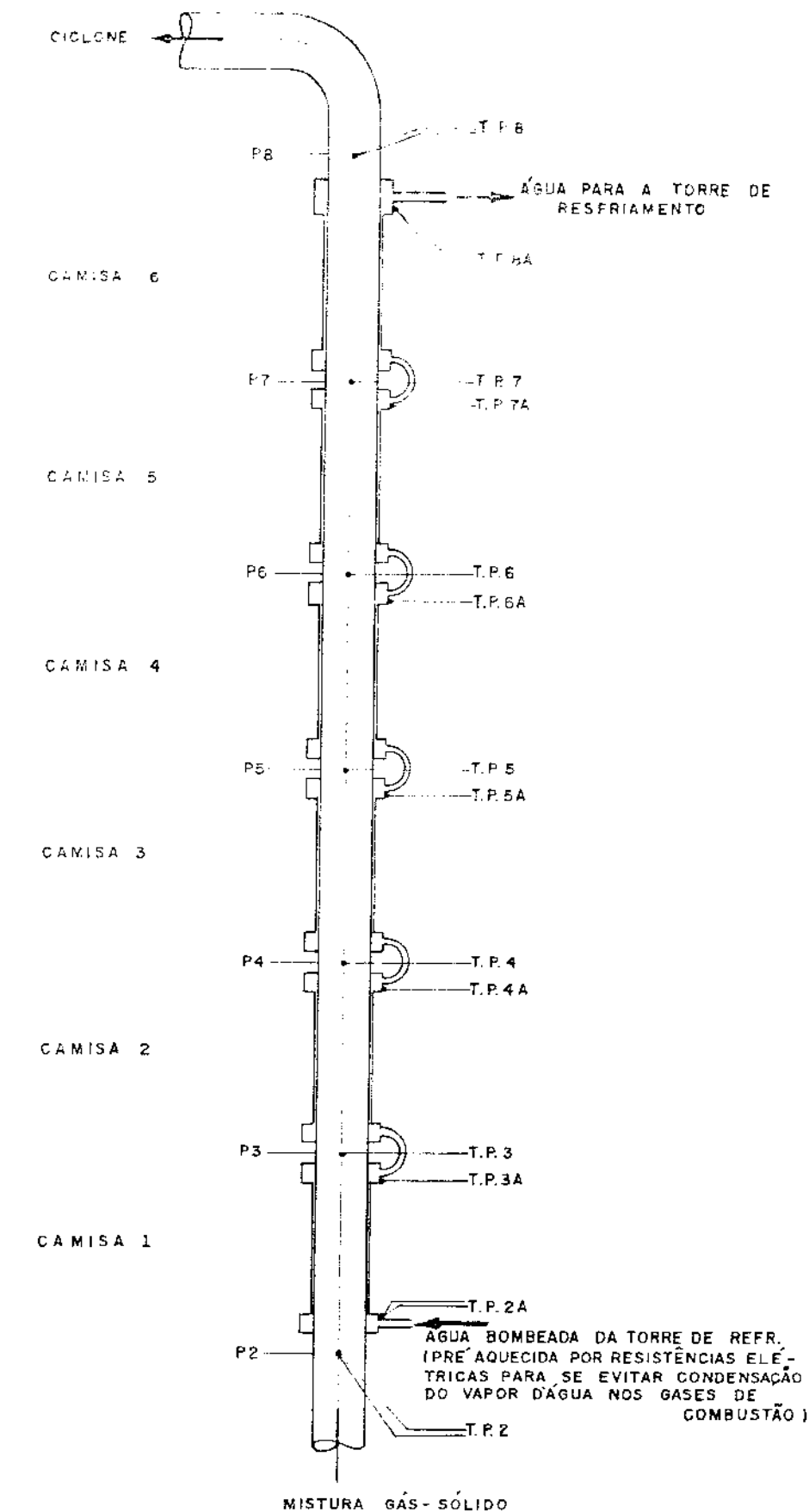


Figura 13 - Desenho esquemático da câmara de combustão, duto intermediário e leito denso

A fase gasosa atravessa um prato distribuidor, constitui um leito fluidizado denso e arrasta a fase sólida para o tubo de teste através do cone de entrada. Envolvendo o tubo de teste estão dispostas seis camisas de água, conforme a Figura 7. As temperaturas de entrada e saída da água em cada camisa são medidas através de termopares Cu-Ct (tipo T) e as temperaturas da mistura gás-sólido ao longo do tubo de teste são medidas através da utilização de termopares Ni-Cr/Ni-Al (tipo K). A queda de pressão da mistura gás-sólido também foi medida ao longo do tubo de teste em trechos correspondentes a cada camisa de água, conforme a Figura 14. A água de resfriamento, após passar pela última camisa d'água, retorna para uma torre de resfriamento, de onde é reconduzida, através da utilização de uma bomba de água Schneiden, de volta para a primeira camisa.

A mistura gás-sólido após atravessar o tubo de teste é conduzida para um ciclone, onde se dá a separação da fase sólida da fase gasosa. Do ciclone as partículas sólidas retornam para o leito denso através do tubo de retorno, passando pela válvula direcional de medida de descarga de sólidos e pela válvula de reinjeção de sólidos.



P. i - TOMADAS DE PRESSÃO
 T. P. i - TERMOPAR NiCr/NiAl (TIPO K)
 T. P. iA - TERMOPAR Cu/CuNi (TIPO T)
 i = 2, ..., 8

Figura 14 - Desenho esquemático mostrando os termopares e as tomadas de pressão

A descarga de ar fornecida à câmara de combustão e ao maçarico é medida através da utilização de um medidor Venturi especialmente projetado para operar satisfatoriamente dentro da faixa de operação desejada. Uma pequena quantidade de ar é adicionalmente fornecida à válvula de reinjeção de sólidos através da utilização de uma linha de ar provinda de um outro compressor de menor capacidade. Para a medida da descarga de G.L.P. foi projetada uma placa de orifício e a medida das descargas de água foi feita gravimetricamente.

A análise da composição volumétrica da fase gasosa na saída do ciclone foi realizada num analisador cromatográfico de alta sensibilidade.

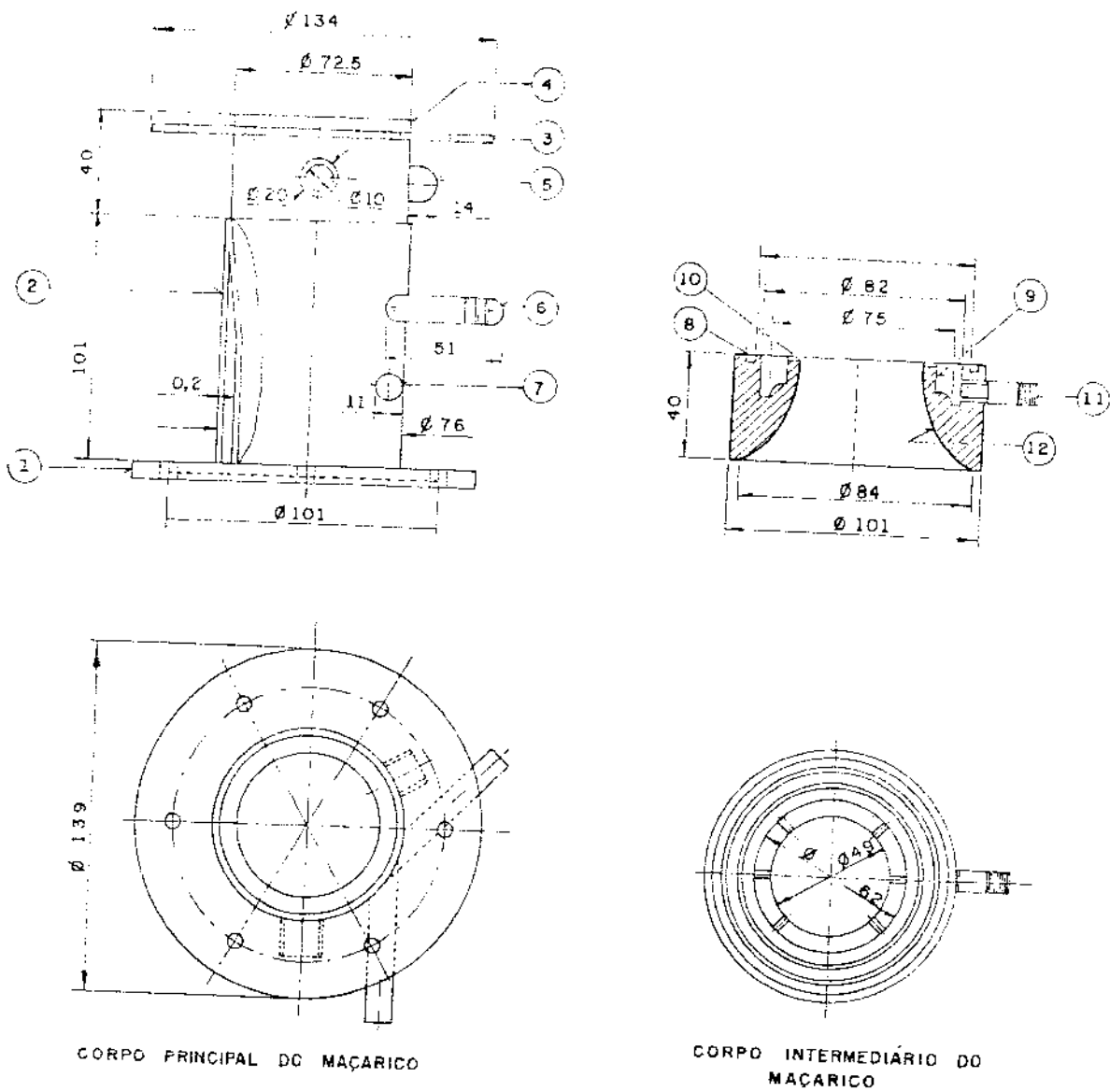
O controle das vazões de fluidos-ar, G.L.P. e água-fornecidos ao sistema foi feito através da utilização de válvulas borboletas e de gaveta.

Uma discussão mais detalhada dos equipamentos e sistemas de controle envolvidos nesta descrição geral é feita a seguir por itens.

. **Maçarico** (Figuras 15 e 16)

O maçarico é composto de três partes principais:

- ante câmara, com entrada de ar cônica tangencial construída em aço carbono e protegida com pintura de cromato de zinco;
- corpo intermediário, onde se tem um bocal acelerador de ar e uma câmara anular onde se injeta o G.L.P. e
- corpo principal, onde se inicia a combustão com auxílio do sistema de ignição por centelha elétrica. Construído em aço inoxidável com camisa d'água para assegurar o não aquecimento excessivo das paredes.



12	BOCAL ACCELERADOR DE AR
11	ENTRADA DE G.L.P.
10	ORIFÍCIOS PARA DISTRIBUIÇÃO DE G.L.P
9	CÂMARA DE DISTRIBUIÇÃO DE G.L.P
8	CANAL DE ALOJAMENTO PARA "ORING"
7	SAÍDA D'ÁGUA
6	ENTRADA D'ÁGUA
5	SUPORTE PARA VELAS DE IGNIÇÃO
4	ACOPLAMENTO DO MAÇARICO A CÂMARA
3	FLANGE DE ACOPLAMENTO À CÂMARA DE COMBUSTÃO
2	DETALHE DA CAMISA D'ÁGUA
1	FLANGE DE ACOPLAMENTO À SECÇÃO INTERMEDIÁRIO
Nº	NOME DA PEÇA

Figura 15 - Desenho esquemático do maçarico

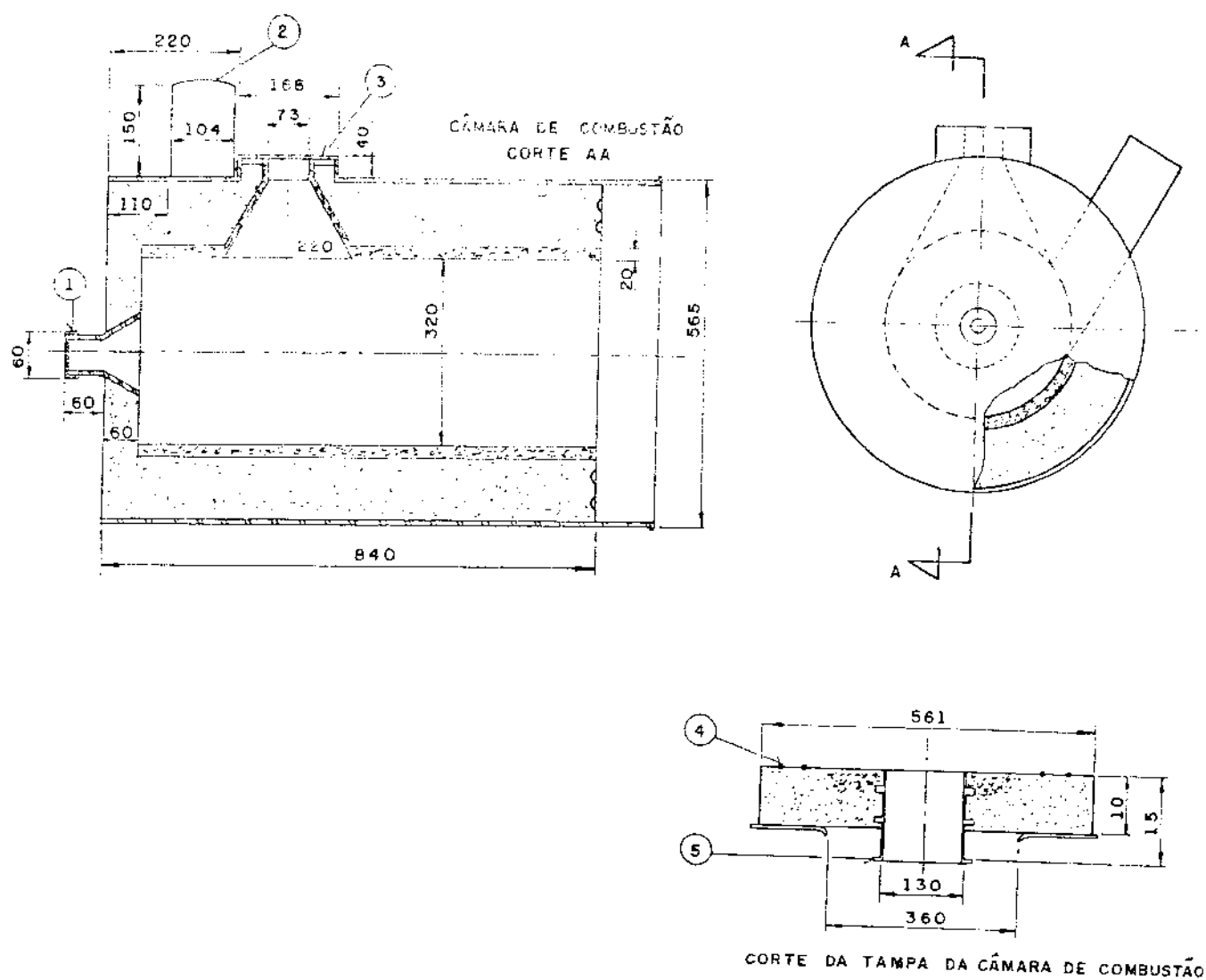


Figura 16 - Maçarico - ante câmara, corpo intermediário e corpo principal. Nota-se também o sensor de chama instalado na câmara de combustão

. Câmara de Combustão (Figuras 17 e 18)

A câmara de combustão é constituída basicamente de um recipiente isolado termicamente com uma entrada de ar secundário, uma entrada para o maçarico e uma saída de gases quentes. Suas paredes internas são construídas em concreto refratário (RESCALT 15-SE), com uma camada intermediária em cimento isolante (ISORESCALT L.V.16) e, externamente, uma parede metálica (aproveitada de um tambor de óleo de 200 litros).

Um sensor de chama que opera por ionização assim como um anteparo para a manutenção de um ponto quente, foram instalados na abertura cônica após o suporte do maçarico.



5	DUTO DE SAÍDA DE GASES
4	ANEIS DE AMIANTO
3	SUPORTE DO MAÇARICO
2	DUTO DE ENTRADA DE AR SECUNDÁRIO
1	VISOR
Nº	NOME DA PEÇA

Figura 17 - Desenho esquemático da câmara de combustão

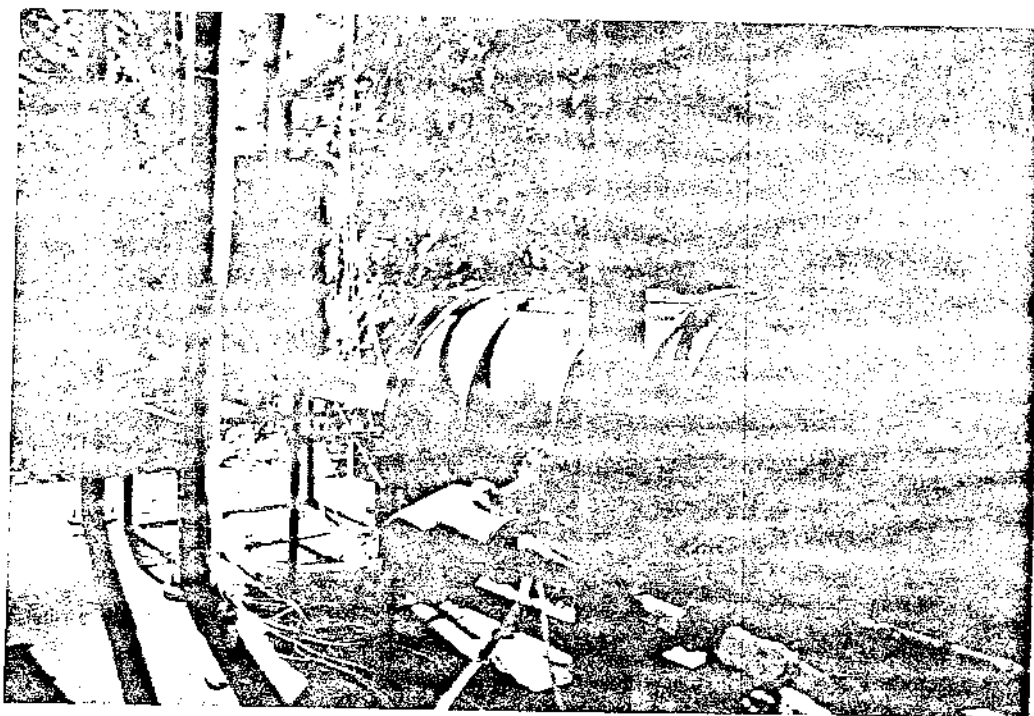


Figura 18 - Detalhe mostrando o maçarico, câmara de combustão, duto intermediário e leito denso quando da realização do teste a frio

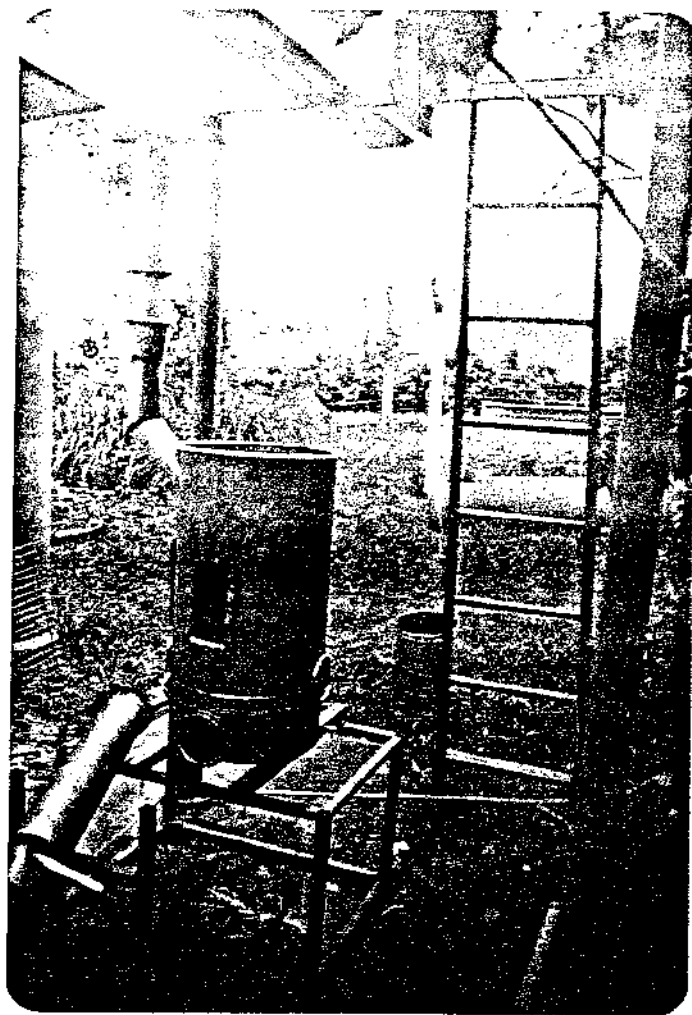
. Duto Intermediário

O duto intermediário é feito a partir de um tambor de aço inox 304, com obstáculos internos transversais ao sentido do escoamento para a promoção de turbulência e homogeneização na temperatura do fluido (gases de combustão).

. Leito Fluidizado Denso (Figuras 19 e 20)

O leito fluidizado denso é constituído de uma ante-câmara de aço inoxidável, placa de injetores, válvula de alimentação de sólidos, visores duplos de vidro e "tampão" superior. A finalidade da ante-câmara é o fornecimento uniforme da fase gasosa à todos os injetores da placa. Esta ante-câmara é ligada ao duto intermediário através da utilização de um flange com vedação por anéis de amianto. Acoplado a esta ante-câmara tem-se o corpo superior do leito, construído em

aço inox 304, com um flange inferior para aco
plamento à placa de injetores e à ante-câmara e
um flange superior para acoplamento ao "tampão"
superior, que suporta os dutos de retorno de sô
lidos, bem como o cone que orienta o escoamento
ascendente da mistura gás-sólido para o tubo de
teste com camisas d'água. A placa de injetores
foi construída em aço inox 304 e possui inje
tores do tipo torre com orifícios tubulares calcu
lados e dispostos de maneira tal que asseguram
o não retorno de sólidos à ante-câmara [24].



**Figura 19 - Vista do leito fluidizado denso
em sua fase construtiva**



Figura 20 - Vista superior do leito denso mostrando a placa de injetores, a válvula de ali mentação de sólidos, o duto intermediário e parte da câmara de combustão

. Tubo de Teste Vertical (Figuras 21, 22 e 23)

O trocador de calor vertical é constituído basicamente por um tubo interno de aço inox (tubo de teste) com 7,2 cm de diâmetro interno, 1,5 mm de espessura e 6 m de comprimento, e por seis tubos de aço inox com 8,3 cm de diâmetro interno e 920 mm de comprimento colocados externamente ao tubo de teste, constituindo seis camisas d'água. A homogeneização do escoamento da água é assegurado por câmaras de homogeneização nas entradas e nas saídas de cada uma das camisas.

A construção e fixação deste trocador de calor foi bastante difícil e trabalhosa. Inicialmente os tubos colocados externamente ao tubo de teste eram de aço carbono e as partes posterior e anterior das câmaras de homogeneização eram desmontáveis e fixas ao corpo intermediário atra

vés de parafusos. Após a instalação desta primeira montagem no sistema experimental procedeu-se os testes hidrodinâmico e hidrostático do trocador de calor e se verificou vazamentos de água em vários pontos na câmara de homogeneização e na fixação das camisas d'água ao tubo interno de aço inox. Após várias tentativas sem sucesso de ajustes e de vedações, resolveu-se extrair uma das camisas e na análise verificou-se o alto grau de oxidação de suas partes internas. Decidiu-se, em consequência, substituir as camisas de aço carbono por camisas de aço inoxidável e alterar o sistema de fixação ao tubo reator, optando-se pela soldagem da parte anterior da câmara de homogeneização, conforme a Figura 21.

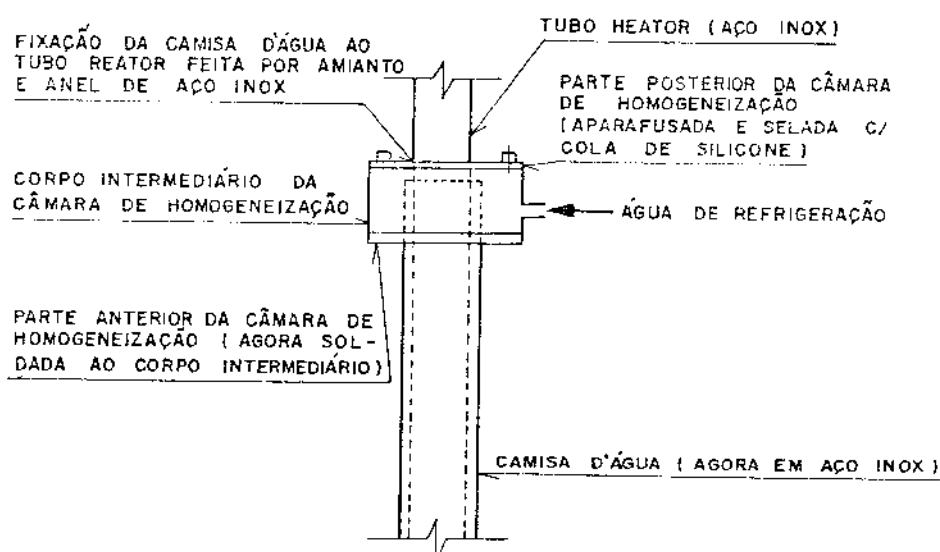


Figura 21 - Fixação das camisas de água no tubo interno do trocador de calor

Após a instalação deste novo conjunto de camisas d'água e nova montagem no sistema experimental, procedeu-se a novos testes hidrostático e hidrodinâmico, que tiveram pleno êxito.



Figura 22 - Primeira versão do trocador de calor -
tubo externo das camisas d'água em aço
carbono

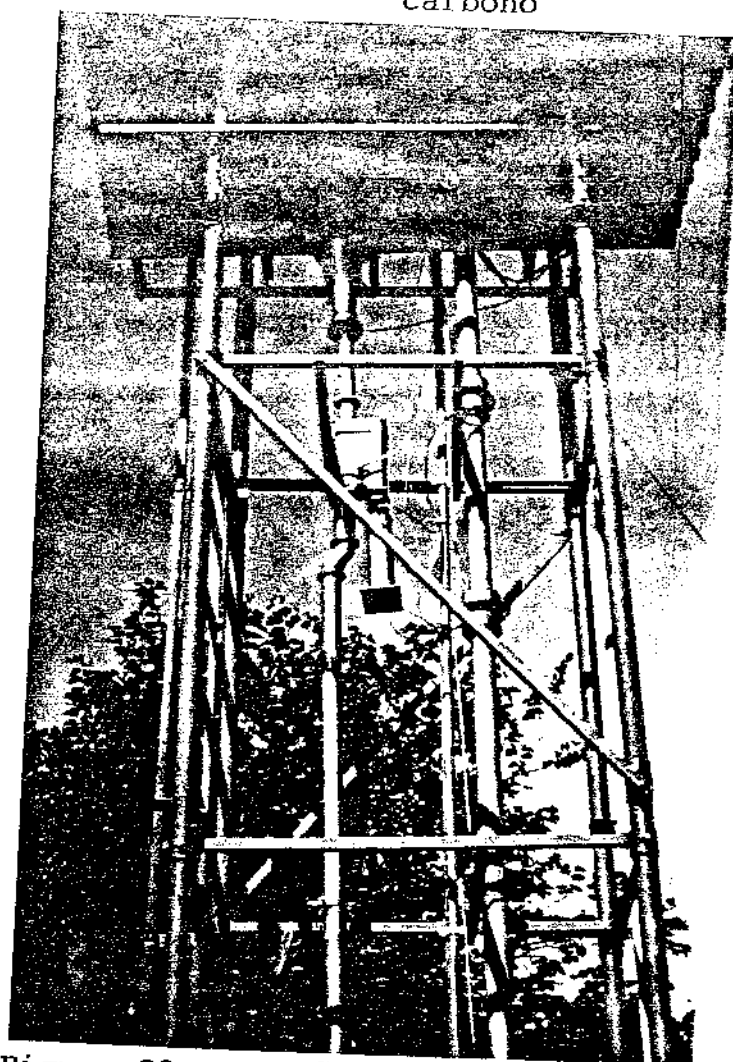


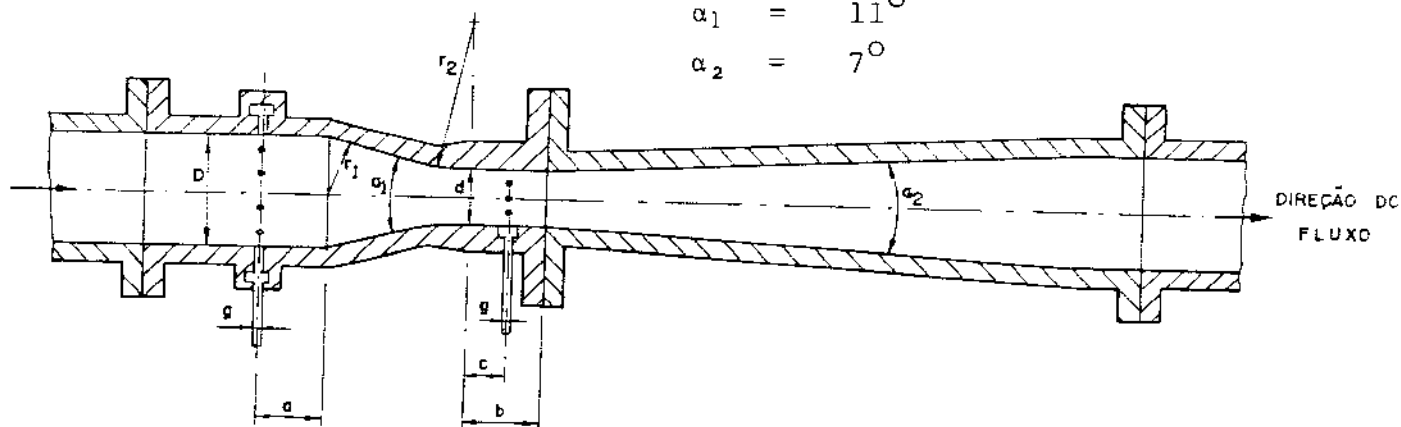
Figura 23 - Versão final do trocador
de calor - tubo externo
das camisas de água em
aço inoxidável

• Medidor Venturi e Placa de Orifício (Figuras 24, 25, 26, 27 e 28)

Um medidor venturi tipo HERSCHEL foi especialmente projetado e construído para a medida da vazão e da descarga do ar fornecida à câmara de combustão e ao maçarico, de acordo com as dimensões indicadas na Figura 24.

Para este trabalho o medidor foi construído em madeira de pinho e revestido externamente por um tubo de aço inox para proteção e rigidez. As dimensões utilizadas, conforme indicado na figura, foram:

D	=	98 mm
d	=	24,5 mm
a	=	0,5 D = 49 mm
b	=	24,5 mm
c	=	12,3 mm
r ₂	=	88 mm
r ₁	=	98 mm
α ₁	=	11°
α ₂	=	7°



- D - DIÂMETRO DO TUBO NA ENTRADA DO MEDIDOR
d - DIÂMETRO DA GARGANTA
a - 0,25D A 0,75D PARA $4" \leq D \leq 6"$, 0,25D A 0,50D PARA $6" < D \leq 32"$
b - d
c - d/2
r₁ - 3/16" A 1/2" DE ACORDO COM D
r₂ - 3,5 d A 3,75 d
α₁ - 0 A 1,375D
α₂ - 21° ± 2°
α₂ - 5° A 15°

Figura 24 - Proporções do medidor venturi tipo Herschel recomendados pelo "Committee on Flow Measurement of the International Organization for Standardization"

A curva que mostra os valores do coeficiente de descarga em função do número de Reynolds baseado no diâmetro D de entrada no venturi para o medidor tipo HERSCHEL é mostrada na Figura 25.

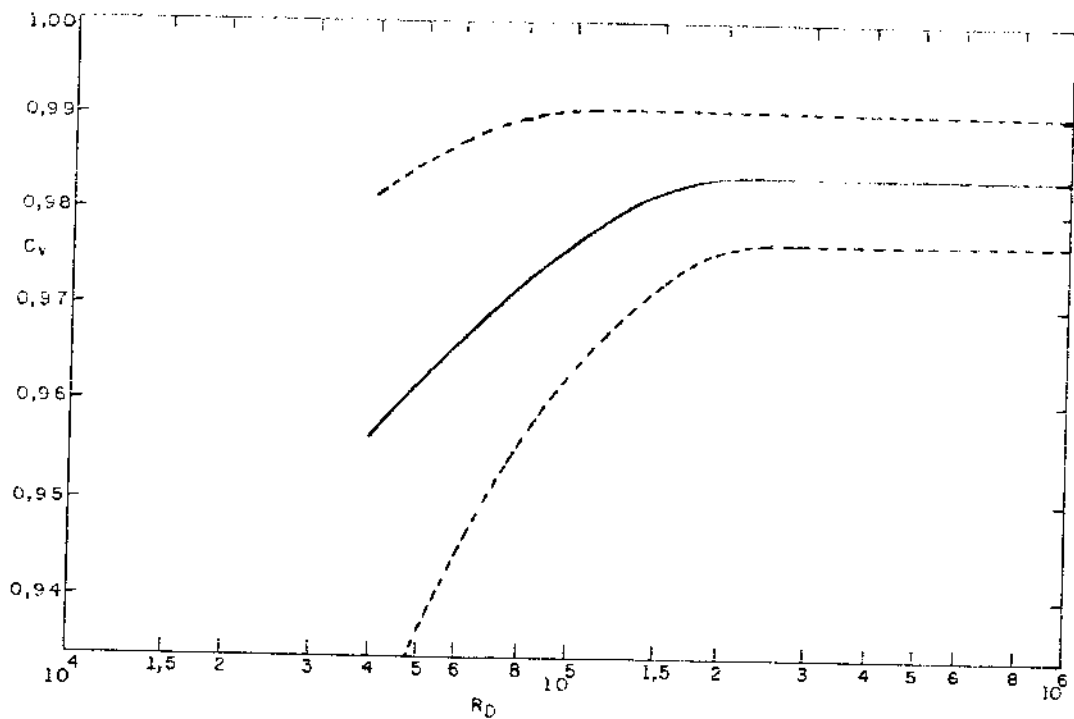
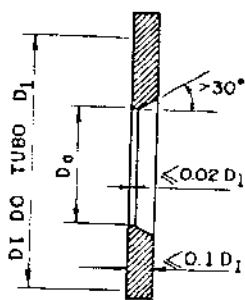


Figura 25 - Coeficiente de descarga para o medidor venturi tipo Herschel em função do número de Reynolds

Também nesta etapa foi projetada e construída uma placa de orifício em aço inoxidável para a medida da vazão de G.L.P. As dimensões, de acordo com a Figura 26, foram:

$$D_1 = 16,5 \text{ mm}$$

$$D_0 = 5 \text{ mm}$$



$$Q = C_D A_0 \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}}$$

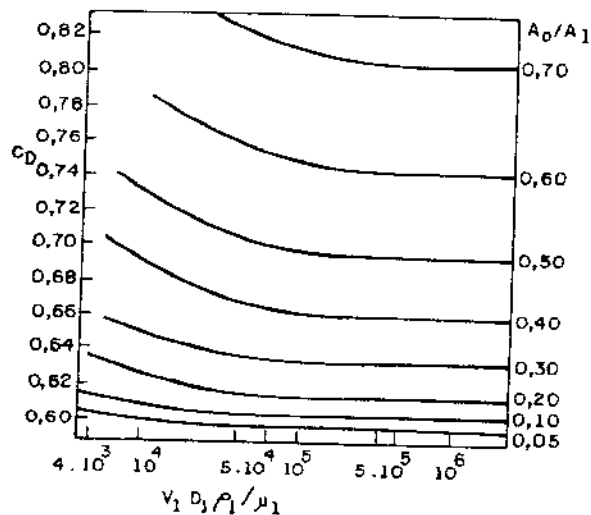
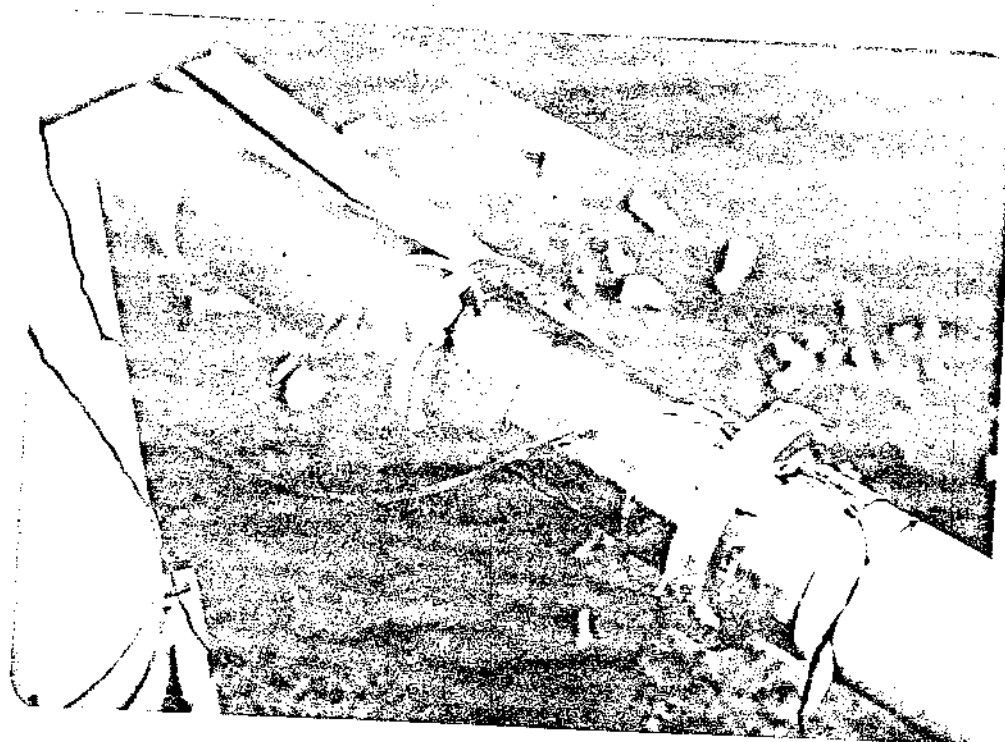


Figura 26 - Orifício VDI e coeficiente de vazão. (NACA Tech. Mem. 952)

A curva que fornece o coeficiente de descarga também é apresentada na Figura 26, em função do número de Reynolds.



sentido do escoamento na foto

Figura 27 - Medidor venturi tipo Herschel construído para a medida da vazão de ar. Observar tomadas de pressão e termopar

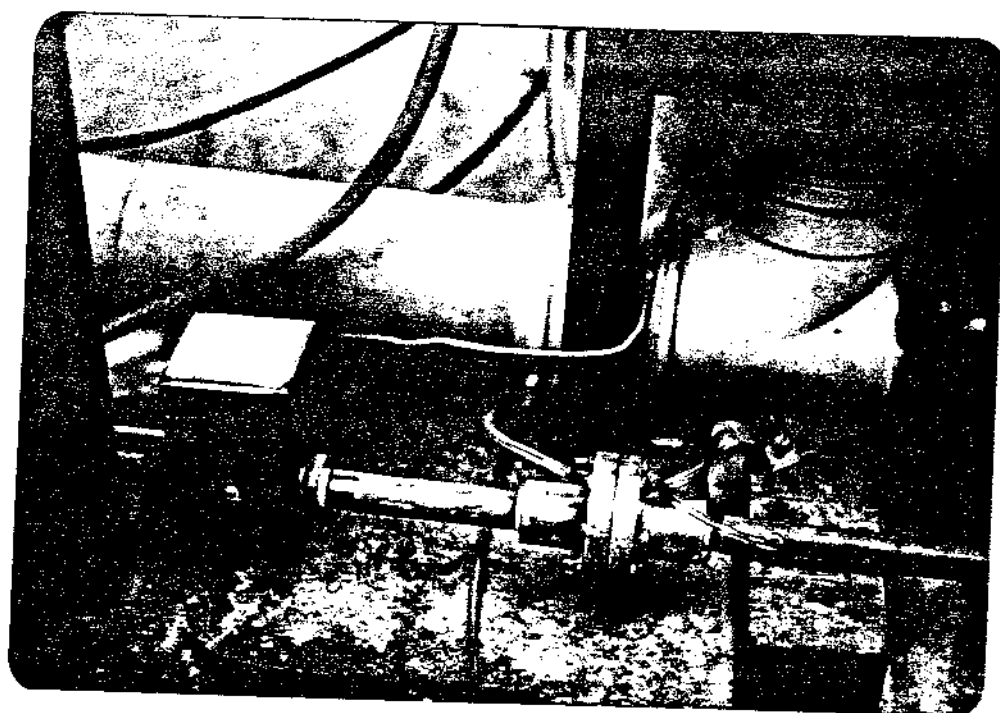


Figura 28 - Placa de orifício para a medida da vazão de G.L.P. Mostra-se também a válvula solenóide com caixa protetora e a entrada de ar secundário na câmara de combustão (ao fundo)

. Ciclone (Figuras 29, 30 e 31)

Para a separação da fase gasosa da fase sólida na saída da secção de teste foi construído um separador ciclone tipo Laple para operar na faixa de velocidades dos testes. O desempenho do ciclone se mostrou satisfatório durante os testes experimentais, dispensando a utilização de filtros de manga para a recuperação de finos.

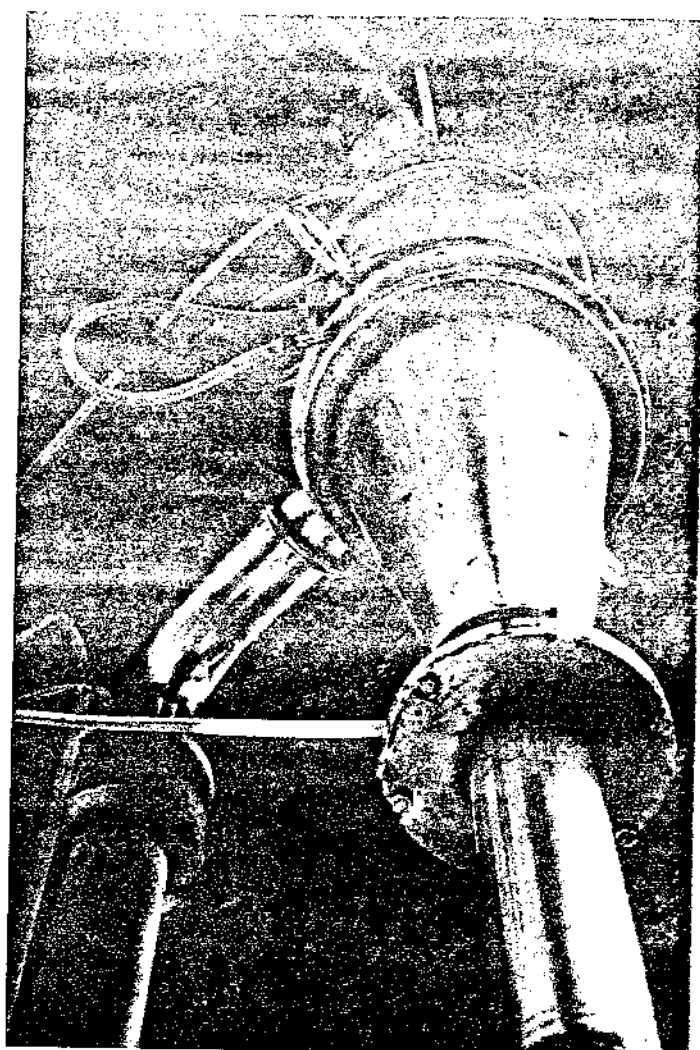


Figura 29 - Ciclone resfriado a água
com tomadas de pressão e
entradas para termopares



Figura 30 - Final da secção cônica do ciclone com isolamento, tomada de pressão e termopar Cu-Ct



Figura 31 - Saída de gases pelo ciclone. Foto tirada com o sistema em operação mostrando também termopar NiCr/NiAl

• Válvula Direcional para a Medida da Descarga de Sólidos (Figuras 32 e 33)

A válvula direcional para a medida da descarga de sólidos está situada na linha de retorno de sólidos, abaixo do ciclone, e permitiu ao final de cada teste experimental, a medida da descarga de sólidos através do sistema. A Figura 32 esquematiza o funcionamento desta válvula.

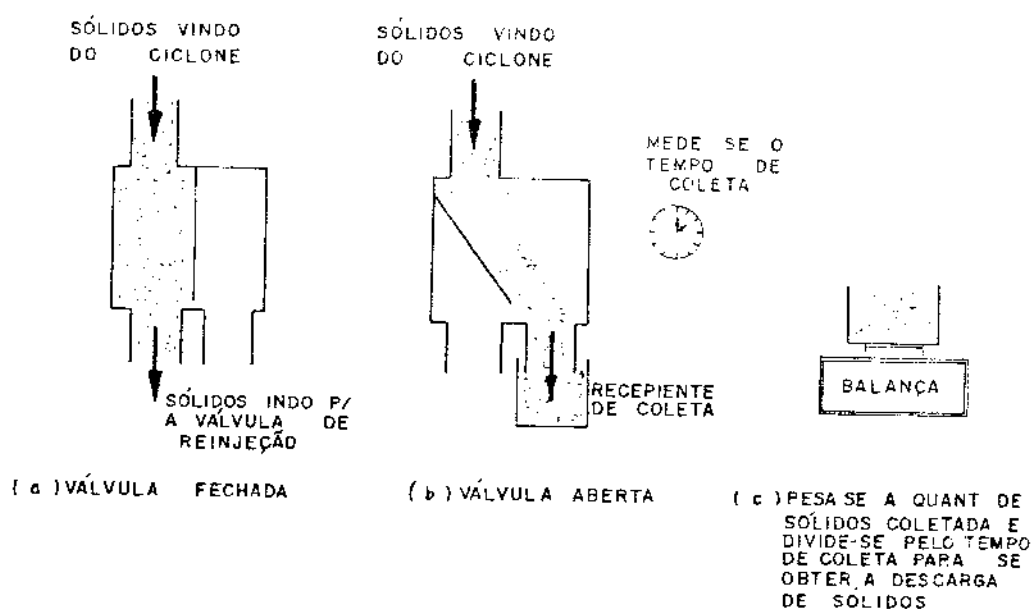


Figura 32 - Esquema de operação da válvula direcional para a medida da descarga de sólidos

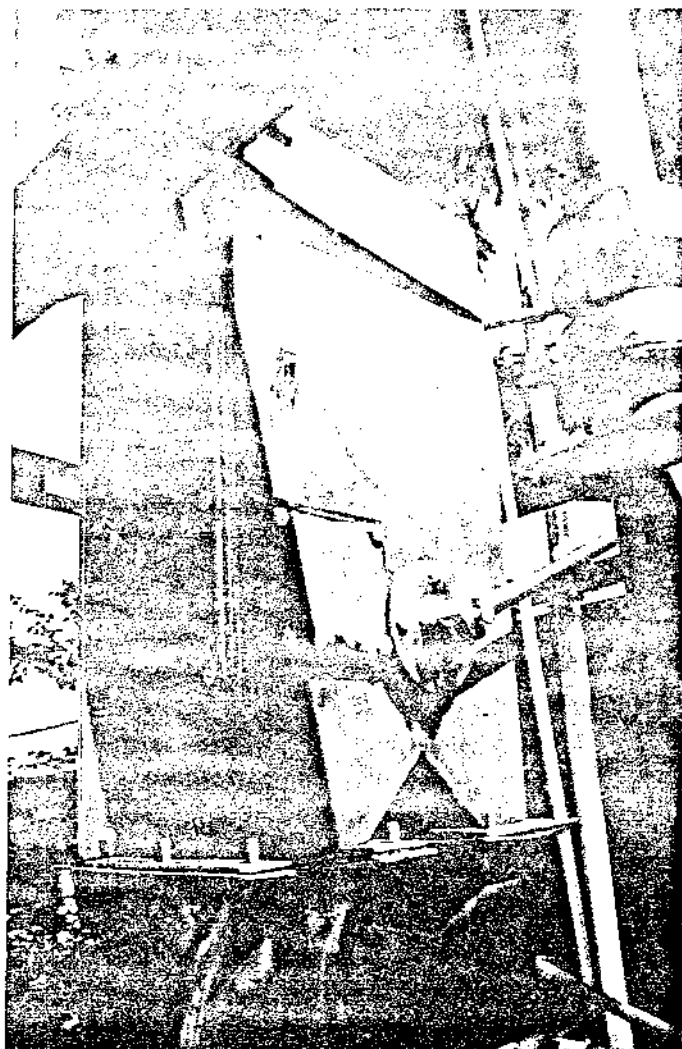


Figura 33 - Válvula direcional utilizada na medida da descarga de sólidos

Válvula de Reinjeção de Sólidos (Figuras 34 e 35)

A válvula de reinjeção de sólidos está situada abaixo da válvula direcional e permite que estes retornem ao leito fluidizado longe de maneira relativamente ordenada e contínua, evitando que os sólidos voltem da linha de retorno para o ciclone. O princípio básico de operação da válvula se baseia no funcionamento de um sifão e é esquematizado na Figura 34. Pode-se observar que uma pequena quantidade de ar é fornecido em ambos os lados do sifão com a finalidade de promover o escoamento de sólidos e de evitar o empacotamento das partículas sólidas na linha de retorno anterior à válvula. Para a observação da velocidade da circulação de sólidos através da válvula foram instalados quatro visores duplos de vidro no corpo da mesma.

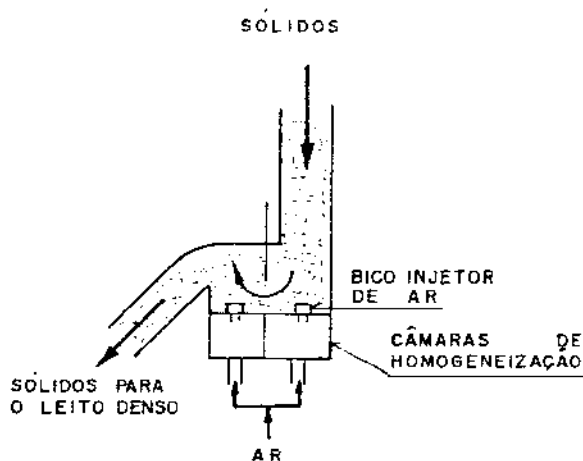


Figura 34 - Válvula de reinjeção de sólidos



Figura 35 - Válvula de reinjeção de
sólidos em operação

• Visores Duplos de Vidro

Para a observação dos aspectos hidrodinâmicos das características de funcionamento do leito fluidizado denso, da válvula de reinjeção de sólidos e da câmara de combustão foram instalados nestes equipamentos visores duplos de vidro com uma camada intermediária de ar para evitar trincas devido ao gradiente térmico. Tais vidros, antes de colocados nos equipamentos, foram tratados termicamente e recortados nas medidas convenientes.

• Sistema de Combustão (Figuras 36 e 37)

A Figura 36 apresenta o esquema do sistema de combustão, necessário para o acompanhamento da descrição de sua operação.

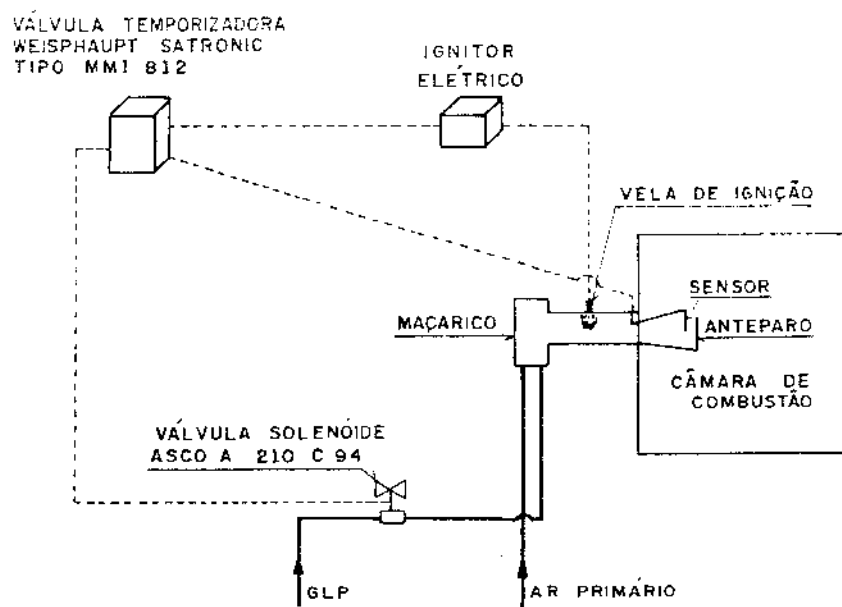


Figura 36 - Esquema do sistema de combustão

Com a linha de suprimento de ar primário aberta aciona-se a válvula temporizadora que, após alguns segundos, deixa passar a corrente elétrica através da válvula solenóide, abrindo a linha de alimentação do gás liquefeito de petró

leo. Quatro segundos após a abertura da linha de G.L.P. a válvula temporizadora aciona o ignitor, que provoca o aparecimento de centelha elétrica entre os terminais de duas velas de ignição BOSCH situadas no maçarico, dando início à reação de combustão dentro da câmara.

Por motivos de segurança, um sensor de chama, que funciona por ionização, foi instalado na câmara de combustão (ver Figura 16) assim como um anteparo para a manutenção de um ponto quente. Enquanto o sensor detecta a existência da chama a válvula temporizadora mantém corrente elétrica passando pela válvula solenóide deixando, conseqüentemente, aberta a linha de G.L.P. Se, por algum motivo, a chama no interior da câmara se apagar o sensor manda um sinal para a válvula temporizadora, que corta a corrente elétrica através da válvula solenóide, interrompendo o fornecimento de G.L.P.

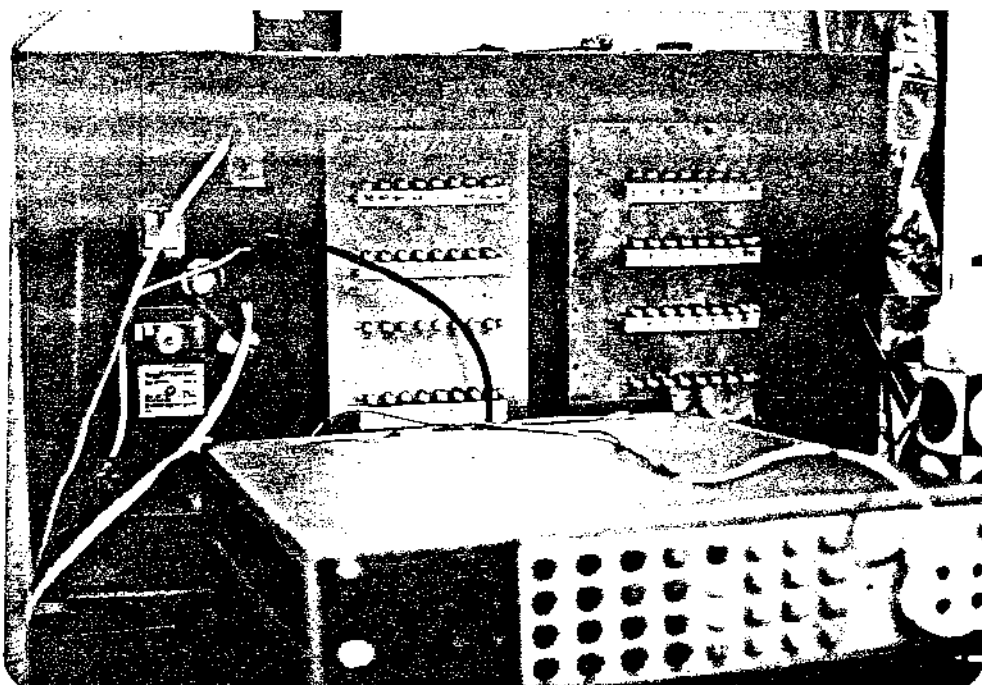


Figura 37 - Detalhe mostrando a válvula temporizadora Weisphaut Satronic MMI 812, o ignitor, sistema de chaveamento para termopares, microvoltímetro HP-3456-A e garrafa térmica para a obtenção do ponto de gelo

• Tomadas de Pressão (Figuras 38, 39 e 40)

Foram feitas leituras da pressão através da utilização de um manômetro a água em U para múltiplas tomadas e de um manômetro inclinével a que rosqueia em U, em vários pontos do sistema, a saber:

- P1 - Tomada de pressão na câmara de homogeneização do leito fluidizado denso;
- P2 - Tomada de pressão da mistura gás-sólido no interior do tubo de teste na região correspondente à entrada da primeira camisa de água;
- P3 - Tomada de pressão da mistura gás-sólido na região situada entre a 1ª e a 2ª camisas d'água;
- P4 - Tomada de pressão da mistura gás-sólido na região situada entre a 2ª e a 3ª camisas d'água;
- P5 - Tomada de pressão da mistura gás-sólido na região situada entre a 3ª e a 4ª camisas d'água;
- P6 - Tomada de pressão da mistura gás-sólido na região situada entre a 4ª e a 5ª camisas d'água;
- P7 - Tomada de pressão da mistura gás-sólido na região situada entre a 5ª e a 6ª camisas d'água;
- P8 - Tomada de pressão na saída da 6ª camisa de água;
- P9 - Tomada de pressão do ar na entrada do medidor venturi e
- P10 - Tomada de pressão do ar na garganta do medidor venturi.

Para a medida da descarga de gás foram utilizados, adicionalmente, um manômetro de mercúrio para a medida da pressão estática antes da placa de orifício e um manômetro a água para a me

dida da diferença de pressão na placa de orifício:

- P11 - Tomada da pressão estática na linha de G.L.P. antes da placa de orifício;
- P12 - Tomada de pressão no flange antes da placa de orifício;
- P13 - Tomada de pressão na saída da placa de orifício.

P11 está ligada ao manômetro de mercúrio e P12 e P13 ao manômetro de água.

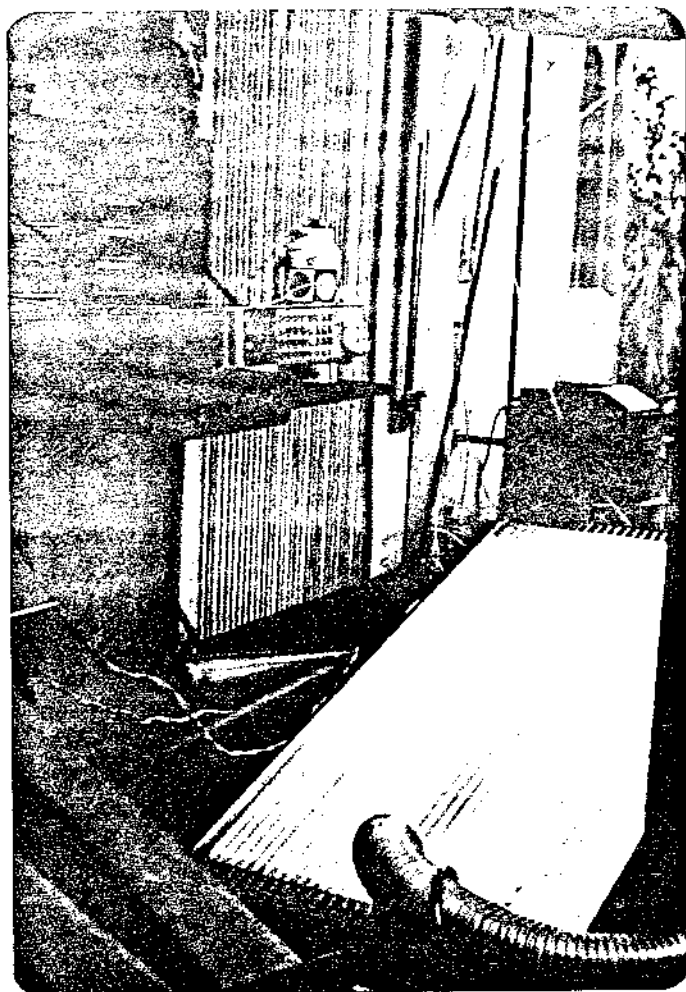


Figura 38 - Conjunto de manômetros utilizados: manômetro em U a água com múltiplas tomadas de pressão, manômetro em U inclinável a querosene e manômetro de mercúrio

A instalação das tomadas de pressão no tubo interno do trocador de calor foi feita conforme mostra a Figura 39.

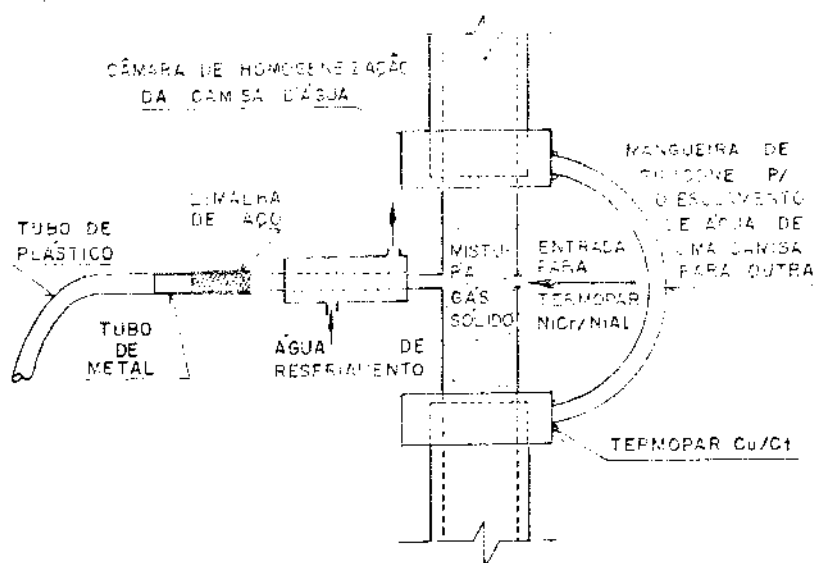


Figura 39 - Esquema de instalação de tomada de pressão no tubo de teste

É interessante observar no desenho acima e na Figura 40, que cada tomada de pressão possui um sistema de resfriamento bem como um sistema de retenção de partículas sólidas em limalhas de aço.

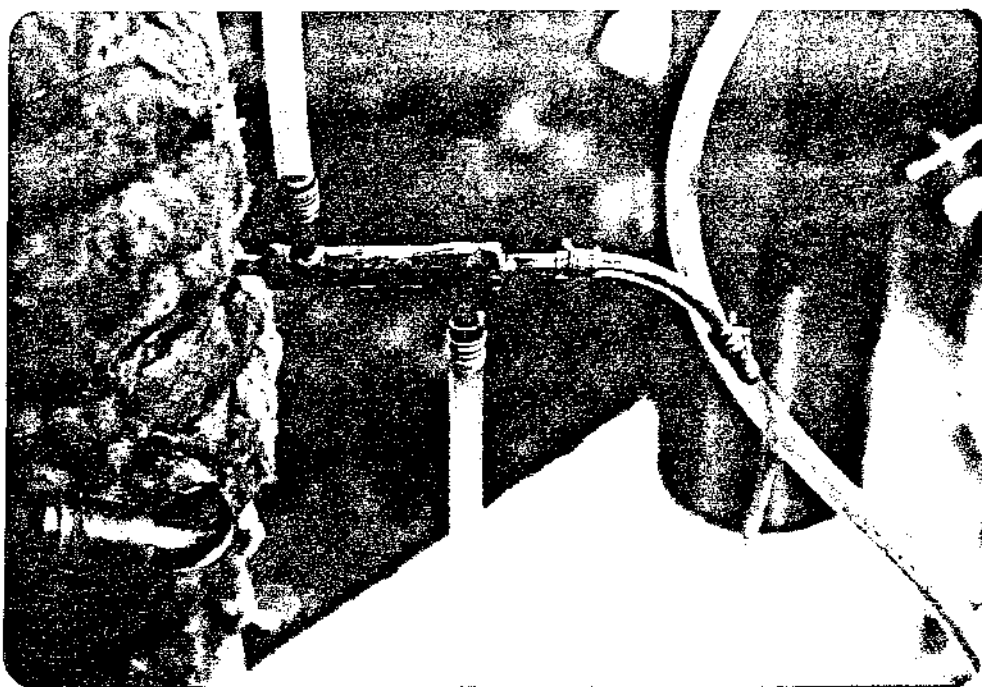


Figura 40 - Detalhe mostrando uma tomada de pressão no tubo interno do trocador de calor com isolamento

. Confeção e Instalação de Termopares e do seu Sistema de Leituras (Figuras 14, 41, 42 e 43)

Para a obtenção da temperatura nos diversos pontos do sistema experimental foram confeccionados, encapados e instalados 13 termopares do tipo K (Ni-Cr/Ni-Al) e 15 termopares do tipo T (Cu/Ct). Os fios para a confeção dos termopares foram obtidos de rolos importados da firma alemã "DEGUSSA-MESSTECHNIK".

A nomenclatura utilizada para cada termopar indicando a sua posição no sistema é a seguinte:

- T.P.1. - Termopar Ni-Cr/Ni-Al localizado na saída do duto intermediário para a medida da temperatura da fase gasosa antes de entrar no leite denso;
- *T.P.2. - Termopares para medir a temperatura da mistura gás-sólido dentro do tubo interno do trocador de calor, localizados de acordo com a Figura 14;
- T.P.3. - Termopar Ni-Cr/Ni-Al utilizado para medir a temperatura da mistura gás-sólido dentro do tubo interno do trocador de calor localizado de acordo com a Figura 14;
- T.P.4. - Termopar Ni-Cr/Ni-Al utilizado para medir a temperatura da mistura gás-sólido dentro do tubo interno do trocador de calor localizado de acordo com a Figura 14;
- T.P.5. - Termopar Ni-Cr/Ni-Al utilizado para medir a temperatura da mistura gás-sólido dentro do tubo interno do trocador de calor localizado de acordo com a Figura 14;

* Nestes locais foram instalados dois termopares para a verificação de possíveis erros.

- T.P.6. - Termopar Ni-Cr/Ni-Al utilizado para medir a temperatura da mistura gás-sólido dentro do tubo interno do trocador de calor localizado de acordo com a Figura 14;
- T.P.7. - Termopar Ni-Cr/Ni-Al utilizado para medir a temperatura da mistura gás-sólido dentro do tubo interno do trocador de calor localizado de acordo com a Figura 14;
- *T.P.8. - Termopares Ni-Cr/Ni-Al localizados na saída da 6ª camisa d'água, de acordo com a Figura 14;
- T.P.9. } - Termopares Ni-Cr/Ni-Al utilizados para a obtenção da temperatura da mistura gás-sólido nos pontos de interesse no ciclone;
- T.P.10. }
- T.P.11. }
- T.P.1.A. - Termopar Cu/Ct utilizado para a obtenção da temperatura do ar na entrada do medidor venturi;
- *T.P.2.A. - Termopares Cu/Ct utilizados para a obtenção da temperatura da água na entrada da primeira camisa conforme mostra a Figura 14;
- T.P.3.A. - Termopar Cu/Ct utilizado para a obtenção da temperatura da água entre a 1ª e 2ª camisas;
- T.P.4.A. - Termopar Cu/Ct utilizado para a obtenção da temperatura da água entre a 2ª e 3ª camisas;
- T.P.5.A. - Termopar Cu/Ct utilizado para a obtenção da temperatura da água entre a 3ª e 4ª camisas;
- T.P.6.A. - Termopar Cu/Ct utilizado para a obtenção da temperatura da água entre a 4ª e 5ª camisas;
- T.P.7.A. - Termopar Cu/Ct utilizado para a obtenção da temperatura da água entre a 5ª e 6ª camisas;

* Nestes locais foram instalados dois termopares para a verificação de possíveis erros.

ção da temperatura da água entre a 5ª e 6ª camisas;

*T.P.8.A. - Termopares Cu/Ct utilizados para a obtenção da temperatura da água na saída da 6ª camisa, como mostra a Figura 14;

T.P.9.A

T.P.10.A.

T.P.11.A.

T.P.12.A.

T.P.13.A.

Termopares utilizados para a obtenção da temperatura da água nos pontos de interesse no ciclone.

A instalação dos termopares na seção de teste vertical se procedeu conforme a Figura 41.

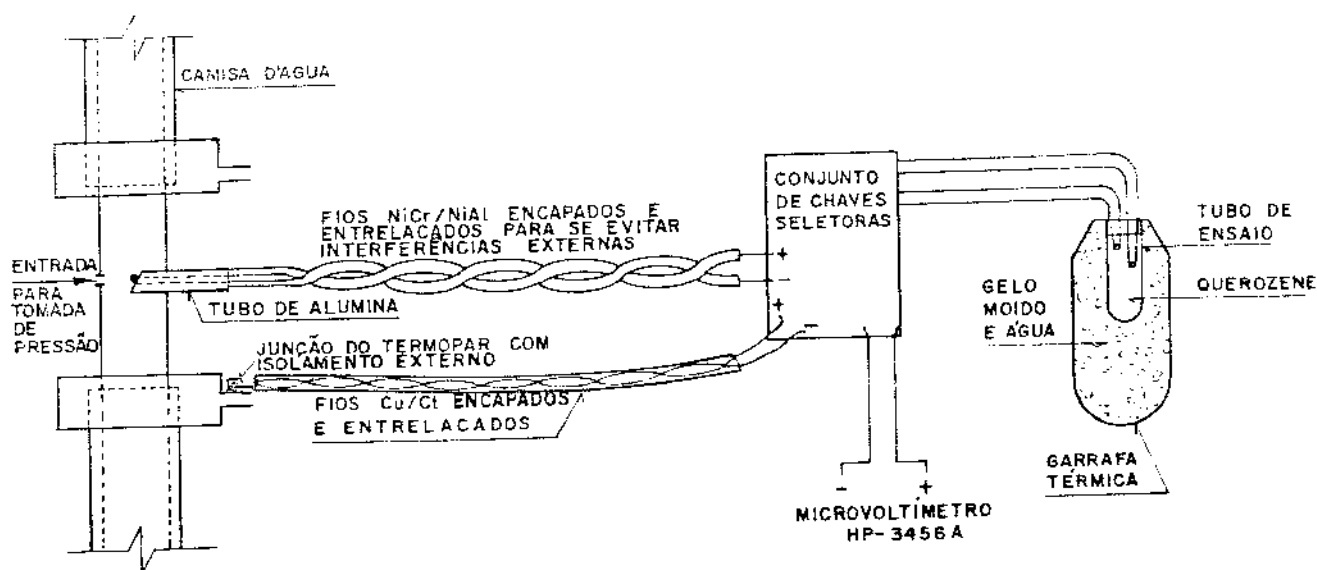


Figura 41 - Esquema da instalação de termopares na seção de teste

Como se pode observar na figura, o formato do tubo de alumina no qual é colocado o termopar Ni-Cr/Ni-Al protege a junção deste contra o impacto direto das partículas sólidas ascenden

* Nestes locais foram instalados dois termopares para a verificação de possíveis erros.

tes. Isto foi feito porque nas primeiras corridas com alta concentração de sólidos as junções, que originariamente não eram protegidas, foram quase que totalmente destruídas pelo impacto com as partículas.

O conjunto de chaves seletoras foi projetado e construído de forma a se obter a medida das temperaturas absolutas da água e da mistura gás-sólido nas regiões correspondentes à entrada e à saída de cada camisa d'água. Foram medidas:

- . A força eletromotriz através dos termopares situados na entrada da primeira camisa e na saída da última e
- . A diferença de força eletromotriz entre as entradas e as saídas das camisas d'água.

Através da soma das diferenças de voltagem em cada camisa com a voltagem indicada pelo termopar na entrada da primeira camisa obtém-se a voltagem indicada pelo termopar na saída da última camisa d'água, que pode ser comparada ao valor obtido na leitura direta:

$$\begin{aligned}
 & (F.e.m)_{\text{entrada}} + (\Delta F.e.m)_{1^{\text{a}} \text{ camisa}} + (\Delta F.e.m)_{2^{\text{a}} \text{ camisa}} + \\
 & \qquad \qquad \qquad 1^{\text{a}} \text{ camisa} \\
 & \qquad \qquad \qquad + (\Delta F.e.m)_{3^{\text{a}} \text{ camisa}} + (\Delta F.e.m)_{4^{\text{a}} \text{ camisa}} + \\
 & \qquad \qquad \qquad + (\Delta F.e.m)_{5^{\text{a}} \text{ camisa}} + (\Delta F.e.m)_{6^{\text{a}} \text{ camisa}} = \\
 & \qquad \qquad \qquad = (F.e.m)_{\text{saída}} \\
 & \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad 6^{\text{a}} \text{ camisa} \\
 & \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{absoluta}
 \end{aligned}$$

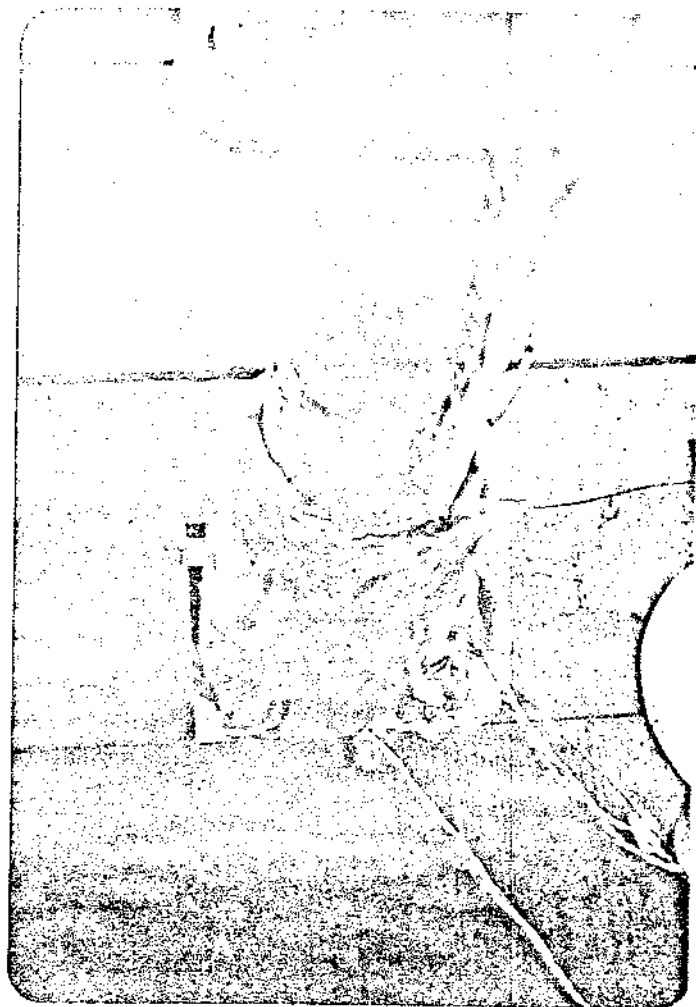


Figura 42 - Instalação dos termopares Ni Cr/Ni Al no tubo interno e Cu/Ct na entrada da camisa d'água



Figura 43 - Detalhe mostrando na parte superior o conjunto de chaves seletoras, a garrafa térmica e o microvoltímetro HP-3456A

Medida da Descarga de Água (Figuras 44, 45 e 46)

Para a medida gravimétrica das descargas de água através das camisas da seção de teste e do ciclone foi construído um sistema para a coleta da água sem alteração das pressões ao longo da linha de água. O esquema deste dispositivo, situado no topo do tubo de teste, é mostrado na Figura 44.

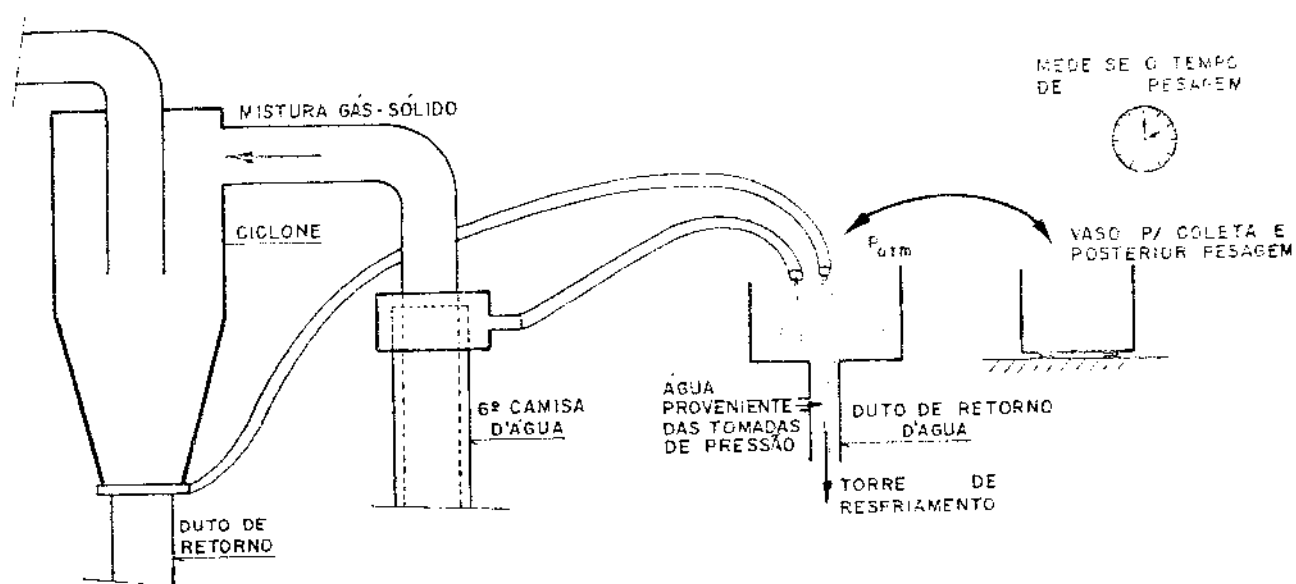


Figura 44 - Sistema utilizado para a medida da descarga de água pelo trocador de calor vertical e pelo ciclone



Figura 45 - Detalhe mostrando o sistema de retorno da água

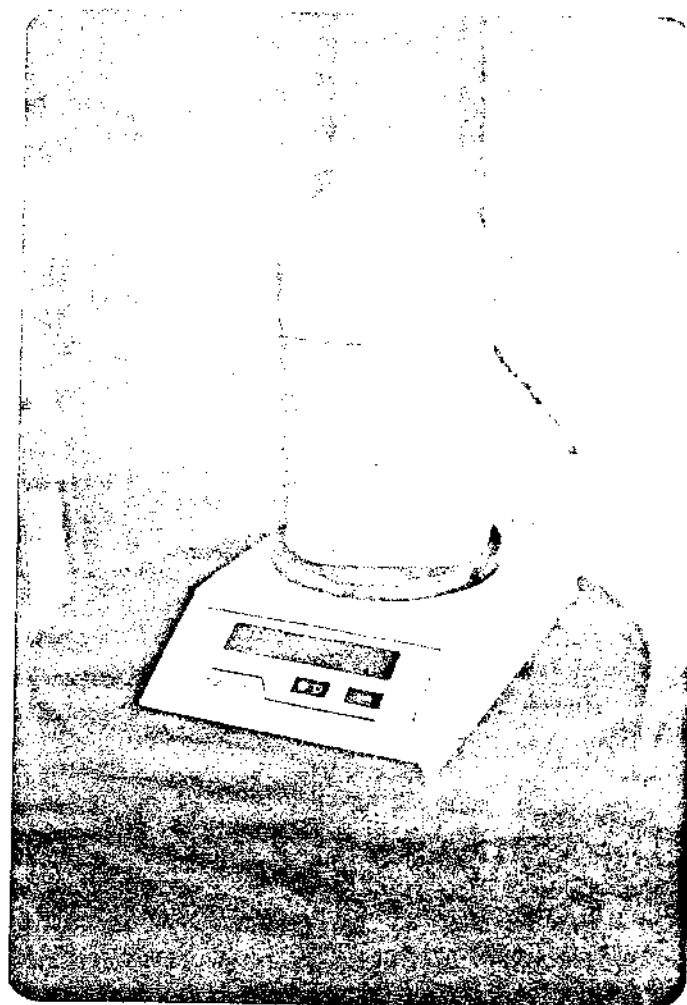


Figura 46 - Detalhe mostrando a balança utilizada para a medida do peso da amostra coletada (precisão 0,1 g)

. Circuito da Água de Resfriamento

As correntes de água de resfriamento do sistema do tubo de teste, das tomadas de pressão e do ciclone, após passarem pelo sistema de medida de descarga descrito no item anterior, retornam por um mesmo duto para a torre de resfriamento. A temperatura da água na torre de resfriamento foi mantida, através do emprego de resistências elétricas, em torno de 50°C , a fim de evitar a condensação do vapor de água, formado na combustão do G.L.P., nas partes frias do sistema.

Este problema ocorreu na primeira vez que se acionou o sistema de combustão com partículas sólidas escoando no sistema e causou a aglomeração de sólidos, obstruindo o fluxo dos mesmos através do sistema. (Neste caso a água na torre de resfriamento estava mantida em 20°C). Da torre de resfriamento a água era bombeada para as três diferentes linhas do sistema de resfriamento: ciclone, tomadas de pressão e tubo de teste.

. Isolamento

Para evitar perdas de calor externas para o meio ambiente, foi aplicado isolamento às seguintes partes do sistema:

- . Duto de homogeneização (lã de vidro branca);
- . Leito fluidizado denso (lã de vidro branca);
- . Espaço entre as camisas d'água e as câmaras de homogeneização das mesmas (lã de vidro amarela);
- . Corpo das camisas (isopor);
- . Ciclone (isopor);
- . Linha de retorno de sólidos (lã de vidro branca).

. Análise Cromatográfica

A fase gasosa na saída do ciclone foi coletada para diversas condições de operação do sistema a fim de, através de um analisador cromatógrafo, marca C.G. Aparelhos Científicos Modelo C.6.20, determinar a sua composição volumétrica. Os resultados obtidos serão expostos e discutidos no item 3.3.

. Análise Granulométrica (Figura 47)

Um equipamento clássico de vibração com jogos de peneira SOLOTEST foi utilizado para a determinação do diâmetro médio das três distribuições de tamanhos de partículas sólidas utilizadas.

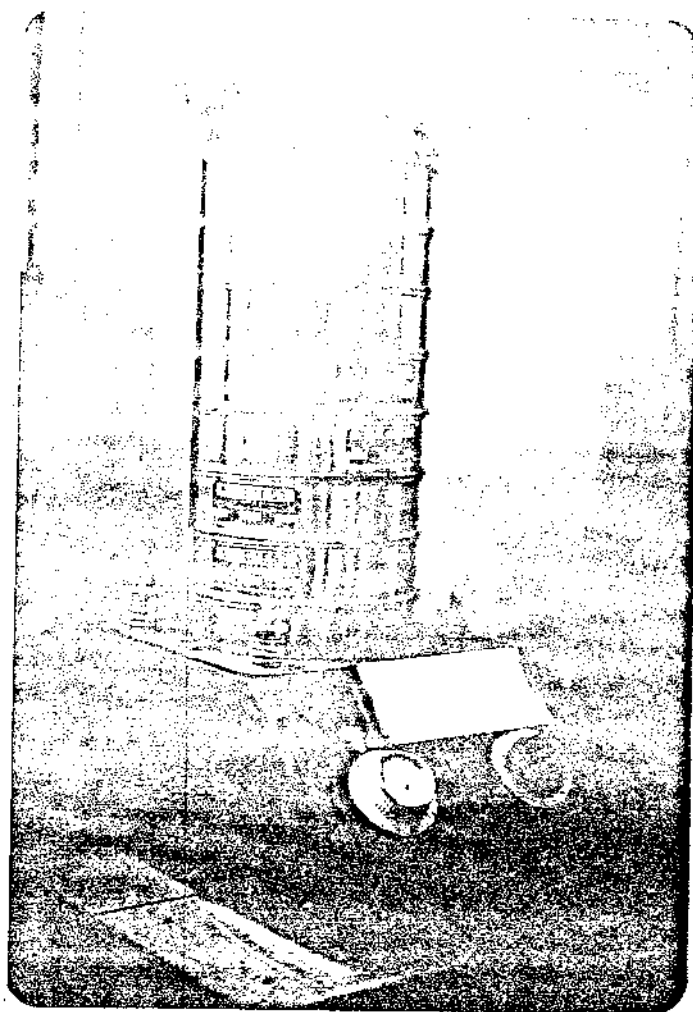


Figura 47 - Equipamento utilizado na
análise granulométrica

- Aferição dos Termopares (Folhas 48, 49, 50 e 51)

Para a aferição dos termopares tipo K (Ni-Cr/Ni-Al), que trabalha em altas faixas de temperatura (até - 500°C), foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Potenciômetro 7556 Leeds & Northrup - precisão $\pm 0,03 \mu\text{V}$;
- Detetor de Nulos 9838 Leeds & Northrup;
- Pilha padrão de 1,0156 V;
- Fonte de Tensão HP-0 a 40 V;
- Microvoltímetro Digital HP 3456A - precisão $\pm 0,1 \mu\text{V}$;
- Forno de Aquecimento Elétrico Pulsante e
- Termopar padrão tipo S (Pt-10% Pt Rh/Pt) aferido pela N.B.S. (erro máximo de 1°C para a faixa indicada).

A instalação destes equipamentos foi feita de acordo com o esquema da Figura 48 apresentada a seguir.

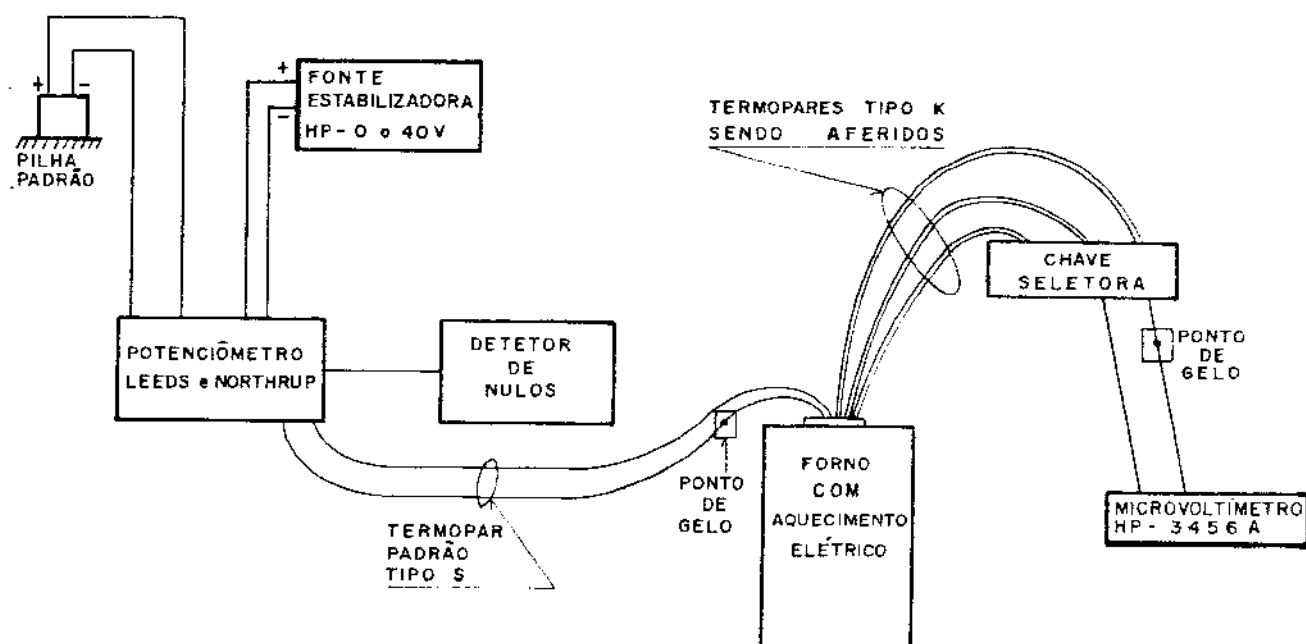


Figura 48 - Esquema do sistema de aferição dos termopares tipo K
(Ni Cr/Ni Al)

As junções dos termopares tipo K e tipo S foram colocadas aproximadamente no mesmo nível dentro do forno para se obter a mesma temperatura nos quatro junções. Ao valor médio das leituras dos três termopares do tipo K obtidas no pirômetro HP-3456A, para diferentes temperaturas no forno, fez-se corresponder o valor indicado pelo termopar tipo S de referência, ligado ao potenciômetro Leeds & Northrup. O conjunto de valores obtidos estão na Tabela 3; a partir deles obteve-se, através de uma regressão linear, uma curva de aferição para os termopares Ni-Cr/Ni - Al dentro da faixa de operação desejada, com uma precisão de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Tal curva de aferição é apresentada na Figura 49. Para os termopares Cu/Ct optou-se por utilizar as tabelas fornecidas pelo fabricante com precisão de 1°C na faixa de trabalho entre 20°C e 90°C .

Tabela 3 - Aferição dos termopares tipo K (NiCr/NiAl)
Junção de referência a 0°C

PONTO	TERMOPAR PADRÃO (NBS - TEST nº 223514, MARCH 1981) TIPO S (Pt - 10% Rh/Pt) Emf (µV) - LEEDS	TEMPERATURA CORRESPONDENTE LEEDS & NORTHRUP Co. T _p (°C)	TERMOPAR NiCr/NiAl 1 (TC-1) VOLTÍMETRO HP-3456 A Emf - (µV)	TEMPERATURA CORRESPONDENTE DEGUSSA- MESSTECHNIK T ₁ (°C)	NiCr/NiAl TC-2 Emf (µV)	DEGUSSA- MESSTECHNIC T ₂ (°C)	NiCr/NiAl TC-3 Emf (µV)	DEGUSSA- MESSTECHNIC T ₃ (°C)	NiCr/NiAl TC-4 Emf (µV) T ₁ , T ₂ e T ₃ T (°C)
I	146,66	25,78	1054	26,33	1043	26,05	1052	26,27	26,22
II	231,36	39,56	1608	39,33	1596	39,03	1592	39,34	39,70
III	1590,30	217,91	8894	218,90	8881	218,50	8877	218,36	218,61
IV	2038,30	268,92	11055	272,09	11047	271,90	11038	271,72	271,8
V	2547,31	324,81	13303	326,32	13297	326,17	13286	325,97	326,13
VI	3050,53	378,50	15647	382,26	15642	382,14	15639	381,84	382,00
VII	3255,57	400,06	16592	404,65	16585	404,49	16572	404,19	404,66
VIII	3698,87	445,96	18452	448,57	18450	448,32	18439	448,00	448,43

As incertezas nos valores dados para o termopar padrão não excedem 5 mV na faixa de 0 a 1100 °C (na nossa faixa de trabalho ± 1 °C - erro máximo) - Tabela fornecida pela Leeds & Northrup Co.

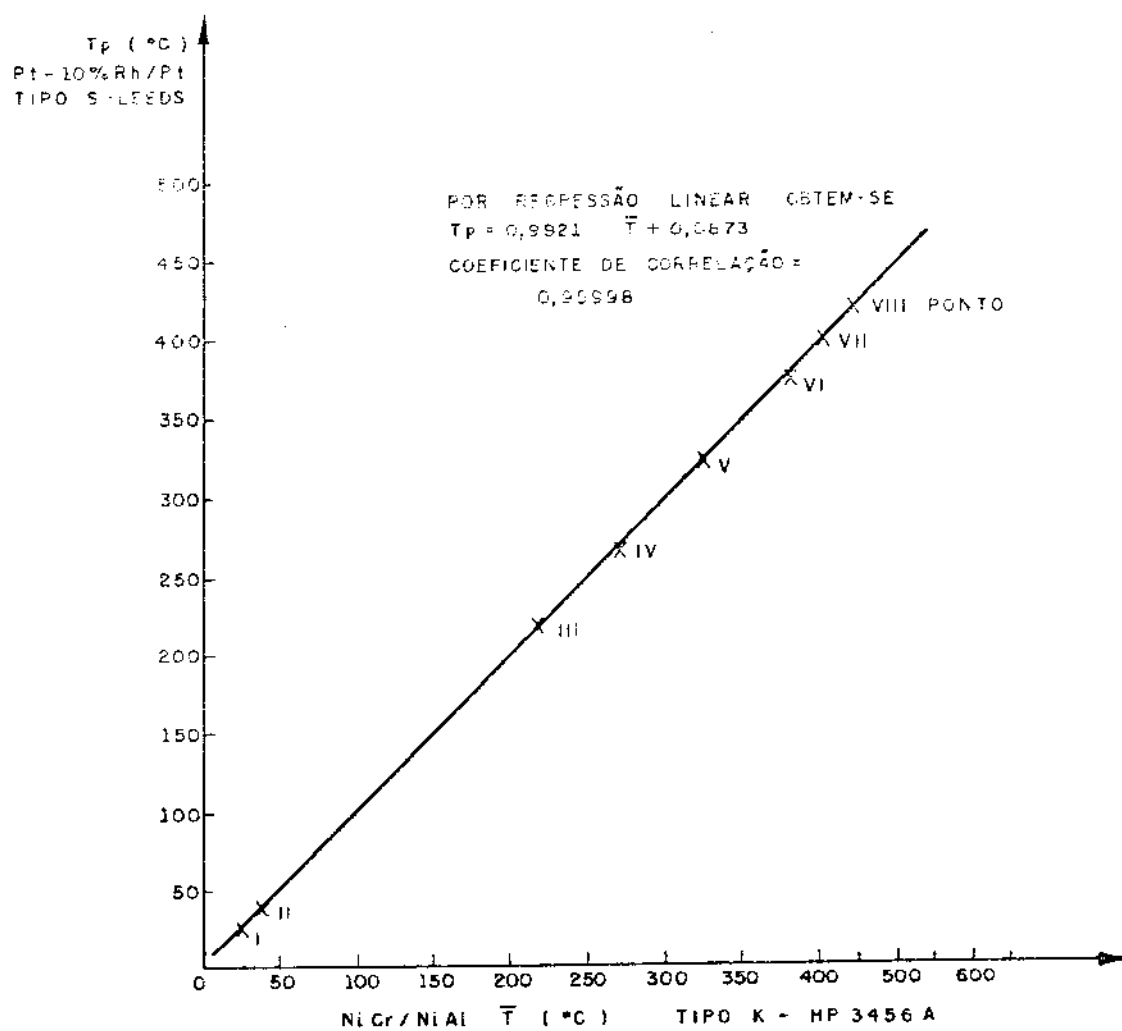


Figura 49 - Curva de aferição para os termopares tipo K
 (Ni Cr/Ni Al)



Figura 50 - Termopar padrão: tipo S aferido pela
N.B.S. teste nº 223514

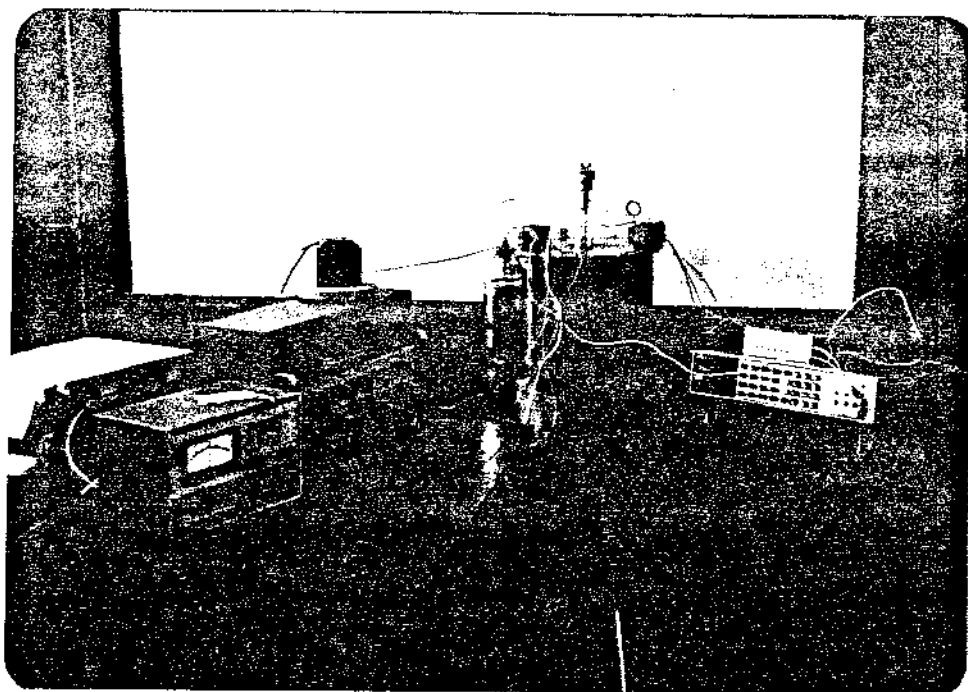


Figura 51 - Equipamentos utilizados na aferição
dos termopares tipo K

2.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Descreve-se a seguir a sequência de etapas que constitui o procedimento utilizado na realização de um teste experimental.

1. Partículas sólidas são colocadas no leito denso em uma quantidade conveniente escolhida;
2. Aciona-se o compressor SOMA e a bomba de água e regula-se as vazões desejadas para a partida do sistema;
3. Aciona-se a válvula temporizadora para se obter chama na câmara de combustão;
4. Ajustam-se as vazões de ar, G.L.P. e água de uma maneira conveniente para cada teste;
5. Espera-se o sistema atingir uma condição estável de operação;
6. Efetuam-se as leituras de pressão e voltagens;
7. Mede-se a descarga de água;
8. Mede-se a descarga de sólidos;
9. Adiciona-se ou retira-se sólidos do sistema conforme a condição desejada e repete-se o procedimento.

Para se desligar o sistema procede-se da seguinte maneira:

1. Fecha-se a válvula de fornecimento de G.L.P.;
2. Desliga-se a bomba de água e o compressor SOMA;

3. Fechem-se todas as válvulas de controle de va
zão do sistema.

É importante frisar aqui que esta metodologia de pe
ração do sistema deve ser seguida por questão de segurança e
para o funcionamento adequado do equipamento.

CAPÍTULO 3

REDUÇÃO DOS DADOS

Neste capítulo discute-se a determinação do coeficiente de transferência de calor da mistura gás-sólido com a superfície interna da parede do tubo de teste a partir dos resultados obtidos, detalhando-se adicionalmente, a determinação da vazão de ar no medidor venturi, a análise dos produtos da combustão de GLP, que constituíram o fluido de arraste empregado e a determinação da distribuição granulométrica do particulado utilizado.

3.1 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DA MISTURA GÁS-SÓLIDO COM A SUPERFÍCIE INTERNA DA PAREDE DO TUBO DE TESTE

O objetivo da instalação de 6 camisas d'água ao longo do tubo de teste foi o de obter, através de balanços térmicos a variação do coeficiente de transferência de calor da mistura gás-sólido com a superfície interna da parede do tubo de teste ao longo da altura do tubo.

Para uma secção do tubo de teste onde se tem uma camisa d'água devidamente isolada, de forma a que se possa desprezar as perdas de calor para o meio ambiente, a taxa de transferência de calor para a água, que escoar no espaço anular, pode ser obtido de:

$$\dot{Q} = \dot{m}.c.(T_g - T_e) \quad (3)$$

Utilizando-se o conceito de diferença média logarítmica de temperatura, o coeficiente global de transferência de calor é dado por:

$$U_i = \frac{\dot{Q}}{A_i.DMLT}$$

onde,

$$DMLT = \frac{(T_{m2} - T_s) - (T_{m1} - T_e)}{\ln \left[\frac{(T_{m2} - T_s)}{(T_{m1} - T_e)} \right]} \quad (4)$$

O coeficiente interno de transferência de calor HI , entre a mistura gás-sólido e a superfície interna da parede do tubo de teste pode ser obtido de:

$$HI = \left[\frac{1}{U_i} - \frac{A_i \cdot \ln(r_e/r_i)}{2\pi K_a \cdot L} - \frac{A_i}{A_e} - \frac{1}{HO} \right]^{-1} \quad (5)$$

em que não se considerou a formação de alguma resistência de depósito.

Os valores das grandezas envolvidas nas equações(3), (4) e (5) foram obtidas como segue:

$\dot{m}$ = descarga de água através das camisas de água - medido para cada teste de acordo com o procedimento descrito em 2.1;

c = calor específico da água - valor obtido de tabela [27] na temperatura média entre a entrada e a saída de cada camisa d'água;

T_e, T_s, T_{m1}, T_{m2} = temperaturas medidas para cada teste;

A_i = 0,208 m²;

r_i = 0,0360 m;

L = 920 mm;

K_a = 16,5 W/mK a 100^oC (dado fornecido pela Pérsico Piziamiglió);

A_e = 0,217 m²;

r_e = 0,0375 m.

Para a estimativa do valor do coeficiente de transferência de calor entre a superfície interna da parede do tubo de teste e a água no espaço anular H_0 utilizou-se correlações experimentais provenientes dos seguintes trabalhos: Sieder e Tate [28], D.Q. Kern [29]*, E.S. Davis [30], Monrad e Pelton [31] e J.H. Wiegand [32]. Embora a variação do valor de H_0 obtido de uma correlação para outra não exerça uma grande influência de HI , os resultados obtidos aplicando cada uma delas são apresentados no Anexo 2. Para o cálculo final do coeficiente de transferência de calor entre a mistura gás-sólido e a superfície interna da parede do tubo de teste, optou-se pela correlação de Davis [30], por cobrir uma faixa maior de validade de aplicação:

$$\frac{H_0 D_1}{K_f} = 0,038 \left(\frac{D_1 G_a}{\mu} \right)^{0,8} \left(\frac{\mu_c}{K_f} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^{0,15} \quad (6)$$

para

$$7 \leq \frac{V_m D_1}{\nu} \leq 180000 \quad \text{e} \quad 1,18 \leq \frac{D_2}{D_1} \leq 6800$$

Neste trabalho assumiu-se que $\mu \approx \mu_w$ devido ao fato de que as temperaturas da água no espaço anular e da superfície externa da parede do tubo de teste não são substancialmente diferentes (média de 5°C) de forma a causar uma variação grande no valor da viscosidade. Isto pode ser comprovado através da análise dos valores obtidos para $\dot{Q}$, H_0 e $\bar{T}$ apresentados no Anexo 2. O valor do termo $\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$ para o pior caso obtido foi de 1,02 e, portanto, o erro em se admitir $\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} = 1,00$ é bem pequeno para as condições de operação deste trabalho. Admitiu-se também, que a correlação (6) vale para $\frac{D_2}{D_1} = 1,1$.

* Figura 25 do apêndice do livro "Process Heat Transfer"

Para os cálculos de H_0 e H_1 utilizou-se uma calculadora programável Sharp PC 1211 com programas em Basic e admitiu-se que a perda de calor para o meio externo, através das camisas d'água, foi desprezível em relação ao calor transferido para a água no espaço anular. Esta última hipótese foi comprovada como válida num dos testes experimentais, pela medida da temperatura externa do isolante colocado na camisa, obtendo-se um valor apenas 2°C acima da temperatura ambiente. Para uma velocidade do ar de 3 m/s no ambiente externo tem-se através da utilização de correlação apresentada em [37] para convecção forçada em escoamento cruzado sobre cilindros que:

$$\frac{\bar{h} D'}{K'} = 0,615 \left(\frac{\rho' u' D'}{\mu'} \right)^{0,466};$$

onde:

$$D' = 11 \cdot 10^{-2} \text{ m};$$

$$\rho' = 1,18 \text{ kg/m}^3 *;$$

$$\mu' = 1,98 \cdot 10^{-5} \text{ kg/ms} *;$$

$$K' = 0,026 \text{ W/m } ^{\circ}\text{C} *;$$

$$\bar{h} = \frac{0,026 \cdot 0,615}{11 \cdot 10^{-2}} \left(\frac{1,18 \cdot 3 \cdot 11 \cdot 10^{-2}}{1,98 \cdot 10^{-5}} \right)^{0,466} = 14 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}$$

Daí:

$$\dot{Q}_{\text{perdido}} = \bar{h} \cdot A \cdot (T_{pw} - T_{\infty});$$

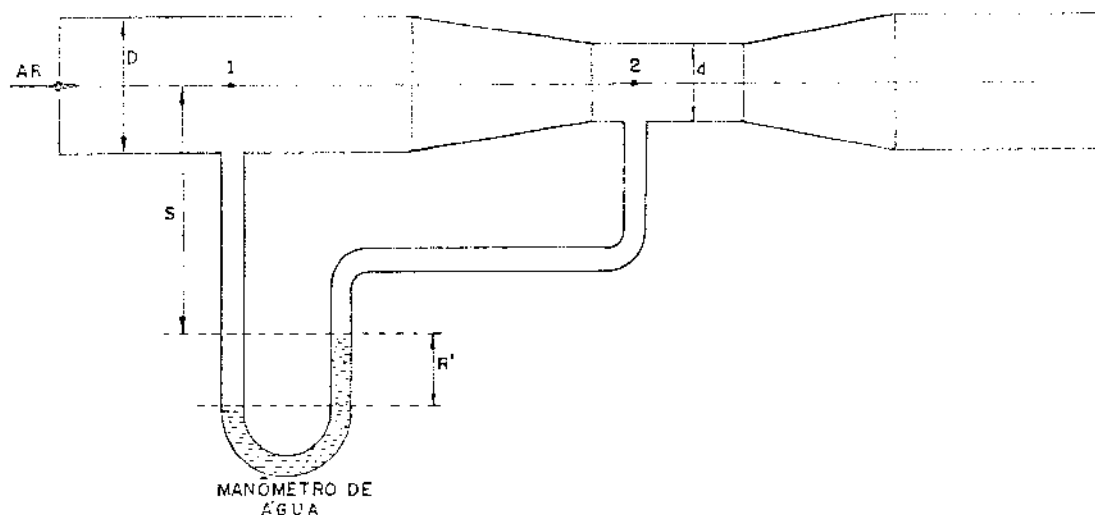
$$\dot{Q}_{\text{perdido}} = 14 \cdot 0,23 \cdot (31 - 29) = 6,7 \text{ W.}$$

Este valor é muito pequeno - menos de 1% - relativamente a $\dot{Q}$, cujos valores são apresentados no Anexo 2.

* Valores avaliados à temperatura de filme $\approx 30^{\circ}\text{C}$.

3.2 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE AR ATRAVÉS DO MEDIDOR VENTURI

Para a determinação da vazão e da descarga de ar através do medidor venturi seguiu-se o procedimento clássico, apresentado a seguir, em que as grandezas geométricas são mostradas na Figura abaixo.



Equilíbrio de pressão:

$$P_1 + \rho_{ar} g (S + R') = P_2 + \rho_{ar} g S + \rho_a g R'$$

ou

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho_{ar} g} = \left(\frac{\rho_a}{\rho_{ar}} \right) \cdot R' \quad (7)$$

Utilizando-se a equação de Bernouli, juntamente com a equação da continuidade para um fluido incompressível mais o conceito de coeficiente de descarga C_v para se levar em conta os efeitos de atrito num escoamento de um fluido real, tem-se:

$$Q_{ar} = C_v \cdot A_2 \sqrt{\frac{\frac{P_1 - P_2}{2g \left(\frac{\rho_a}{\rho_{ar}} \right)}}{1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2}} \quad (8)$$

Substituindo-se a equação (7) em (8) vem:

$$Q_{ar} = C_v \cdot A_2 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \left(\frac{c_a}{\rho_{ar}} + 1 \right) \cdot R'}{1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2}} \quad (9)$$

Neste trabalho tem-se as seguintes dimensões:

$$D = 98 \text{ mm}$$

$$d = 24,5 \text{ mm}$$

$$\text{Fluido manométrico: } \rho_a = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left(\begin{array}{l} \text{água a } 20^\circ\text{C} - \\ \text{"Int. Skeleton Table, 1963",} \\ \text{U.K. Steam Tables in S.I} \\ \text{Units, 1970} \end{array} \right)$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Para a densidade do fluido em escoamento (ar) adotou-se um valor médio obtido nos vários dias de experimento conforme o procedimento abaixo:

$$P_{ATM} = 693 \text{ mm Hg} = 9,2370 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \leftarrow \text{valor médio obtido nos dias de experimento - São Carlos.}$$

$$R_{ar} = 287,16 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Considerando-se o ar como gás ideal: $\rho = P/RT$, tem-se:

Casos extremos:

$$P_{1_{\min}} = 9,3055 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}, \quad T_{1_{\max}} = 40^\circ\text{C} \rightarrow \rho_{1_{\min}} = 1,03 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_{1_{\max}} = 1,01480 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}, \quad T_{1_{\min}} = 25^\circ\text{C} \rightarrow \rho_{1_{\max}} = 1,19 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

← TEMPERATURA DO
AR VINDO DO COM-
PRESSOR NA ENTRA-
DA DO VENTURI

Valor médio adotado:

$$\rho_{ar} = 1,11 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para a determinação do coeficiente de descarga C_v analisou-se os casos extremos, obtidos nos experimentos, e adotou-se novamente o valor médio:

$$\text{número de Reynolds: } Re_D = \frac{V_1 \cdot D \cdot \rho_1}{\mu_1}$$

com

$$D = 0,098 \text{ m}$$

$$\rho_{ar} = 1,11 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu_1 = 1,983 \cdot 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m.s}} \text{ [ar a } 30^\circ\text{C [25]]}$$

vem:

$$Re_D = \frac{V_1 \cdot 0,098 \cdot 1,11}{1,983 \cdot 10^{-5}} = 5486 V_1$$

Neste trabalho a velocidade da fase gasosa no tubo de teste variou, como veremos adiante, de 5,8 m/s até 12,8 m/s. Como o diâmetro do tubo de teste é 72 mm tem-se:

$$98^2 \cdot V_1 = v_g \cdot 72^2 \rightarrow v_{1_{\min}} = 5,8 \left(\frac{72}{98} \right)^2 = 3,1 \text{ m/s} \rightarrow Re_{D_{\min}} = 17007$$

$$v_{1_{\max}} = 12,8 \left(\frac{72}{98} \right)^2 = 6,9 \text{ m/s} \rightarrow Re_{D_{\max}} = 37903$$

Da Figura 25 tira-se:

$$C_{v_{\min}} = 0,934 \text{ (extrapolando a curva)}$$

$$C_{v_{\max}} = 0,955$$

Assim vai se tomar para o coeficiente de descarga o valor médio: $C_v = 0,94$ e a equação (5) fica:

$$Q_{ar} = 0,94 \frac{\pi}{4} (24,5 \cdot 10^{-3})^2 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{298}{1,11} - 1\right) R'}{1 - 0,25^2}}, \text{ ou}$$

$$Q_{ar} = 6,076 \cdot 10^{-2} \sqrt{R'} \quad (10)$$

para Q_{ar} em m^3/s e R' em m.

Para fins de comparação com outros trabalhos na área de fluidização em leito rápido determinou-se a velocidade de que a fase gasosa teria no interior do tubo interno da seção de teste se fosse fornecida diretamente pelo compressor, sem passar pela câmara de combustão. Assim:

$$V_g = \frac{Q_{ar}}{A_t} = \frac{6,076 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{R'}}{\frac{\pi}{4} \cdot (72 \cdot 10^{-3})^2} = 14,92 \cdot \sqrt{R'},$$

com V_g em $\frac{m}{s}$ e R' em metros de coluna de água.

Para R' em centímetros de coluna de água tem-se:

$$V_g = 1,49 \cdot \sqrt{R'} \quad (11)$$

A velocidade determinada pela equação (11) é a velocidade adotada para a fase gasosa no tubo interno da seção de teste, desprezando-se, portanto, a descarga de G.L.P. frente à descarga de ar. Justificativa para tanto é apresentada na discussão dos resultados obtidos pela análise cromatográfica dos produtos da combustão do G.L.P.

3.3 ANÁLISE DOS PRODUTOS DA COMBUSTÃO DO G.L.P.

Neste item se mostra que o excesso de ar utilizado na câmara de combustão foi grande o suficiente para permitir que se despreze a descarga de G.L.P. frente a descarga de ar.

Utilizando a nomenclatura da Figura 26 tem-se para a vazão de G.L.P. através da placa de orifício que:

$$Q_{G.L.P.} = C_D \cdot A_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho_{G.L.P.}}} \quad (12)$$

$$\frac{A_0}{A_1} = \left(\frac{5}{16,5} \right)^2 = 0,092$$

Para o coeficiente C_D admite-se na Figura 26 que se está operando na faixa de número de Reynolds onde $C_D = 0,61$, conferindo-se posteriormente a hipótese adotada.

Dos dados experimentais tem-se que, antes da placa de orifício:

$$P_{\max} = 70 \text{ mm Hg}_{\max} = 763 \text{ mm Hg absoluta} = 1,0170 \cdot 10^{-5} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ absol.}$$

$$P_{\min} = 7 \text{ mm Hg} = 700 \text{ mm Hg absoluta} = 9,3303 \cdot 10^{-4} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ absoluta}$$

sendo

$$R_{GLP} = 162 \frac{\text{N m}}{\text{kg k}} \quad \text{e} \quad T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}, \text{ a densidade do GLP}$$

vale:

$$1,0170 \cdot 10^5 = \rho_{GLP_{\max}} \cdot 162 \cdot 303 \rightarrow \rho_{GLP_{\max}} = 2,07 \text{ kg/m}^3 \quad \text{e}$$

$$9,3303 \cdot 10^4 = \rho_{GLP_{\min}} \cdot 162 \cdot 303 \rightarrow \rho_{GLP_{\min}} = 1,90 \text{ kg/m}^3$$

O valor adotado foi $\rho_{GLP} = 2,0 \text{ kg/m}^3$.

Para a obtenção da descarga de gás considerou-se primeiramente os testes em que a velocidade superficial da fase gasosa foi de 5,8 m/s, nos quais, correspondentemente, a descarga de ar através do sistema foi de $\dot{m}_{ar} = 1,61 \cdot 10^{-4} \text{ kg/s}$.

A diferença de pressão máxima na placa de orifício durante os testes realizados com esta velocidade superficial para a fase gasosa foi:

$$\Delta P_{\text{máx}} = 76 \text{ mm H}_2\text{O} = 745 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Utilizando-se a equação (12) tem-se:

$$Q_{GLP_{\text{máx}}} = 0,61 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 745}{2}} = 3,269 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s},$$

correspondente a uma velocidade:

$$V_{GLP} = 1,53 \text{ m/s}$$

e a um número de Reynolds:

$$Re_{GLP} = \frac{2 \cdot 1,53 \cdot 1,65 \cdot 10^{-2}}{8,40 \cdot 10^{-6}} = 6011$$

Se entrarmos novamente com este valor para o número de Reynolds na Figura 26 vamos verificar que $C_D = 0,61$; o que confirma a hipótese anterior.

Para a descarga máxima tem-se:

$$\dot{m}_{GLP_{\text{máx}}} = \rho_{GLP} \cdot Q_{GLP_{\text{máx}}} = 2,0 \cdot 3,269 \cdot 10^{-4} = 6,54 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Em comparação com a descarga de ar:

$$\frac{\dot{m}_{GLP_{m\acute{a}x}}}{\dot{m}_{ar}} = \frac{6,54 \cdot 10^{-4}}{2,61 \cdot 10^{-2}} = 0,025$$

Nessa relação entre as vazões:

$$\frac{\dot{Q}_{GLP_{m\acute{a}x}}}{\dot{Q}_{ar}} = \frac{3,132 \cdot 10^{-4}}{1,361 \cdot 10^{-3}} = 0,229$$

Não   necessário portanto, incluir os resultados da vazão e descarga de G.L.P. na dedução da velocidade da fase gasosa, que é considerada neste trabalho como sendo apenas ar, com descarga determinada pelo medidor venturi. Para as demais velocidades da fase gasosa, $u_g = 6,8 \text{ m/s}$, $u_g = 7,7 \text{ m/s}$, $u_g = 8,9 \text{ m/s}$ e $u_g = 12,8 \text{ m/s}$ os valores das relações

$$\frac{\dot{m}_{GLP_{m\acute{a}x}}}{\dot{m}_{ar}} \text{ e } \frac{\dot{Q}_{GLP_{m\acute{a}x}}}{\dot{Q}_{ar}}$$

se mantiverem abaixo de 0,02 o que justifica, também para estas velocidades, a idéia de se desprezar a descarga de GLP perante a descarga de ar.

O resultado obtido na análise cromatográfica, apresentado na Figura 52, também confirma a validade da hipótese de desprezar a descarga de G.L.P. frente   de ar, visto que o analisador não conseguiu detectar concentrações volumétricas sensíveis de CO_2 e CO em relação às de N_2 e O_2 nas amostras analisadas.

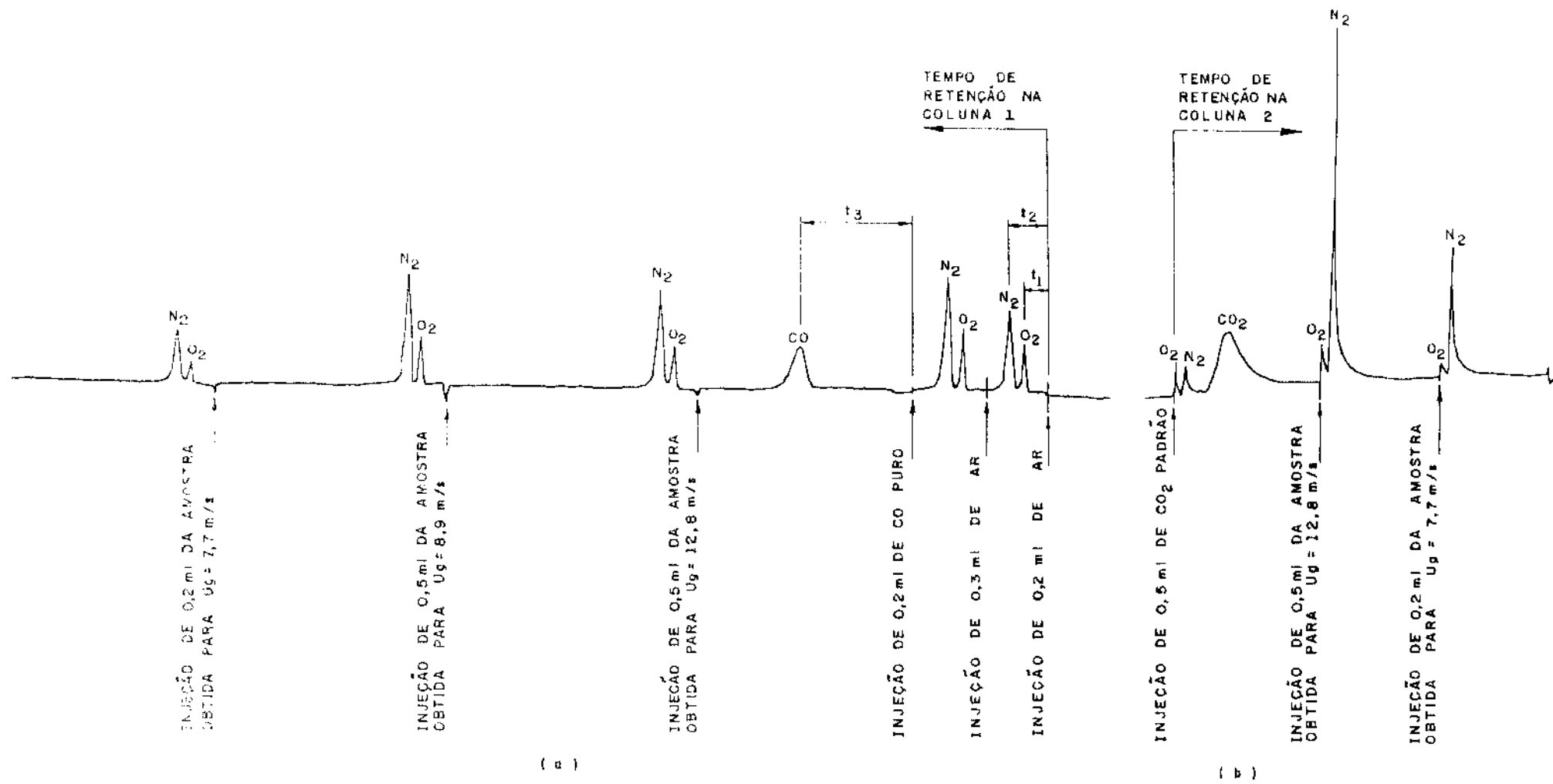


Figura 52 - Resultados obtidos na análise cromatográfica - (a) Coluna para análise da concentração de CO
(b) Coluna para análise da concentração de CO_2

3.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Conforme mencionado anteriormente, a determinação do diâmetro médio das partículas sólidas $\bar{d}_p$ é de fundamental importância na análise de sistemas gás-sólido.

Nos experimentos conduzidos neste trabalho foram utilizadas 3 distribuições de tamanhos de partículas sólidas: AD, LG e AB segundo as especificações do fabricante. As partículas foram microesferas de vidro adquiridas junto à firma Putters Industrial Ballotini, com uma densidade aparente de 2500 kg/m^3 e uma esfericidade que pode ser tomada como unitária.

As análises granulométricas foram realizadas três vezes para cada uma das distribuições de tamanhos de partículas sólidas antes destas serem utilizadas, de acordo com a metodologia de Kunii e Levenspiel [15]. Os resultados são apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6 para as partículas AD.

Tabela 4 - Sólidos AD antes da utilização,

Amostra 1: (a) distribuição de tamanhos
(b) determinação do diâmetro
médio da amostra: $\bar{d}_{p1}$

(a)

Peso Acumulativo (amostra de 503,4 g)	Diâmetro menor do que os seguintes diâmetros de abertura da peneira $\phi (\mu\text{m})$
0	53
0,1	62
0,3	74
11,3	88
11,3	149
346,0	210
503,4	297

(b)

Faixa de Diâmetros(μm)	d _{pi} (μm)	Fração de Peso no Intervalo, x _i	($\frac{x}{d_p}$) _i
53-62	57,5	(0,1-0)/503,4 = 1,98 10 ⁻⁴	3,45 10 ⁻⁶
62-74	68,0	(0,3-0,1)/508,4 = 3,97 10 ⁻⁴	5,84 10 ⁻⁶
74-88	81,0	(0,6-0,3)/503,4 = 5,96 10 ⁻⁴	7,36 10 ⁻⁶
88-149	118,5	(11,3-0,6)/503,4 = 2,12 10 ⁻²	1,79 10 ⁻⁴
149-210	179,5	(346-11,3)/503,4 = 0,66	3,70 10 ⁻³
210-297	253,5	(503,4-346)/503,4 = 0,31	1,23 10 ⁻³
		$\sum (\frac{x}{d_p})_i = 5,09 \cdot 10^{-3}$	

$\therefore \bar{d}_{p1} = \frac{1}{\sum (\frac{x}{d_p})_i} = 194,8 \text{ }\mu\text{m}$

Tabela 5 - Sólidos AD antes da utilização,
Amostra 2: (a) distribuição de tamanhos
(b) determinação do diâmetro médio desta amostra: $\bar{d}_{p2}$

(a)

Peso Acumulativo (amostra de 561,7 g)	Diâmetro menor do que os seguintes diâmetros de abertura da peneira $\phi(\mu\text{m})$
0	53
0	62
0,3	74
0,5	88
9,8	149
374,7	210
561,7	297

(b)

Faixa de Diâmetros (μm)	$d_{pi}(\mu\text{m})$	Fração de Peso no Intervalo, x_i	$(\frac{x}{d_p})_i$
53-62	57,5	0	0
62-74	68,0	$0,3/561,7 = 5,34 \cdot 10^{-4}$	$7,85 \cdot 10^{-6}$
74-88	81,0	$(0,5-0,3)/561,7 = 3,56 \cdot 10^{-4}$	$4,30 \cdot 10^{-6}$
88-149	118,5	$(9,2-0,5)/561,7 = 1,56 \cdot 10^{-2}$	$1,30 \cdot 10^{-4}$
149-210	179,5	$(374,7-9,8)/561,7 = 6,49 \cdot 10^{-1}$	$3,62 \cdot 10^{-3}$
210-297	253,5	$(561,7-374,7)/561,7 = 3,33 \cdot 10^{-1}$	$1,31 \cdot 10^{-3}$
			$\sum (\frac{x}{d_p})_i = 5,09 \cdot 10^{-3}$

$$\therefore \bar{d}_{p2} = \frac{1}{\sum (\frac{x}{d_p})_i} = 196,6 \mu\text{m}$$

TABELA 6 - Sólidos AD antes da utilização,

Amostra 3: (a) distribuição de tamanhos
(b) determinação do diâmetro médio desta amostra: $\bar{d}_{p3}$

(a)

Peso Acumulativo (amostra de 561,7 g)	Diâmetro menor do que os seguintes diâmetros de abertura da peneira $\phi(\mu\text{m})$
0	53
0	62
0,4	74
0,7	88
10,3	149
371,7	210
542,8	297

(b)

Faixa de Diâmetros(μm)	$d_{pi}(\mu\text{m})$	Fração de Peso no Intervalo, x_i	$(\frac{x}{d_p})_i$
53-62	57,5	0	0
62-74	68	$0,4/542,8 = 7,37 \cdot 10^{-4}$	$1,08 \cdot 10^{-5}$
74-88	81	$(0,7-0,4)/542,8 = 5,53 \cdot 10^{-4}$	$6,82 \cdot 10^{-2}$
88-149	118,5	$(10,3-0,7)/542,8 = 1,78 \cdot 10^{-2}$	$1,49 \cdot 10^{-1}$
149-210	179,5	$(371,7-10,3)/542,8 = 6,68 \cdot 10^{-1}$	$3,71 \cdot 10^{-3}$
210-297	253,5	$(542,8-371,7)/542,8 = 3,15 \cdot 10^{-1}$	$1,24 \cdot 10^{-3}$
			$\sum (\frac{x}{d_p})_i = 5,12 \cdot 10^{-3}$

$$\therefore \bar{d}_{p3} = 195,4 \mu\text{m}$$

O valor adotado para o diâmetro médio das partículas de distribuição de tamanhos AD é dado por:

$$\bar{d}_p = \frac{\bar{d}_{p1} + \bar{d}_{p2} + \bar{d}_{p3}}{7} = 196 \mu\text{m}$$

Para as partículas de distribuição de tamanhos AB e AG adotou-se o mesmo procedimento, apenas alterando-se o jogo de peneiras, obtendo-se os seguintes resultados:

- . partículas AG: $\bar{d}_p = 109 \mu\text{m}$
- . partículas AB: $\bar{d}_p = 269 \mu\text{m}$

Durante os primeiros testes do dispositivo experimental houve uma perda de finos através do ciclone (as partículas sólidas sendo utilizadas na ocasião eram as AD, de $\bar{d}_p = 196 \mu\text{m}$). Nos demais testes foi melhorado o controle do sistema, reduzindo-se praticamente a zero a perda de partículas. Assim, enquanto na análise granulométrica das partículas AD, encontrou-se após o uso um diâmetro médio 10% maior; nas partículas de distribuições AB e AG não houve um aumento signi

ficativo de $\bar{d}_p$.

Os resultados obtidos nas primeiras corridas com as partículas AD, quando a eventual perda de particulado mais fino tinha apenas se iniciado, não indicaram um efeito significativo que justificasse a necessidade de testes adicionais.

CAPÍTULO 4

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentadas e discutidas a fluidodinâmica e a transferência de calor ao longo do tubo de teste, com base nos resultados experimentais obtidos.

O Anexo 2 contém as tabelas com estes dados experimentais, provenientes de mais de 60 testes realizados no dispositivo descrito em 2.1. Eles são apresentados na forma de um conjunto de sete tabelas para cada teste, a saber:

Tabela I - Temperaturas na entrada e na saída da seção de teste: esta tabela mostra o valor das voltagens correspondentes às temperaturas da mistura de gases na saída do duto intermediário (T.P.1) e do ar na entrada do medidor venturi (T.P.1.A). As voltagens obtidas na entrada da primeira camisa de água de resfriamento (T.P.2.A) e para a mistura gás-sólido (T.P.2.), assim como as voltagens de saída T.P.8.A e T.P.8 (conforme a Figura 14), também são fornecidas.

Tabela II - Descargas: esta tabela apresenta as descargas de sólidos através do sistema e da água através das camisas, medidas de acordo com o que foi discutido em 2.1.

Tabela III- Diferenças de voltagens entre os termopares na entrada e na saída de cada camisa: nesta tabela são apresentados os resultados obtidos para a mistura gás-sólido (o sinal negativo indica que houve resfriamento da mistura) e para a água de resfriamento através de cada camisa de água.

Tabela IV - Medidas de pressão e determinação da porosidade e ao longo da secção de teste: Aqui são apresentados os seguintes resultados:

- Diferença de pressão através da placa de orifício situada na linha de GLP;
- Diferença de pressão através do medidor venturi;
- Pressão estática na entrada da placa de orifício por onde escoia GLP (manométrica);
- Pressão estática na entrada do medidor venturi por onde escoia o ar vindo do compressor (manométrica);
- Queda de pressão dentro do tubo interno do tubo de teste para regiões correspondentes a cada camisa d'água;
- Porosidade ao longo do trocador de calor (obtida pelo método descrito no capítulo 1);
- Velocidade da fase gasosa (obtida pelo método descrito em 3.2).

Tabela V - Temperaturas nos diversos pontos da secção de teste: Nesta tabela são apresentados os seguintes resultados:

- Voltagens nos diversos pontos da secção de teste, obtidas através da soma dos valores lidos para T.P.2 e T.P.2.A (Tabela I) com os valores obtidos na Tabela III. Os valores obtidos na soma de T.P.8 e T.P.8.A devem ser aproximadamente os mesmos fornecidos pela Tabela I para estes dois termopares;

4.1 FLUIDODINÂMICA

O primeiro parâmetro a ser analisado é a porosidade do leito, cuja variação ao longo da altura da secção de teste é apresentada na Figura 53. Conforme foi discutido no capítulo 1, este tipo de análise ajuda a definir o regime de escoamento em que se está trabalhando. No regime de fluidização em leito rápido tem-se um perfil de porosidades ao longo da secção de teste em que a porosidade cresce ao longo do leito, ao contrário da condição de transporte pneumático, em que o valor da porosidade é virtualmente constante em todo o comprimento do leito. Na Figura 53 estão apresentados alguns dos resultados experimentais, e se pode observar a variação da porosidade com a altura do leito nas condições de fluidização em leito rápido e nas condições de transporte pneumático. Nas Figuras 53 (a), (b) e (c), semelhantes às apresentadas por Yerushalmi e Avidan [4], pode-se observar, para os três tamanhos de sólidos considerados que, para altos valores de descarga de sólidos por unidade de área e para baixas velocidades da fase gasosa, tem-se a condição típica de fluidização em leito rápido. Para altas velocidades da fase gasosa e baixos valores de descarga de sólidos por unidade de área observa-se condições típicas de transporte pneumático, ou seja, a porosidade é praticamente constante ao longo da altura do leito.

Na Figura 54 (a) verifica-se que, para uma dada descarga de sólidos através do sistema, o aumento da velocidade da fase gasosa aproxima as condições de transporte pneumático, o que confirma a discussão feita no capítulo 1 sobre regimes de fluidização. A mesma tendência foi notada no trabalho de Y. Li et al [12]. No gráfico (b) observa-se que, para uma dada velocidade superficial da fase gasosa, a diminuição do valor da descarga de sólidos por unidade de área aproxima as condições de transporte pneumático. Este resultado também era esperado conforme o discutido no capítulo 1.

É interessante observar que a faixa de valores de porosidades encontradas nos trabalhos de Yerushalmi e Avidan [4] e Y. Li et al [12] para as condições de fluidização em leito rápido e de transporte pneumático, é um pouco mais

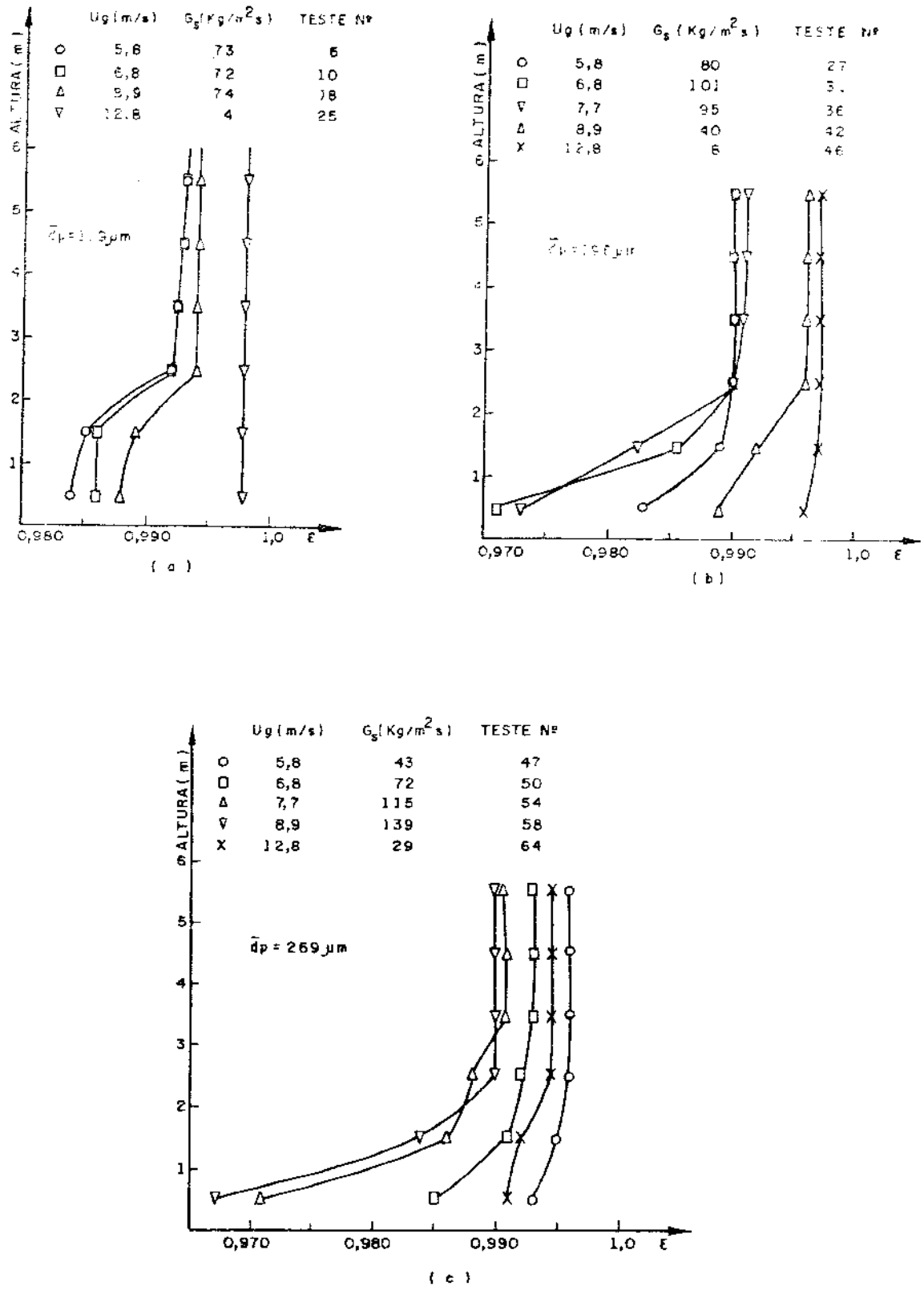


Figura 53 - Porosidade ao longo da altura do leito para este trabalho

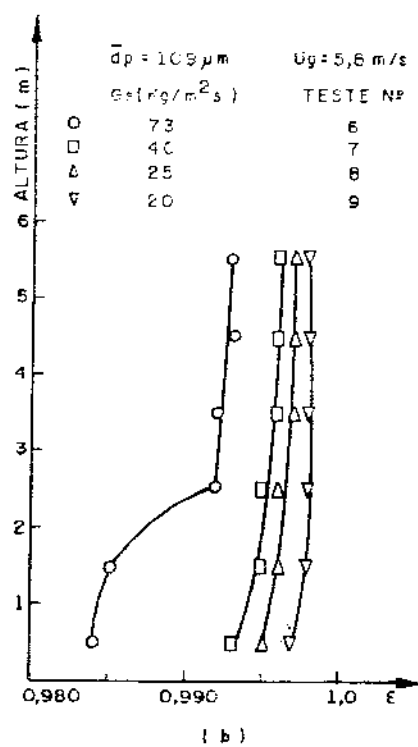
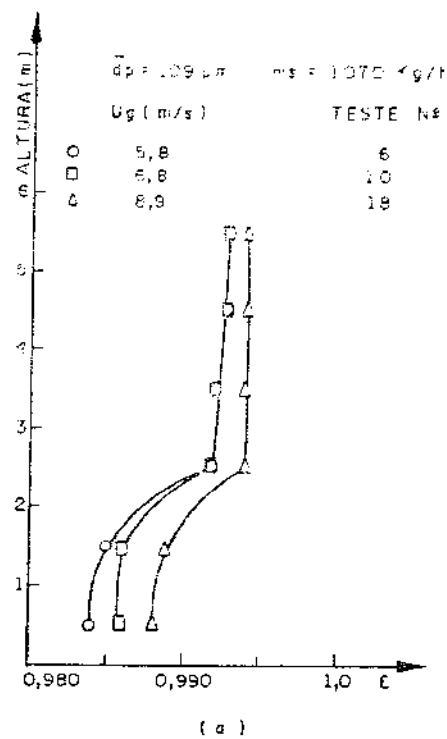


Figura 54 - Porosidade ao longo da altura:
 (a) $\dot{m}_s$ constante ; (b) u_g constante

explanando que a observada neste trabalho e na fase de transição de M. Mohseni [33]:

Yerushalmi e Avidan:	$0,70 < \epsilon < 1,0$ (observação visual)
Y. Li et al:	$0,90 < \epsilon < 1,0$ (observação visual)
M. Mohseni:	$0,98 < \epsilon < 1,0$ (observação visual)
Este Trabalho:	$0,96 < \epsilon < 1,0$

Tal fato indica que é perigoso tentar definir a transição entre os regimes de fluidização em leito rápido e de transporte pneumático através da utilização de faixas de porosidade, visto que em todos os experimentos acima citados ambos os regimes foram observados e os valores dos extremos das faixas variam de um trabalho para outro. Assim sendo, a melhor maneira de determinar em qual dos dois regimes se está trabalhando, quando uma observação visual do leito não for possível, parece ser através da análise da variação da porosidade ao longo da altura da secção de teste.

Na Figura 55a é apresentada a variação do gradiente de pressão ao longo da altura do leito. Como era de se esperar para as condições de fluidização em leito rápido, nas regiões inferiores do leito tem-se maiores gradientes de pressão, correspondentes a uma porosidade menor, e nas regiões superiores gradientes menores correspondentes a uma porosidade de maior. Para as condições de transporte pneumático o gradiente de pressão se manteve praticamente constante ao longo da altura da secção de teste. Um outro fator que pode ser notado neste gráfico é que, quanto maior o valor da descarga de sólidos por unidade de área da seção G_s , para uma mesma altura na secção de teste e mesma velocidade superficial da fase gasosa, maior é o gradiente de pressão, o que indica que o termo gravitacional é preponderante no valor da queda de pressão, conforme foi discutido no capítulo 1. Este fato também foi observado para as duas outras distribuições de tamanhos de partículas utilizadas neste trabalho, conforme mostra a Figura 55 b.

Os resultados apresentados por Yerushalmi e Avidan [4] para uma coluna de 76 mm de diâmetro interno e partícu

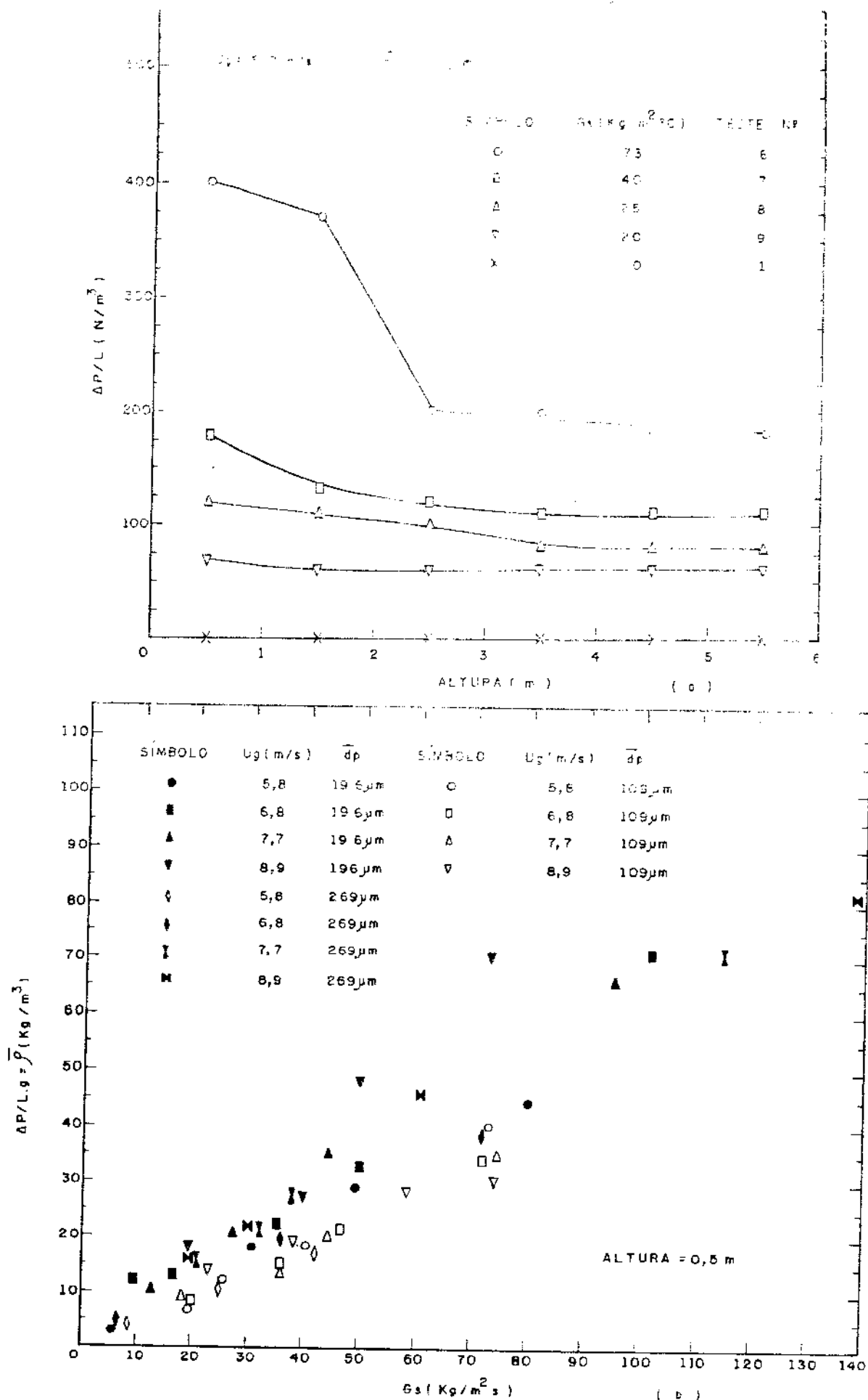


Figura 55(a) - Gradiente de pressão ao longo da altura do leito.
 (b) - Densidade média do leito versus descarga de sólidos por unidade de área para os três tamanhos de partículas deste trabalho.

les de FCC de $\bar{d}_p = 49 \mu\text{m}$ numa faixa de velocidades entre 1,7 m/s e 5,5 m/s. Por, portanto, do que a do presente trabalho (5,8 m/s a 8,9 m/s), indicam valores do gradiente de pressão da mesma ordem de grandeza dos obtidos nesta tese - 0 a 800 N/m² - para valores de descarga de sólidos por unidade de área G_s até 140 kg/m².s.

No presente trabalho pode-se observar, também, de acordo com a Figura 55b que a velocidade superficial da fase gasosa exerce pouca influência no valor do gradiente de pressão na faixa de parâmetros estudada.

Um gráfico com os valores da velocidade de deslizamento em relação à velocidade terminal das partículas sólidas de $\bar{d}_p = 109 \mu\text{m}$, para diferentes valores da descarga de sólidos por unidade de área, é mostrada na Figura 56. As velocidades de deslizamento foram calculadas pelo método descrito no capítulo 1, e a velocidade terminal pela expressão de Wen e Yu, citada no trabalho de Wen-Ching Yang [34]. Como se pode observar os valores das velocidades de deslizamento na condição de fluidização em leito rápido são uma ordem de grandeza maiores do que os valores da velocidade terminal da fase sólida. Esta ocorrência pode ser explicada pelo fato de que, na condição de fluidização em leito rápido, agregados de partículas são formados e eles têm, obviamente, uma velocidade de queda livre muito maior do que uma partícula simples caindo isoladamente.

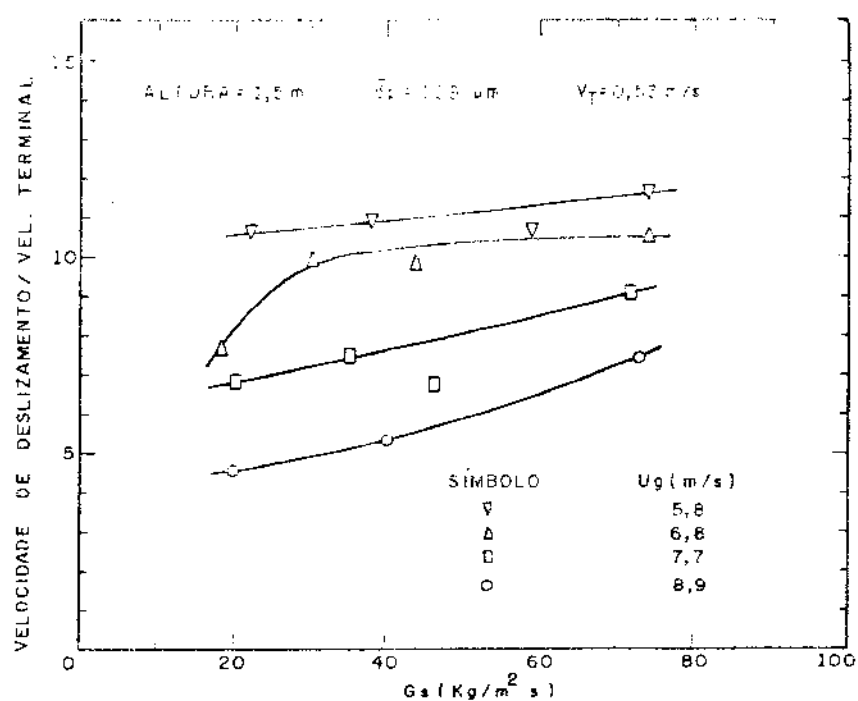
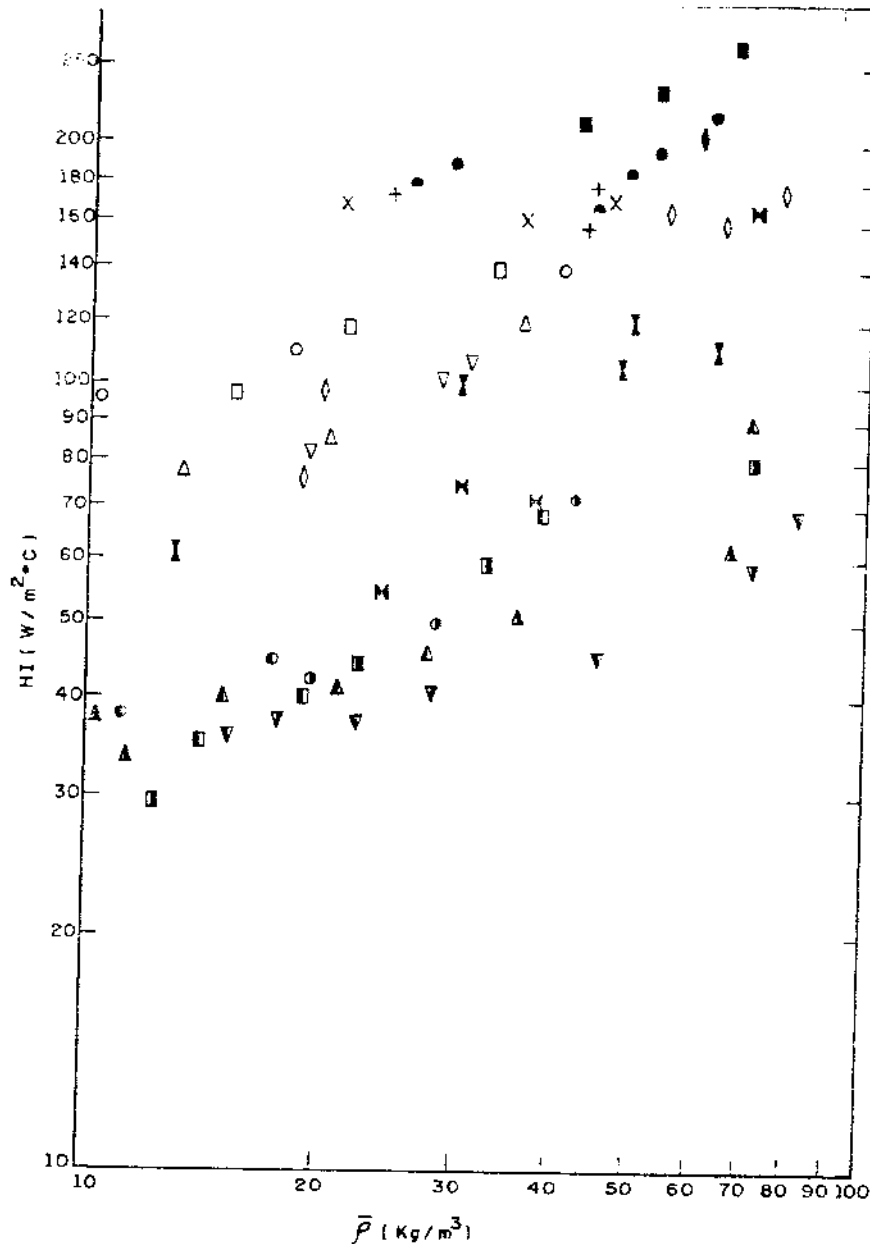


Figura 56 - Velocidades de deslizamento versus
descarga de sólidos por unidade de
área

Após a caracterização fluidodinâmica da fluidização em leito rápido, analisando e comparando os resultados obtidos para o coeficiente local de transferência de calor entre a mistura gás-sólido e a superfície interna da parede do tubo de teste.

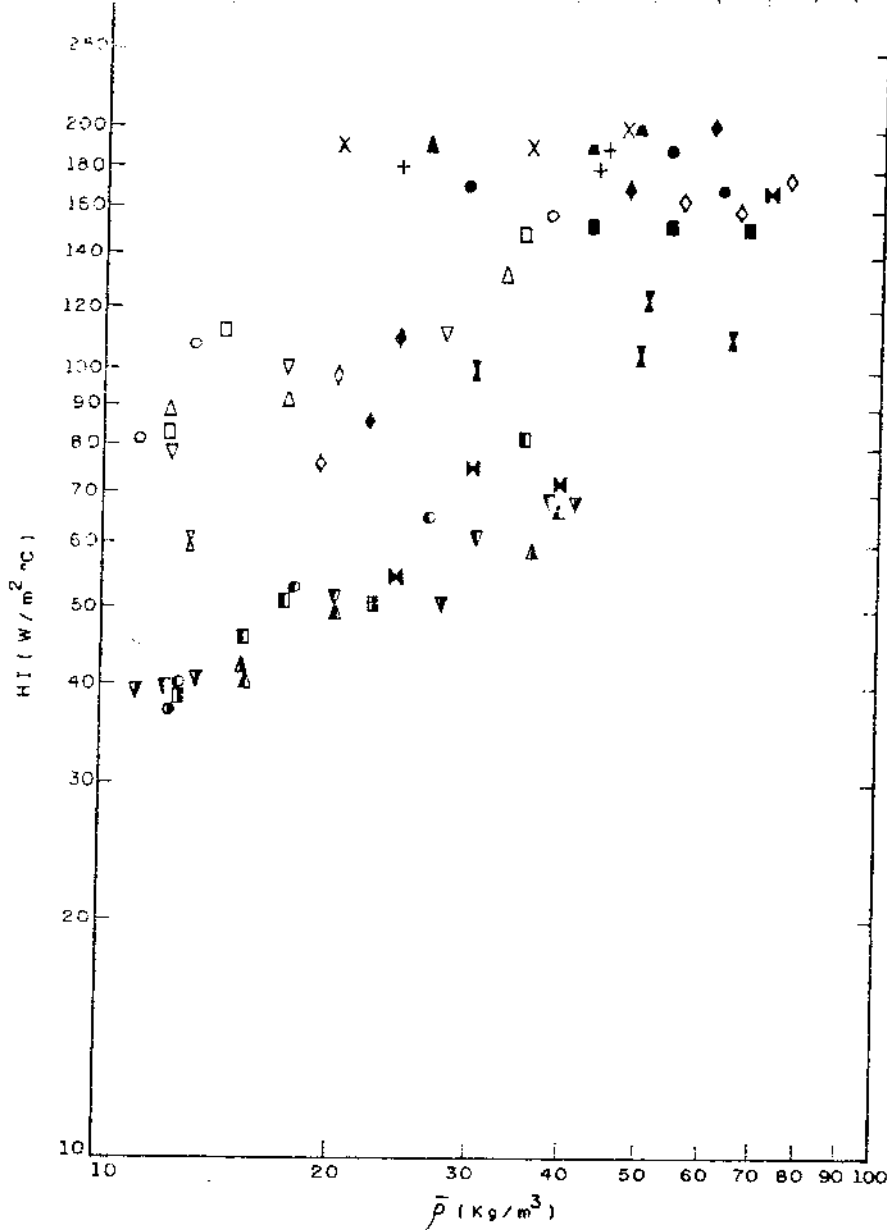
Nas Figuras 57 e 58 mostram-se uma comparação entre os resultados obtidos neste trabalho e os obtidos por Kiang et al [7] e L. Stromberg [9] para a variação do coeficiente de transferência de calor h_i com a densidade média do leito $\bar{\rho}$ em duas alturas diferentes da seção de teste. Como pode ser verificado, em ambas as alturas, o coeficiente de transferência de calor h_i tende a aumentar com a diminuição do tamanho das partículas sólidas $\bar{d}_p$ e com o aumento da densidade média do leito $\bar{\rho}$. J.R. Grace [16] havia observado tendências semelhantes, conforme foi discutido no capítulo 1 - Figura 5 a, mas não especificou a faixa de velocidades, o diâmetro interno do tubo de teste, nem a altura na qual os dados foram obtidos nos trabalhos que analisou. Na presente tese foram especificados todos estes parâmetros a fim de permitir avaliar adequadamente a influência de cada um deles.

A variação do coeficiente local de transferência de calor da mistura gás-sólido com a superfície interna da parede do tubo de teste ao longo da altura é mostrada na Figura 59 para duas diferentes velocidades superficiais da fase gasosa e diferentes razões entre a descarga de sólidos e a descarga de ar, para as partículas de $\bar{d}_p = 109 \mu\text{m}$. Pode-se observar que os coeficientes de transferência de calor h_i geralmente diminuem ao longo da altura da seção de teste. Esta diminuição é associada à diminuição da densidade média do leito (aumento da porosidade) ao longo da altura, conforme discutido em 4.1. A mesma tendência foi observada nos experimentos de Kiang et al [7], conforme mostrado na Figura 5 b, para partículas de $\bar{d}_p = 53 \mu\text{m}$ e uma coluna de 100 mm de diâmetro interno, sem apresentar, no entanto, a dependência de h_i relativamente a G_s/G_g .



SÍMBOLO	U_g (m/s)	$\bar{\rho}_p$ (μm)	FONTE
○	5,8	109	ESTE TRABALHO
□	6,8	109	MICROESFERAS DE VIDRO
△	7,7	109	ALTURA = 0,5 m
▽	8,9	109	$D_t = 72$ mm
●	5,8	196	
■	6,8	196	
▲	7,7	196	
▼	8,9	196	
⊙	5,8	269	
⊠	6,8	269	
⬠	7,7	269	
⬡	8,9	269	
+	2,1	53	KIANG ET AL [7]
x	1,8	53	"HOUDRY MINERAL HFZ 20"
•	1,5	53	ALTURA = 0,5 m
◐	1,2	53	$D_t = 100$ mm
◑	0,9	53	
◇	8,0	170	STROMBERG [9]
◈	10,0	170	PARTÍCULAS DE AREIA
⌞	8,3	250	ALTURA $\approx$ 1 m
⌟	10,5	250	$D_t = 200$ mm

Figura 57 - Coeficiente de transferência de calor mistura-parede com a densidade média do leito



SÍMBOLO	U_g (m/s)	$\bar{d}_p$ (μm)	FONTE
○	5,8	109	ESTE TRABALHO
□	6,8	109	MICROESFERAS DE VIDRO
△	7,7	109	ALTURA = 1,5 m
▽	8,9	109	$D_t = 72$ mm
●	5,8	196	
■	6,8	196	
▲	7,7	196	
▼	8,9	196	
⦿	5,8	269	
▣	6,8	269	
▵	7,7	269	
▿	8,9	269	
+	2,1	53	KIANG ET AL [7]
x	1,8	53	"HOUDRY MINERAL HFZ 20"
▪	1,5	53	ALTURA = 1,3 m
●	1,2	53	$D_t = 100$ mm
■	0,9	53	
◇	8,0	170	STROMBERG [9]
◆	10,0	170	PARTÍCULAS DE AREIA
⌚	8,3	250	ALTURA ≈ 1m
⌘	10,5	250	$D_t = 200$ mm

Figura 58 - Coeficiente de transferência de calor mistura-parede com a densidade média do leito

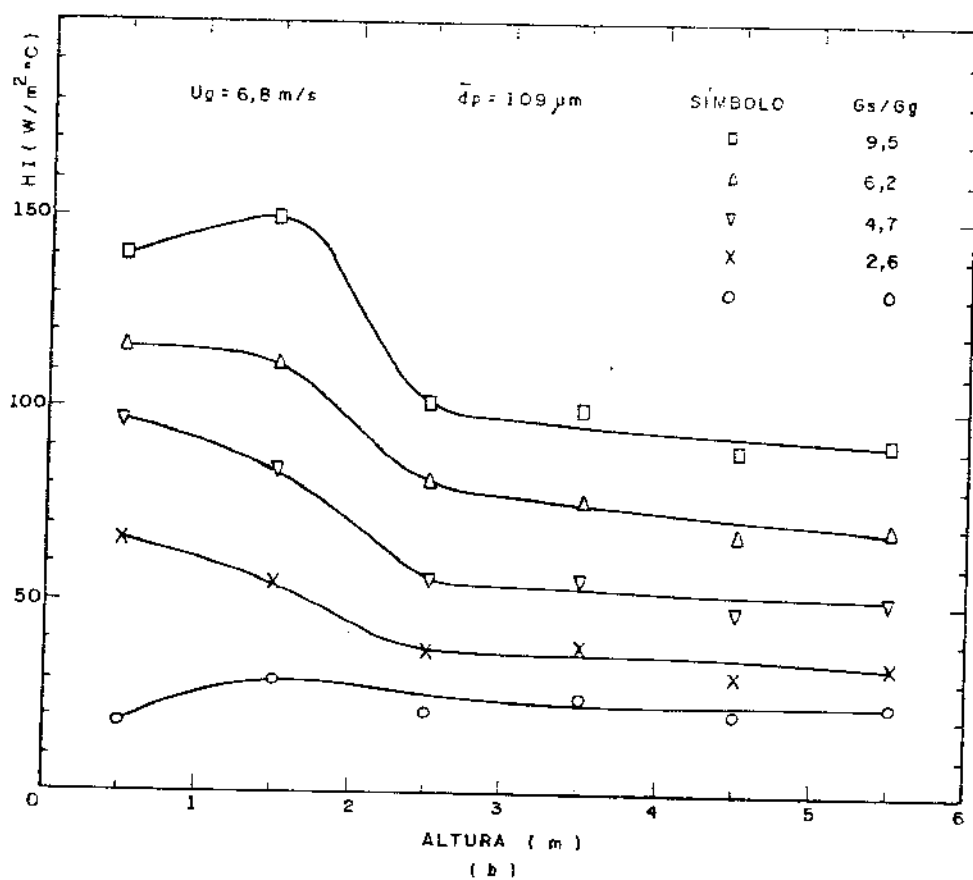
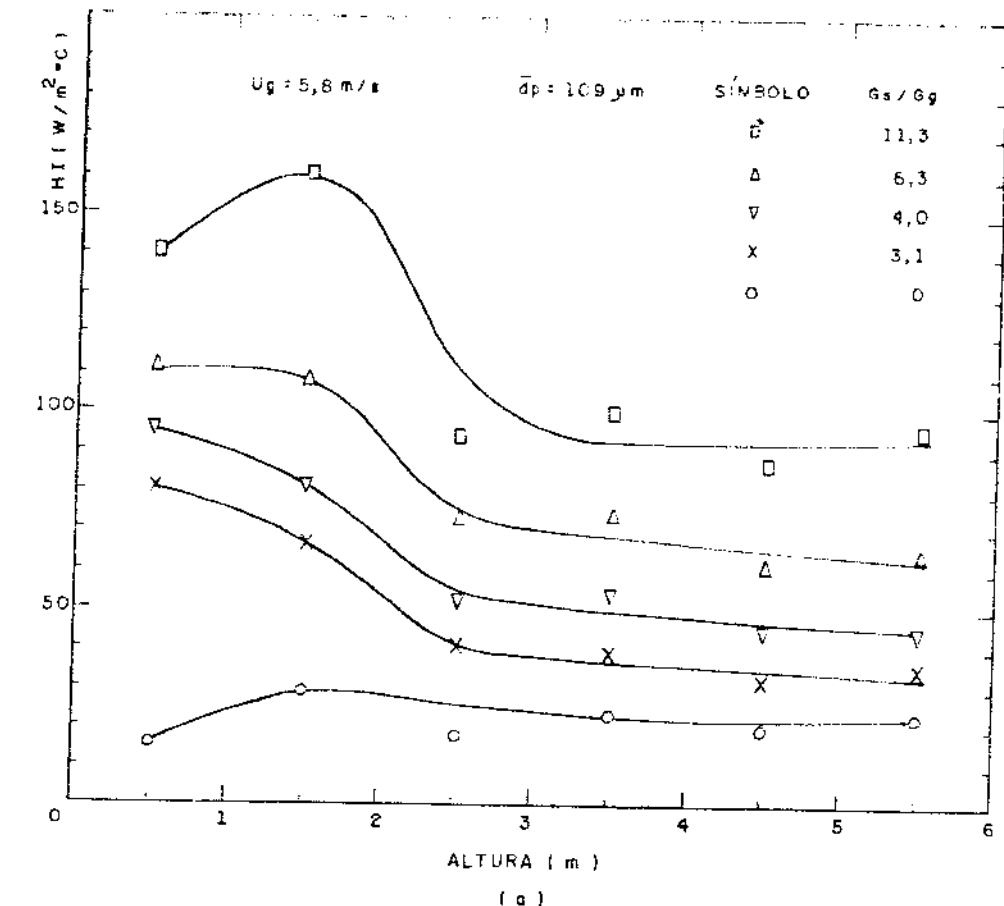


Figura 60.- Coeficiente de transferência de calor
mistura gás-sólidos - parede com a altura para
duas velocidades diferentes da fase gasosa -
 $\bar{d}_p = 109 \mu\text{m}$

- Temperaturas correspondentes às voltagens, obtidas pela utilização da tabela do fabricante dos termopares (De gussa-Messtechnik);
- Temperatura da mistura gás-sólido, de acordo com a aferição descrita em 2.1;

Tabela VI - Coeficientes de transferência de calor ao longo da secção de teste: Nesta tabela são apresentados os resultados discutidos no item 3.1 para o cálculo do coeficiente de transferência de calor da mistura gás-sólido com a superfície interna da parede do tubo de teste. As propriedades da água foram tomadas na temperatura média em cada camisa d'água, a partir de [27].

Tabela VII - Coeficiente de transferência de calor para a água na superfície externa da parede do tubo de teste: Nesta tabela são apresentados os resultados obtidos para HO a partir das diferentes correlações citadas em 3.1 para a transferência de calor em escoamentos anulares. Os resultados apresentados são, para efeito de discussão, os da 2ª camisa d'água e os valores correspondentes do coeficiente de transferência de calor HI , obtidos pela aplicação de cada uma das correlações para o cálculo de HO , também são mostrados.

Os resultados obtidos neste trabalho para as partículas de maiores diâmetros médios - $\bar{d}_p = 196 \mu\text{m}$ e $\bar{d}_p = 269 \mu\text{m}$ - mostraram a mesma tendência, embora para altos valores da razão G_s/G_g , tenha-se observado um aumento no valor de HI nas regiões próximas ao topo da coluna, conforme está mostrado nas Figuras 60 e 61. Este fato, que também foi observado no trabalho de Genetti e Knudsen [23], é associado a um leve aumento no gradiente de pressão nas alturas próximas a curva que conduz a mistura gás-sólido ao ciclone, observado para as partículas maiores.

Na Figura 62 são apresentados três gráficos mostrando a variação do coeficiente de transferência de calor HI com a razão G_s/G_g para diferentes velocidades superficiais da fase gasosa, nas alturas de 0,5m, 1,5m e 2,5m. Gráficos semelhantes podem ser obtidos para as alturas de 3,5m, 4,5m e 5,5m, a partir das Tabelas do Anexo 2. A faixa de valores para a razão entre as descargas cobertas foi: $0 \leq G_s/G_g \leq 15$. Como se pode observar, o coeficiente de transferência de calor HI aumenta significativamente com a razão G_s/G_g , principalmente para as partículas de $\bar{d}_p = 109 \mu\text{m}$.

Outros dois fatos significativos observados são que o coeficiente de transferência de calor HI não é fortemente influenciado pela velocidade superficial da fase gasosa na faixa de operação coberta e que, para razões G_s/G_g menores ou próximas da unitária, o coeficiente de transferência de calor HI não é significativamente alterado em relação ao obtido quando se tem apenas a fase gasosa em escoamento. Tal resultado também é encontrado na maioria dos trabalhos existentes para a condição de transporte pneumático em que $G_s/G_g \sim 1,0$, como por exemplo, os trabalhos de G. Jepson et al [35] e R. G. Boothroyd e H. Haque [36].

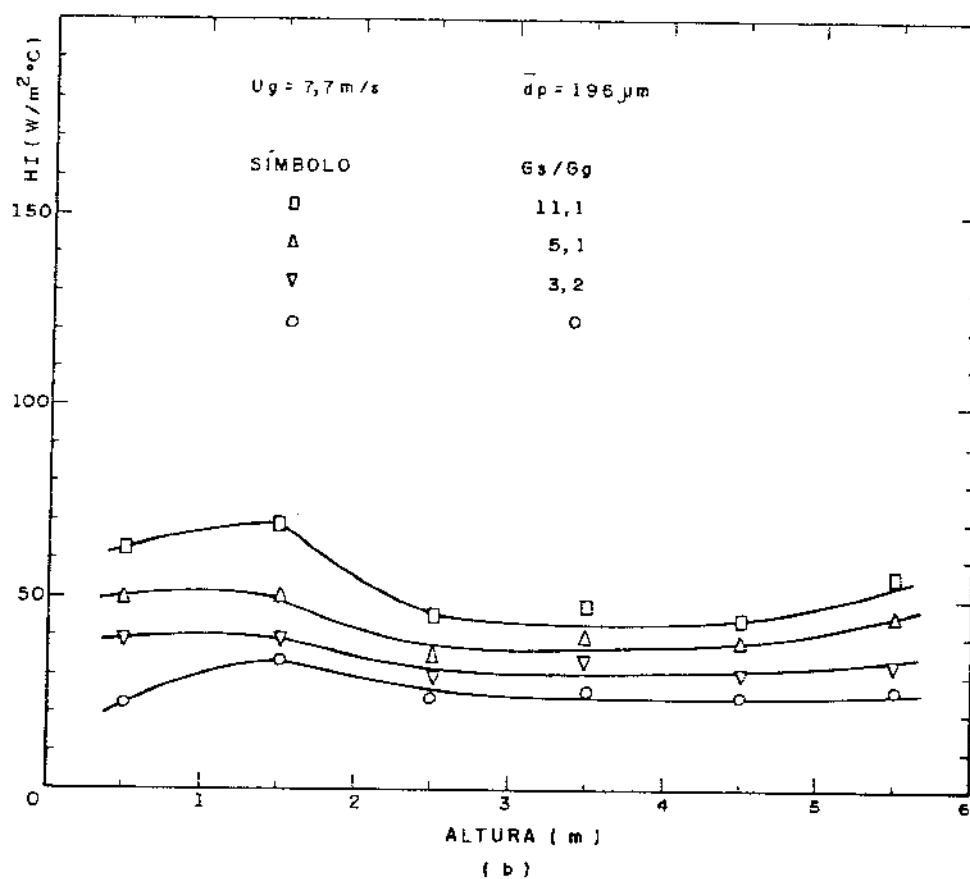
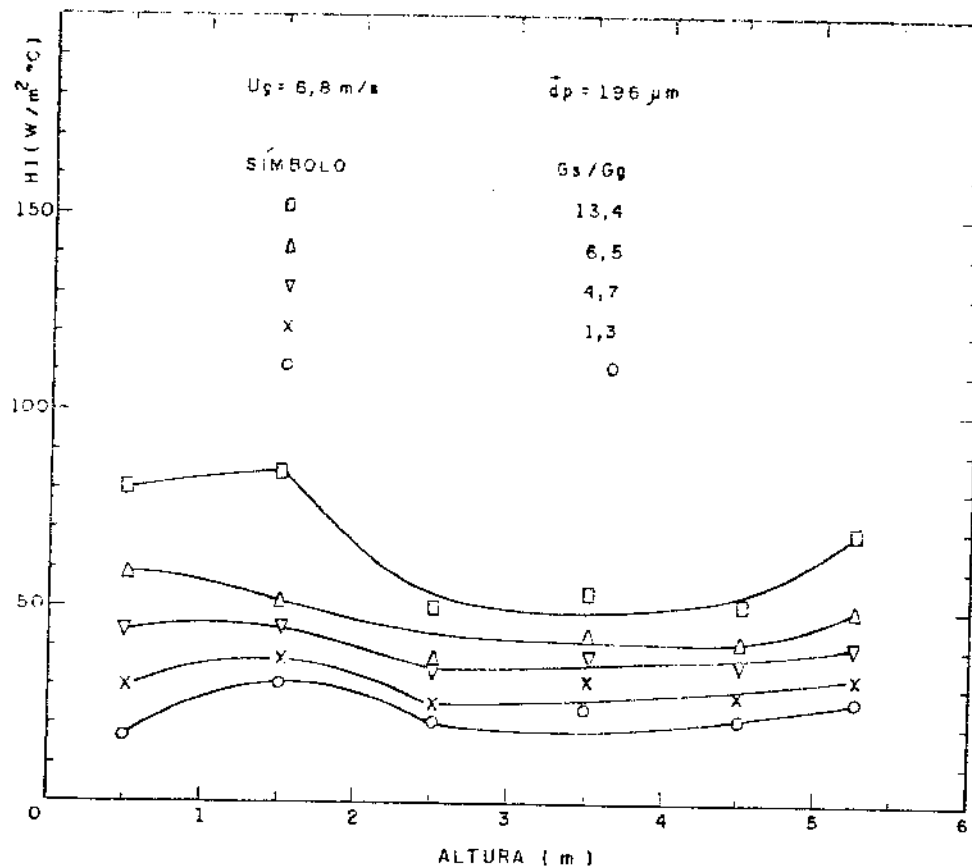


Figura 60 - Coeficiente de transferência de calor mistura gás-sólidos - parede com a altura para duas velocidades diferentes da fase gasosa - $\bar{d}_p = 196 \mu\text{m}$

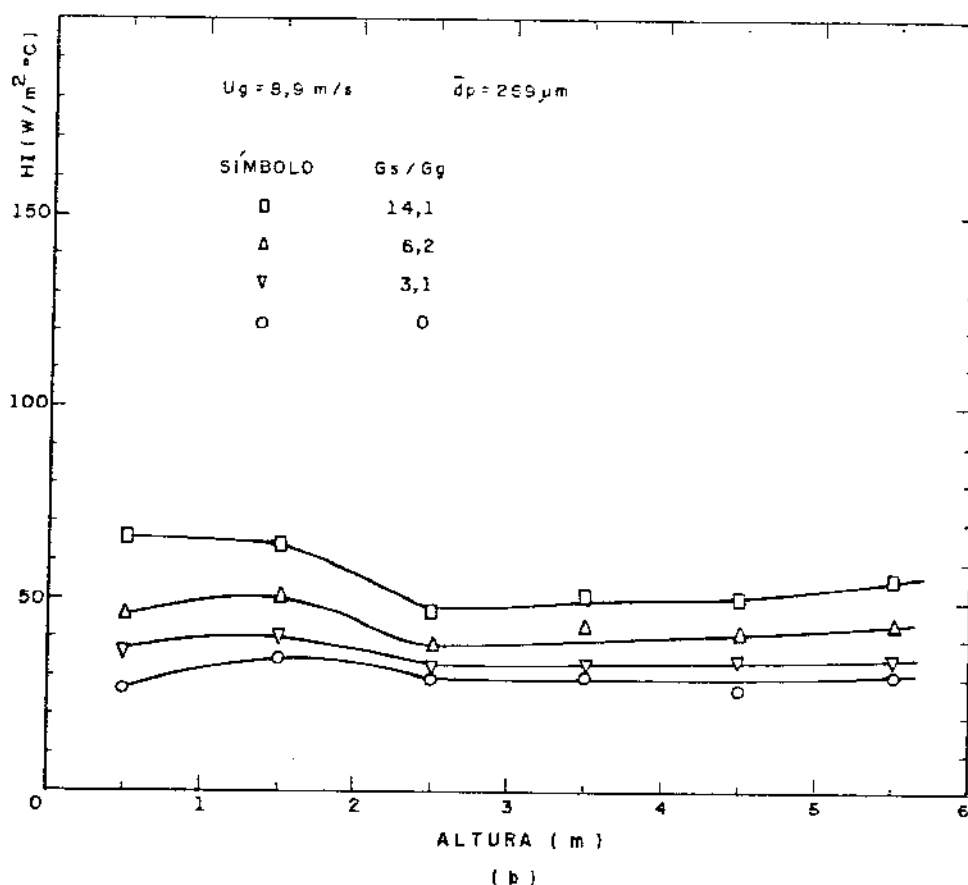
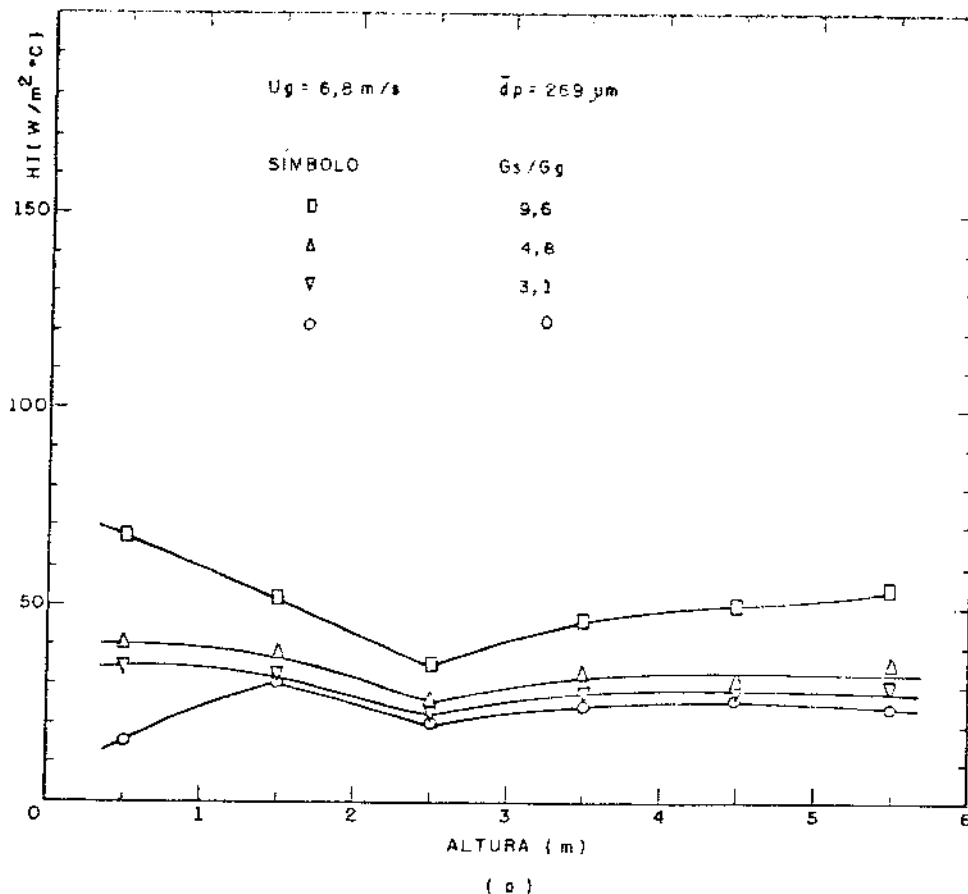
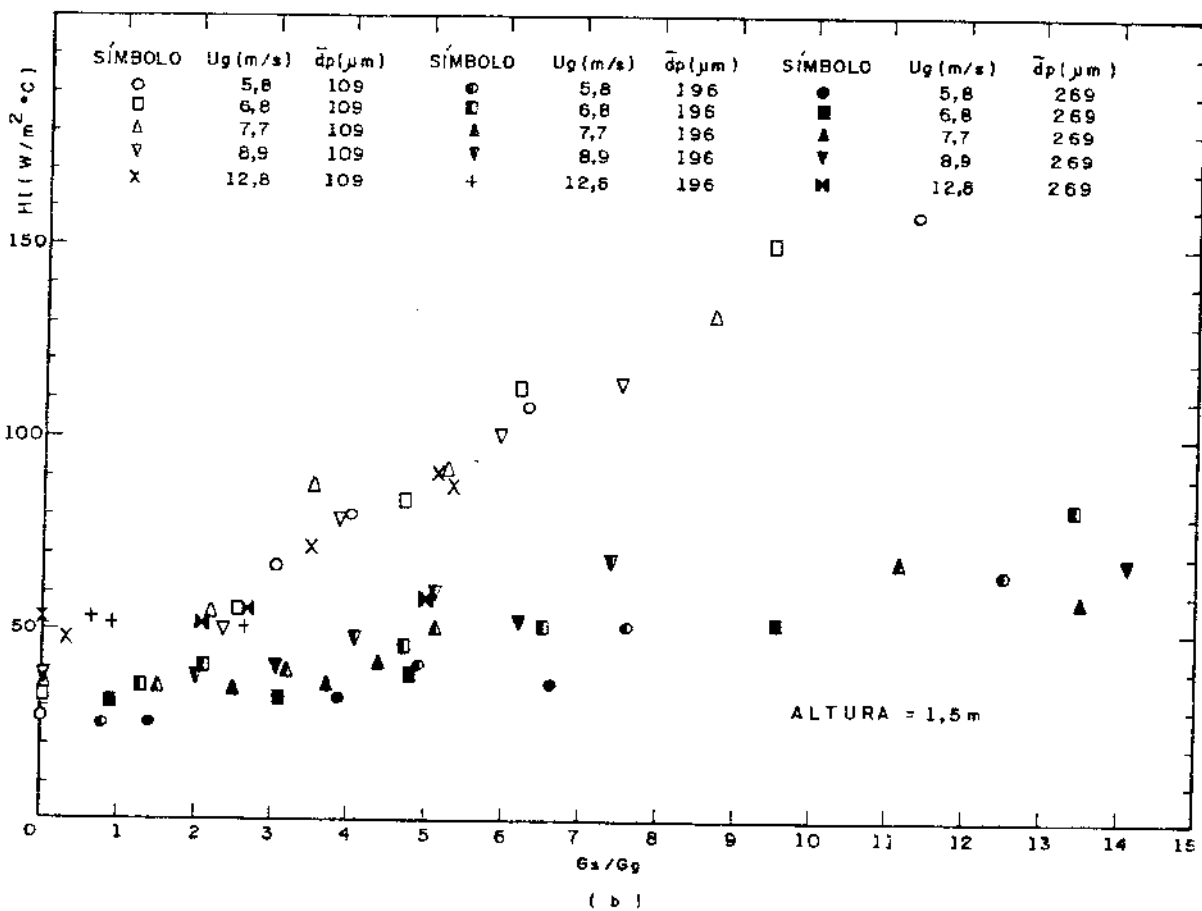
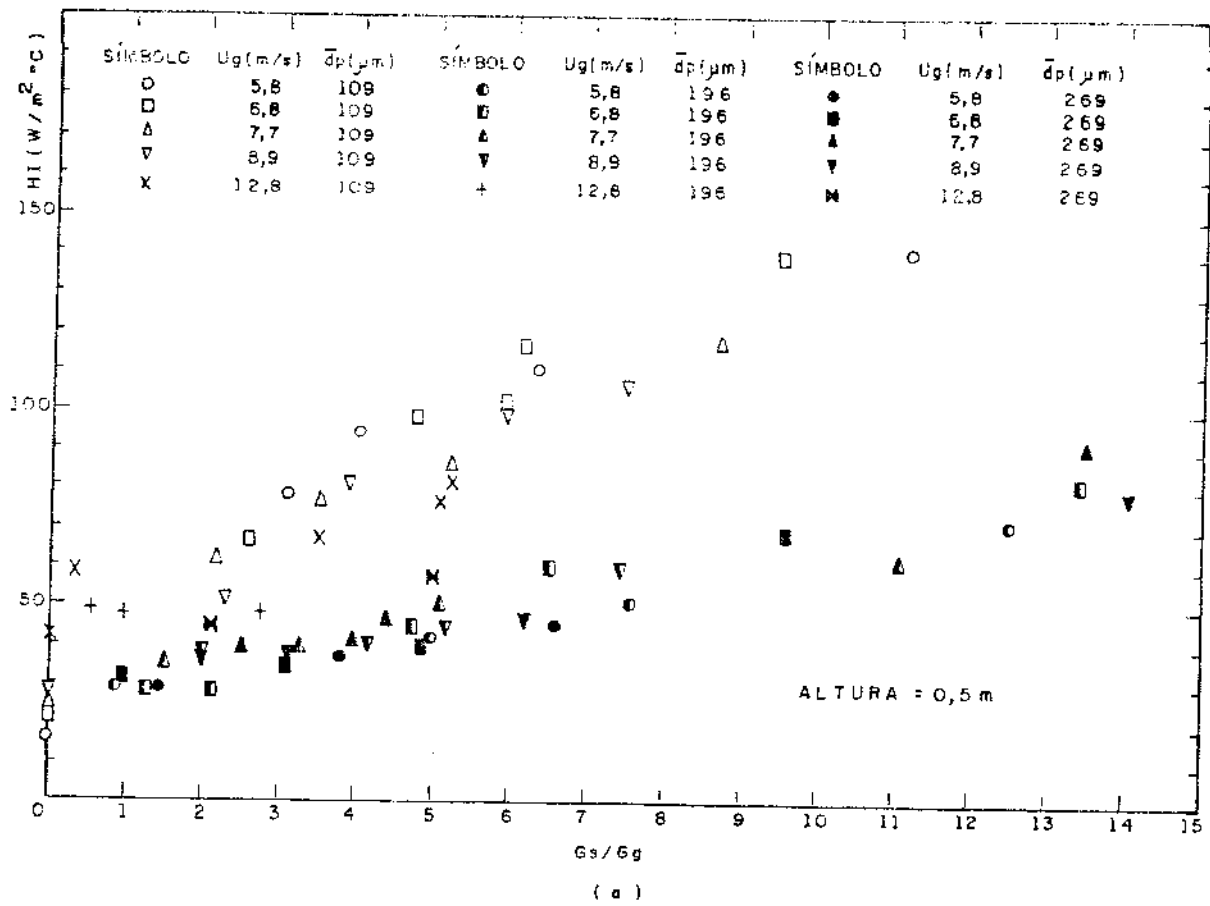


Figura 61 - Coeficiente de transferência de calor mistura gás-sólidos - parede com a altura para duas velocidades da fase gasosa - $\bar{d}_p = 269 \mu\text{m}$



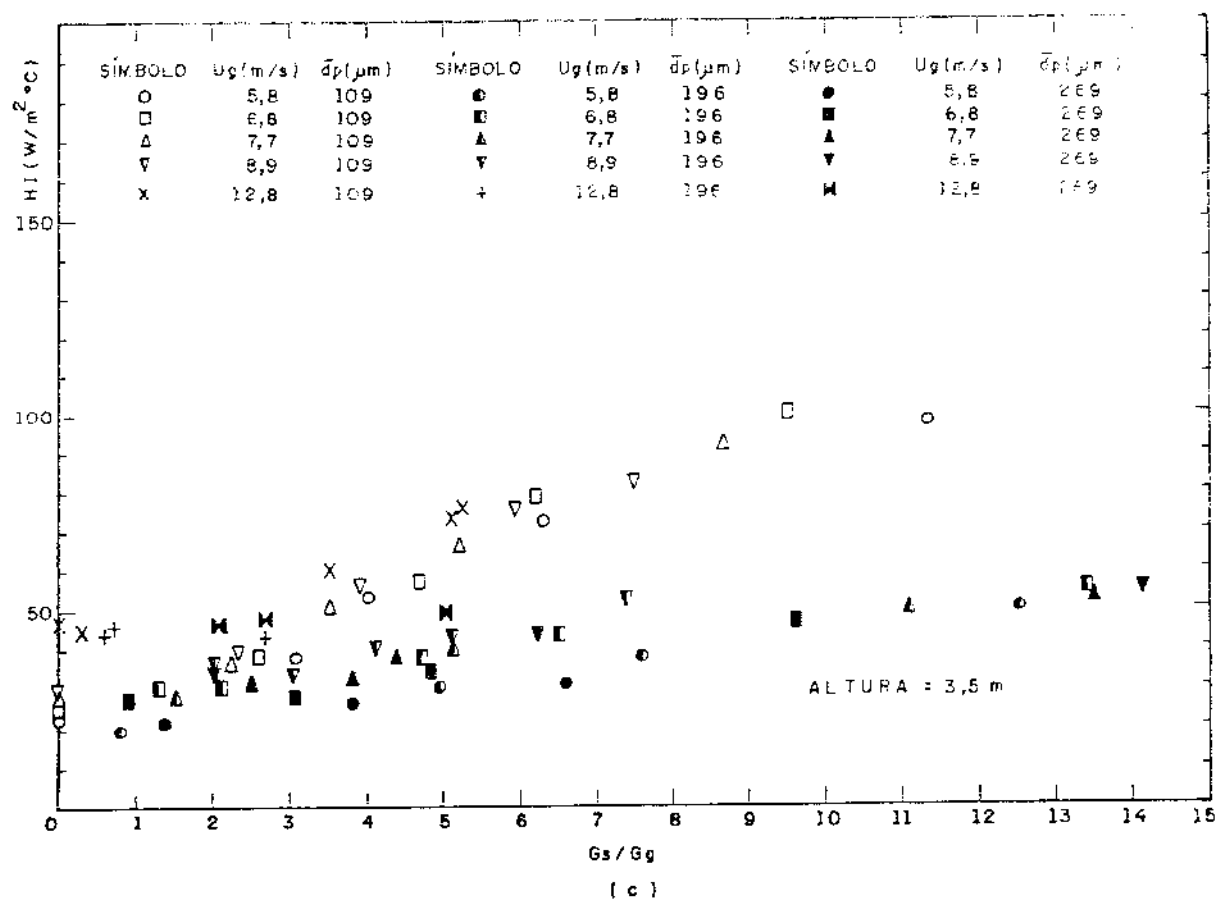


Figura 62 - Coeficiente de transferência de calor com a razão G_s/G_g para três alturas diferentes

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Um dispositivo experimental para a análise da transferência de calor em sistemas com escoamento gás-sólido foi construído e instrumentado convenientemente. O coeficiente local de transferência de calor entre a mistura gás-sólido e a superfície interna do tubo de teste foi determinado experimentalmente, bem como as características do escoamento da mistura gás-sólido e, dos resultados apresentados, pode-se concluir que:

- . O melhor caminho a ser seguido para se determinar o regime de fluidização em leito rápido, quando a observação visual do leito não é possível, consiste em se determinar o perfil da variação da porosidade ao longo da altura do leito;
- . O gradiente de pressão ao longo da altura do leito é fortemente dependente da quantidade de sólidos em circulação no sistema;
- . Pela primeira vez foi apresentado um gráfico de talhado mostrando a variação do coeficiente local de transferência de calor HI com a altura do leito em que são especificadas a velocidade superficial da fase gasosa e a razão entre as descargas de sólidos e de gás. Pode-se observar que os valores de HI são maiores nas regiões inferiores, correspondentes às regiões de menor porosidade, e menores nas regiões superiores, correspondentes às regiões de maior porosidade;
- . O coeficiente de transferência de calor HI é fortemente dependente da densidade média do leito $\bar{\rho}$ e do tamanho das partículas sólidas, crescendo com $\bar{\rho}$ e com a diminuição de $\bar{d}_p$. Um gráfi

co detalhado que mostra tal dependência para valores especificados de $\bar{d}_p$, u_g , D_t e altura do leito, foi apresentado, trazendo informação ainda não disponível no assunto;

- . Os valores do coeficiente de transferência de calor HI obtidos foram comparados com os dois únicos trabalhos publicados que, com certeza, cobriram a condição de fluidização em leito rápido, tendo-se confirmado as mesmas tendências: aumento de HI com o aumento de $\bar{p}$ e com a diminuição de $\bar{d}_p$.

Embora os resultados apresentados neste trabalho indiquem várias tendências e observações, para se obter uma correlação experimental bastante ampla e abrangente outros fatores ainda carecem de serem analisados e são indicados para trabalhos posteriores:

- . Influência do diâmetro do leito no coeficiente de transferência de calor HI;
- . Influência da natureza das partículas sólidas utilizadas;
- . Utilização de faixas granulométricas adicionais;
- . Influência da orientação do tubo que contém a mistura gás-sólido - análise da inclinação;
- . Influência da geometria do leito.

ANEXO 1

Peneiras padronizadas Tyler, com as suas respectivas aberturas na escala "mesh" e a equivalência no sistema métrico.

PENEIRAS DA SÉRIE U.S. E EQUIVALENTES
TYLER A.S.T.M. -- E-11-61

PENEIRAS		ABERTURAS EM MILÍMETROS		ABERTURAS EM PÓIS		TABELA U.S.A. DE EQUIVALENTES
ABERTURA	Alternativa	mm	póis	mm	póis	
107,6 mm	4,24"	107,6	4 24	6,4	0,2520	—
101,6 mm	4"	101,6	4 00	6,3	0,2450	—
95,0 mm	3 7/8"	95,0	3 50	6,0	0,2394	—
76,2 mm	3"	76,2	3 00	5,8	0,2283	—
64,1 mm	2 1/2"	64,0	2 50	5,5	0,2160	—
50,8 mm	2,00"	50,8	2 10	5,0	0,1975	—
47,6 mm	1,875"	47,6	1 50	5,0	0,1928	—
45,0 mm	1,771"	45,0	1,75	4,85	0,1875	—
42,5 mm	1,677"	42,5	1,50	4,75	0,1827	—
40,0 mm	1,574"	40,0	1,25	4,75	0,1825	—
37,5 mm	1,476"	37,5	1,54	3,55	0,1393	1 mesh
35,4 mm	1,390"	35,4	1,00	3,40	0,1325	—
27,6 mm	1,087"	27,6	1,075	3,50	0,1375	2 mesh
18,0 mm	0,708"	18,0	0,700	3,33	0,1295	0,743"
16,0 mm	0,630"	16,0	0,625	3,03	0,1181	0,624"
13,5 mm	0,531"	13,5	0,525	2,75	0,1083	0,525"
12,5 mm	0,492"	12,5	0,500	2,67	0,1053	—
11,2 mm	0,441"	11,2	0,438	2,45	0,0965	0,441"
8,50mm	0,335"	8,50	0,335	2,27	0,0894	0,335"
8,00mm	0,315"	8,00	0,312	2,07	0,0815	2 mesh
6,75mm	0,266"	6,75	0,265	1,87	0,0736	3 mesh
6,35mm	0,250"	6,35	0,250	1,82	0,0717	—
5,00mm	nº 3,5	5,00	0,220	1,68	0,0661	3,5 mesh
4,75mm	nº 4	4,75	0,187	1,54	0,0600	4 mesh
4,00mm	nº 5	4,00	0,157	1,37	0,0529	5 mesh
3,36mm	nº 8	3,36	0,132	1,23	0,0464	8 mesh
2,50mm	nº 60	2,50	0,111	1,10	0,0425	60 mesh
2,38mm	nº 63	2,38	0,0937	1,00	0,0394	63 mesh
2,00mm	nº 100	2,00	0,0787	0,900	0,0354	100 mesh
1,67mm	nº 120	1,68	0,0661	0,810	0,0319	120 mesh
1,40mm	nº 140	1,41	0,0565	0,725	0,0285	140 mesh
1,18mm	nº 160	1,18	0,0465	0,630	0,0255	160 mesh
1,00mm	nº 180	1,00	0,0394	0,580	0,0225	180 mesh
0,841 micron	nº 200	0,841	0,0331	0,516	0,0200	200 mesh
767 micron	nº 25	0,767	0,0275	0,450	0,0177	25 mesh
585 micron	nº 30	0,585	0,0234	0,399	0,0154	30 mesh
500 micron	nº 35	0,500	0,0197	0,340	0,0134	35 mesh
420 micron	nº 40	0,420	0,0165	0,290	0,0114	40 mesh
354 micron	nº 48	0,354	0,0139	0,247	0,0097	48 mesh
298 micron	nº 60	0,297	0,0117	0,215	0,0085	60 mesh
250 micron	nº 60	0,250	0,0098	0,180	0,0071	80 mesh
210 micron	nº 70	0,210	0,0083	0,152	0,0060	70 mesh
177 micron	nº 80	0,177	0,0070	0,131	0,0052	80 mesh
149 micron	nº 100	0,149	0,0055	0,110	0,0043	100 mesh
125 micron	nº 120	0,125	0,0049	0,091	0,0037	125 mesh
105 micron	nº 140	0,105	0,0041	0,076	0,0030	140 mesh
88 micron	nº 170	0,088	0,0035	0,064	0,0025	170 mesh
74 micron	nº 200	0,074	0,0029	0,053	0,0021	200 mesh
63 micron	nº 230	0,063	0,0025	0,044	0,0017	230 mesh
53 micron	nº 270	0,053	0,0021	0,037	0,0015	270 mesh
44 micron	nº 325	0,044	0,0017	0,030	0,0012	325 mesh
37 micron	nº 400	0,037	0,0015	0,025	0,0010	400 mesh

* Estas peneiras correspondem às propostas como padrão internacional (ISO).

ANEXO 2

TABELAS COM OS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	1ª	2	8
T.P.I Fem (mV)	21,900 (529°C)	18,300	7,010
T.P.I.A Fem (mV)	0,965** (24,3°C)	1,725	2,134

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE

** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	0	3,5180
TEMPO DE COLETA (s)	0	21,3
DESCARGA (Kg/s)	0	0,1652

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mv)	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA (-)	2,270	2,380	2,140	1,880	1,590	1,120
ÁGUA (+)	0,072	0,114	0,058	0,053	0,042	0,042

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	3,0	15				0		
PRESSÃO ESTATICA (MANOMÉTRICA)	7 mmHg	7,0 cmHg	E=1	E=1	E=1	E=1	E=1	E=1

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 5,8 m/s NO TUBO NA SECÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I (mV)	18,300	16,030	13,650	11,510	9,630	8,040	6,920
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	1,725	1,797	1,911	1,969	2,032	2,074	2,116
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	444,88	391,33	334,64	283,14	237,15	197,57	169,53
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	441,55	388,33	332,08	280,99	235,36	196,10	168,27
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	42,70	44,40	47,09	48,45	49,93	50,91	51,88

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	371	314	258	208	165	130
Q (W)	1174	1857	939	1022	677	670
Re _d	4543	4730	4907	5041	5152	5227
h ₀ (W/m ² ·°C)	1530	1564	1595	1618	1636	1649
h _i (W/m ² ·°C)	15,4	29,1	17,7	24,0	20,1	25,2
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILI- ZADA NOS CÁLCULOS	T=43,55°C C=4180 μ=6,173×10 ⁻⁴ K=0,635 ρ=991	45,75 4180 5,929×10 ⁻⁴ 0,638 990	47,77 4180 5,715×10 ⁻⁴ 0,640 989	49,19 4181 5,564×10 ⁻⁴ 0,642 988	50,42 4181 5,444×10 ⁻⁴ 0,643 988	51,39 4182 5,366×10 ⁻⁴ 0,644 987

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SEIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
h ₀	1497	1361	1564	1353	1553
h _i	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	1º	2	3
T.P.I	21,200	18,280	7,340
Fem (mV)	(513)		
T.P.I.A	1,02**	1,749	2,217
Fem (mV)	(25,7°C)		

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP CORRESPONDENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO
		ANULAR
PESO COLETADO		
(Kg)		
TEMPO DE COLETA (s)	0	21,3
DESCARGA (Kg/s)	0	0,1652

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA	1º	2º	3º	4º	5º	6º
EMF (mv)						
MISTURA (-)	2,270	2,330	1,920	1,830	1,550	1,110
ÁGUA (+)	0,085	0,126	0,070	0,072	0,050	0,048

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (ε) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	B.L.P PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1º CAMISA	2º CAMISA	3º CAMISA	4º CAMISA	5º CAMISA	6º CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmH ₂ O)	3,0	21			0,2			
PRESSÃO ESTATICA (MANOMÉTRICA)	7 mmHg	10 cmH ₂ O	ε = 1	ε = 1	ε = 1	ε = 1	ε = 1	ε = 1

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 6,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I (mV)	18,280	16,010	13,680	11,760	9,930	8,380	7,27
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	1,749	1,834	1,960	2,030	2,102	2,152	2,200
MISTURA DEGRUSSA TEMPERATURA °C	444,51	390,86	336,00	289,19	244,56	206,10	176,28
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	441,08	387,86	333,43	286,99	242,71	204,56	176,96
ÁGUA °C TEMP. DEGRUSSA	43,26	46,28	48,24	49,88	51,56	52,72	53,84

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	370	313	260	213	171	137
Q (W)	1394	2044	1133	1180	801	774
Re _d	4607	4817	5028	5175	5286	5379
HO _d (W/m ² °C)	1538	1579	1616	1642	1660	1675
HI (W/m ² °C)	18,4	32,1	21,2	26,6	22,9	27,6
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 44,27°C C = 4179 μ = 6,086 × 10 ⁻⁴ K = 0,634	46,76 4180 5,822 × 10 ⁻⁴ 0,639	49,06 4181 5,578 × 10 ⁻⁴ 0,642	50,72 4181 5,420 × 10 ⁻⁴ 0,644	52,14 4182 5,306 × 10 ⁻⁴ 0,646	53,28 4182 5,214 × 10 ⁻⁴ 0,646

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR { i }	1 ^o	2	8
T.P.1 Fem (mV)	22,800 (155,1°C)	19,100	7,650
T.P.1.A Fem (mV)	1,020** (25,7°C)	1,750	2,296

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	0	3,518
TEMPO DE COLETA (s)	0	21,3
DESCARGA (Kg/s)	0	0,1652

III - DIFERENÇA DE VOLTA-SENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mv)	1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o	5 ^o	6 ^o
MISTURA (-)	2,400	2,450	2,000	1,870	1,590	1,170
ÁGUA (+)	0,112	0,144	0,085	0,080	0,058	0,054

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^o CAMISA	2 ^o CAMISA	3 ^o CAMISA	4 ^o CAMISA	5 ^o CAMISA	6 ^o CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cm H ₂ O)	4,6	27				0,3		
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	9 mmHg	13 cm H ₂ O	E=1	E=1	E=1	E=1	E=1	E=1

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE A
 7,7 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR { i }	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.1 (mV)	19,100	16,700	14,250	12,250	10,380	8,790	7,620
ÁGUA - FEM T.P.1.A (mV)	1,750	1,862	2,006	2,091	2,171	2,229	2,283
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	463,41	407,21	349,00	301,02	255,61	218,33	187,05
MISTURA °C TEMP. CORRIJIDA	459,84	404,08	346,33	298,73	253,68	214,71	185,66
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	43,28	45,93	49,33	51,30	53,16	54,52	55,75

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1 ^o CAMISA	2 ^o CAMISA	3 ^o CAMISA	4 ^o CAMISA	5 ^o CAMISA	6 ^o CAMISA
DLMT (°C)	387	327	271	223	179	144
Q (W)	1830	2348	1361	1285	940	850
R _q	4638	4896	5144	5293	5426	5538
HO _D (W/m ² °C)	1546	1593	1635	1661	1684	1702
HI (W/m ² °C)	23,1	35,4	24,5	28,2	25,8	28,8
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I	T = 44,61°C	47,63	50,32	52,23	53,84	55,14
	C = 4180	4181	4181	4182	4183	4183
	μ = 6,050x10 ⁻⁴	5,729x10 ⁻⁴	5,452x10 ⁻⁴	5,298x10 ⁻⁴	5,169x10 ⁻⁴	5,064x10 ⁻⁴
	K = 0,636	0,640	0,643	0,645	0,647	0,648
	P = 990	989	988	987	986	986

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2^o CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1525	1417	1593	1378	1582
HI	35,4	35,5	35,4	35,5	35,4

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	1°	2	8
T.P.I. Fem (mV)	21,000 (508°C)	17,900	7,620
T.P.I.A Fem (mV)	1,040** (26,2°C)	1,740	2,311

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP CORRESPONDENTE

** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	0	3,518
TEMPO DE COLETA (s)	0	21,3
DESCARGA (Kg/s)	0	0,1652

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mv)	1°	2°	3°	4°	5°	6°
MISTURA (-)	2,140	2,240	1,830	1,750	1,470	1,080
ÁGUA (+)	0,128	0,145	0,087	0,082	0,058	0,056

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (I) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1° CAMISA	2° CAMISA	3° CAMISA	4° CAMISA	5° CAMISA	6° CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmHgO)	4,6	36				0,5		
PRESSÃO ESTATICA (MANOMÉTRICA)	12 mmHg	19 cmHgO	1	1	1	1	1	1

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE *
8,9 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I (mV)	17,90	15,760	13,520	11,690	9,940	8,470	7,390
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	1,740	1,866	2,011	2,098	2,180	2,238	2,294
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	436,12	384,93	331,55	287,50	244,80	208,34	181,30
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	432,76	381,98	329,02	285,31	242,95	206,78	179,95
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	43,05	46,02	49,21	51,48	53,37	54,72	56,00

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1° CAMISA	2° CAMISA	3° CAMISA	4° CAMISA	5° CAMISA	6° CAMISA
DMLT (°C)	362	307	256	211	170	138
Q (W)	2051	2203	1554	1319	933	884
Re ₀	4630	4894	5145	5310	5444	5558
hO ₀ (W/m ² ·°C)	1545	1593	1635	1663	1686	1705
hI (W/m ² ·°C)	27,8	35,3	29,7	30,7	26,8	31,6
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTIL- LIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I	T = 44,53°C	47,62	50,34	52,43	54,05	55,36
	C = 4180	4181	4181	4182	4183	4183
	μ = 6,058 × 10 ⁻⁴	5,731 × 10 ⁻⁴	5,451 × 10 ⁻⁴	5,282 × 10 ⁻⁴	5,152 × 10 ⁻⁴	5,046 × 10 ⁻⁴
	K = 0,638	0,640	0,643	0,648	0,647	0,648
	P = 991	989	988	987	986	985

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2° CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1524	1417	1593	1378	1882
HI	35,4	35,4	35,3	35,5	35,3

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	1*	2	8
T.P.I. Fem (mV)	21,180 (513°C)	18,380	8,300
T.P.I.A. Fem (mV)	1,07** (20,9°C)	1,645	2,100

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE

** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	0	3,030
TEMPO DE COLETA (s)	0	9,6
DESCARGA (Kg/s)	0	0,3156

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA	1*	2*	3*	4*	5*	6*
EMF (mV)						
MISTURA (-)	1,930	2,560	1,590	1,500	1,440	1,114
ÁGUA (+)	0,100	0,111	0,069	0,072	0,049	0,050

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	B.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1*	2*	3*	4*	5*	6*
			CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	9,5	14			1,1			
PRESSÃO ESTATICA (MANOMETRICA)	22 mmHg	47 cmH ₂ O	E* 1	E* 1	E* 1	E* 1	E* 1	E* 1

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE =
12,6 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	18,380	16,450	13,890	12,300	10,800	9,360	8,246
ÁGUA - FEM T.P.I.A. (mV)	1,645	1,745	1,856	1,925	1,997	2,046	2,096
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	446,88	401,29	340,39	302,24	256,88	230,48	202,75
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	443,44	398,21	337,79	299,94	283,87	228,75	201,24
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	40,81	43,17	45,79	47,42	49,12	50,26	51,42

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1* CAMISA	2* CAMISA	3* CAMISA	4* CAMISA	5* CAMISA	6* CAMISA
DMLT (°C)	378	322	272	233	196	164
Q (W)	3112	3456	2150	2243	1504	1531
Re _D	8467	8836	9178	9463	9722	9943
h _{0D} (W/m ² ·°C)	2533	2593	2647	2691	2731	2763
h _i (W/m ² ·°C)	40,3	52,8	38,7	47,2	37,5	45,6
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES SI	T = 41,99°C	44,48	46,61	48,27	49,89	50,84
	C = 4179	4180	4180	4181	4181	4181
	μ = 6,328 × 10 ⁻⁴	6,064 × 10 ⁻⁴	5,838 × 10 ⁻⁴	5,662 × 10 ⁻⁴	5,511 × 10 ⁻⁴	5,389 × 10 ⁻⁴
	k = 0,633	0,636	0,639	0,641	0,643	0,644
	ρ = 991	990	989	989	988	988

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR h₀ - 2* CAMISA

	SIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
h ₀	2481	2160	2593	2243	2575
h _i	52,8	53,0	52,8	52,9	52,6

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	1 ^a	2	6
T.P.I Fem (mV)	25,800 (621°C)	5,830	4,740
T.P.I.A Fem (mV)	1,510** (37,6°C)	2,152	3,138

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP CORRESPONDENTE

** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AR SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (kg)	3,090	3,246
TEMPO DE COLETA (s)	10,4	17,8
DESCARGA (kg/s)	0,2971	0,0859

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mv)	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
MISTURA (-)	0,270	0,200	0,190	0,110	0,300	0,020
ÁGUA (+)	0,252	0,247	0,134	0,127	0,099	0,096

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (ε) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	S.L.P PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	4,5	15	4,0	3,7	2,0	2,0	1,8	1,8
PRESSÃO ESTATICA (MANOMÉTRICA)	50 mmHg	62 cmH ₂ O	ε=0,984	ε=0,985	ε=0,992	ε=0,992	ε=0,993	ε=0,993

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 5,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I (mV)	5,830	5,560	5,360	5,170	5,060	4,760	4,740
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,152	2,404	2,651	2,785	2,912	3,011	3,107
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	142,39	135,73	130,80	126,15	123,44	116,12	115,63
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	141,35	134,75	129,85	125,24	122,55	115,29	114,80
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	52,72	58,55	64,18	67,23	70,09	72,31	74,45

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DMLT (°C)	82	71	62	55	48	42
Q (W)	2095	2024	1097	1029	799	771
R _{eq}	2904	3178	3379	3529	3656	3758
HO _D (W/m ² ·°C)	1013	1063	1098	1124	1149	1165
HI (W/m ² ·°C)	140,2	159,2	93,1	98,0	87,3	96,8
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I	T = 55,64°C	61,36	65,71	68,66	71,20	73,38
	C = 4183	4186	4188	4190	4192	4193
	μ = 5,021 × 10 ⁻⁴	4,588 × 10 ⁻⁴	4,316 × 10 ⁻⁴	4,132 × 10 ⁻⁴	3,989 × 10 ⁻⁴	3,881 × 10 ⁻⁴
	K = 0,649	0,664	0,658	0,661	0,668	0,667
	ρ = 985	982	980	978	977	976

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2^a CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1017	935	1063	919	1055
HI	160,2	162,3	159,2	162,1	159,3

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	1 ^a	2	8
T.P.I. Fem (mV)	25,600 (616°C)	5,290	5,500
T.P.I.A. Fem (mV)	1,530** (38°C)	2,141	3,106

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AG SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	1,938	2,610
TEMPO DE COLETA (s)	11,8	29,7
DESCARGA (Kg/s)	0,1642	0,0879

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mV)	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
MISTURA (-)	0,250	0,300	0,240	0,190	0,290	0,130
ÁGUA (+)	0,265	0,234	0,142	0,132	0,098	0,092

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	4,1	15	1,8	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	35 mmHg	47 cmH ₂ O	E=0,993	E=0,995	E=0,995	E=0,996	E=0,996	E=0,996
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 5,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	6,890	6,640	6,340	6,100	5,910	5,620	5,490
ÁGUA - FEM T.P.I.A. (mV)	2,141	2,406	2,64	2,782	2,914	3,012	3,104
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	168,78	162,53	155,05	149,08	144,37	137,20	134,00
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	167,53	161,33	153,91	147,99	143,32	136,20	133,03
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	52,46	58,59	63,93	67,16	70,13	72,33	74,39

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DMLT (°C)	109	96	85	77	68	61
Q (W)	2254	1965	1189	1094	810	759
Re _D	2965	3248	3468	3632	3743	3844
NO _D (W/m ² ·°C)	1031	1082	1120	1148	1167	1184
NI (W/m ² ·°C)	110,8	108,5	71,53	73,0	60,0	63,0
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I	$\bar{T}=55,53^{\circ}\text{C}$	61,26	65,93	69,03	71,23	73,36
	$C=4183$	4186	4186	4190	4192	4193
	$\mu=5,033 \times 10^{-4}$	$4,694 \times 10^{-4}$	$4,303 \times 10^{-4}$	$4,109 \times 10^{-4}$	$3,987 \times 10^{-4}$	$3,862 \times 10^{-4}$
	$K=0,649$	0,654	0,658	0,661	0,663	0,665
	$P=985$	982	980	978	977	976

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2^a CAMISA

	SIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1035	907	1082	936	1074
HI	109,1	110,2	108,5	110,2	108,6

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	1º	2º	3º
T.P.I. Fem (mV)	25,900 (624°C)	7,82	6,16
T.P.I.A. Fem (mV)	1,47** ()	2,115	3,265

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP CORRESPONDENTE
** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	1,298	2,770
TEMPO DE COLETA (s)	12,5	40,1
DESCARGA (Kg/s)	0,1038	0,0691

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mV)	1º	2º	3º	4º	5º	6º
MISTURA (-)	0,320	0,400	0,250	0,150	0,360	0,160
ÁGUA (+)	0,350	0,267	0,159	0,151	0,115	0,104

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (ε) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	Ø.L.P PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1º CAMISA	2º CAMISA	3º CAMISA	4º CAMISA	5º CAMISA	6º CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	4,0	15	1,2	1,1	1,0	0,8	0,8	0,8
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	32 mmHg	41 cmH ₂ O	ε=0,995	ε=0,996	ε=0,996	ε=0,997	ε=0,997	ε=0,997

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 5,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	7,820	7,500	7,100	6,850	6,700	6,340	6,180
ÁGUA - FEM T.P.I.A. (mV)	2,115	2,465	2,732	2,891	3,042	3,157	3,261
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	192,08	184,05	174,03	167,78	164,03	155,05	151,07
MISTURA °C TEMP CORRIGIDA	190,65	182,68	172,74	166,54	162,82	153,91	149,86
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	51,86	59,95	66,02	69,61	73,00	75,58	77,89

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	131	115	102	93	84	75
Q (W)	2338	1758	1039	982	748	670
R _g	2345	2614	2804	2945	3058	3158
HO ₀ (W/m ² ·°C)	853	904	938	963	982	1000
HI (W/m ² ·°C)	96,1	80,5	51,9	53,5	44,9	44,9
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T=55,91°C C=4183 μ=5,002×10 ⁻⁴ K=0,649 ρ=985	62,96 4187 4,488×10 ⁻⁴ 0,666 982	67,82 4190 4,164×10 ⁻⁴ 0,660 979	71,31 4192 3,983×10 ⁻⁴ 0,663 977	74,29 4194 3,836×10 ⁻⁴ 0,665 975	76,74 4196 3,715×10 ⁻⁴ 0,668 974

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	865	737	904	782	898
HI	80,8	82,1	80,5	81,6	80,6

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	1ª	2	8
T.P.I	26,000	8,740	6,720
T_{em} (mV)	(626°C)		
T.P.I.A	1,460**	2,107	3,200
T_{em} (mV)	(36,4°C)		

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE

** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AG SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	0,973	2770
TEMPO DE COLETA (s)	12,1	40,1
DESCARGA (Kg/s)	0,0804	0,0691

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
EMF (mV)						
MISTURA (-)	0,400	0,500	0,300	0,210	0,360	0,250
ÁGUA (+)	0,343	0,265	0,148	0,134	0,101	0,098

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	B.L.P PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	4,0	15	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	28 mmHg	37 cmH ₂ O	E=0,997	E=0,998	E=0,998	E=0,998	E=0,998	E=0,998
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 5,8 m/s NO TUBO NA SECÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I (mV)	8,740	8,340	7,840	7,540	7,330	6,970	6,720
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,107	2,450	2,715	2,863	2,997	3,098	3,196
MISTURA DEGRUSSA TEMPERATURA °C	215,08	205,10	192,58	185,05	179,79	170,78	164,53
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	213,47	203,57	191,15	183,67	178,48	169,52	163,32
ÁGUA °C TEMP. DEGRUSSA	51,67	59,60	65,64	68,98	72,00	74,25	76,44

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	153	135	120	111	101	91
Q (W)	2292	1748	967	875	652	635
Re _d	2335	2602	2783	2915	3013	3100
HO _d (W/m ² ·°C)	851	901	934	957	974	991
HI (W/m ² ·°C)	79,1	67,3	40,5	39,7	32,2	34,8
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTIL- IZADA NOS CÁLCULOS	$T = 55,84^{\circ}\text{C}$	62,62	67,31	70,49	73,13	75,35
	C = 4183	4187	4189	4191	4193	4195
	$\mu = 5,024 \times 10^{-4}$	$4,059 \times 10^{-4}$	$4,216 \times 10^{-4}$	$4,024 \times 10^{-4}$	$3,893 \times 10^{-4}$	$3,784 \times 10^{-4}$
	K = 0,649	0,655	0,660	0,662	0,664	0,667
UNIDADES SI	$\rho = 985$	982	979	977	976	975

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	863	765	901	780	895
HI	67,5	68,1	67,3	68,1	67,3

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	1ª	2	8
T.P.I. Fem (mV)	24,100 (781°C)	6,360	5,450
T.P.I.A. Fem (mV)	1,480** (36,8°C)	2,160	3,253

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AG SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	3,366	2,641
TEMPO DE COLETA (s)	11,5	27,1
DESCARGA (Kg/s)	0,2927	0,0975

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mV)	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA (-)	0,120	0,180	0,180	0,100	0,280	0,070
ÁGUA (+)	0,263	0,257	0,164	0,150	0,121	0,112

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (L) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	B.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	4,5	21	3,4	3,4	2,0	2,0	1,9	1,8
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	45 mmHg	57 cmH ₂ O	1*0,986	1*0,986	1*0,992	1*0,992	1*0,993	1*0,993

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE =
6,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	6,360	6,240	6,060	5,900	5,800	5,520	5,450
ÁGUA - FEM T.P.I.A. (mV)	2,160	2,423	2,680	2,844	2,994	3,115	3,227
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	155,55	152,55	148,08	144,12	141,65	134,73	133,00
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	154,41	151,43	147,00	143,07	140,62	133,75	132,04
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	52,91	58,98	64,84	68,56	71,93	74,64	77,13

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DNLT (°C)	97	87	78	72	64	57
Q (W)	2476	2392	1819	1377	1108	1018
Re _d	3311	3635	3891	4101	4260	4406
h ₀ (W/m ² °C)	1124	1180	1225	1259	1286	1309
h _i (W/m ² °C)	138,9	149,7	101,6	100,4	89,8	92,5
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I	T = 55,95°C	61,91	66,70	70,25	73,29	75,89
	C = 4183	4186	4189	4191	4193	4195
	μ = 4,999x10 ⁻⁴	4,554x10 ⁻⁴	4,254x10 ⁻⁴	4,036x10 ⁻⁴	3,885x10 ⁻⁴	3,757x10 ⁻⁴
	k = 0,649	0,654	0,659	0,662	0,665	0,667
	p = 985	982	980	978	976	974

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
h ₀	1129	1021	1180	1021	1172
h _i	150,5	152,6	149,7	152,6	149,8

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	1 ^a	2	8
TPI Fem (mV)	24,700 (535°C)	6,890	5,800
TPIA Fem (mV)	1,510 ^{**} (37,6°C)	2,156	3,128

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP CORRESPONDENTE

** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AG SÓLIDOS	ÁGUA NO ESTIÃO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	2,569	2,641
TEMPO DE COLETA (s)	13,5	27,1
DESCARGA (Kg/s)	0,1903	0,0975

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mV)	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
MISTURA (-)	0,180	0,270	0,180	0,110	0,260	0,090
ÁGUA (+)	0,253	0,225	0,149	0,135	0,108	0,102

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	B.L.P PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	4,5	21	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,2
PRESSÃO ESTATICA (MANOMÉTRICA)	37 mmHg	49 cmH ₂ O	E=0,991	E=0,994	E=0,994	E=0,994	E=0,994	E=0,995
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 6,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM TPI (mV)	6,890	6,710	6,440	6,260	6,150	5,890	5,800
ÁGUA - FEM TPIA (mV)	2,156	2,409	2,634	2,783	2,918	3,026	3,128
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	168,78	164,28	157,53	153,05	150,33	143,88	141,65
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	167,53	163,07	156,37	151,93	149,23	142,83	140,62
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	52,81	58,66	63,80	67,18	70,22	72,64	74,93

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DMLT (°C)	109	98	89	82	75	68
Q (W)	2386	2098	1380	1242	989	936
Re _d	3300	3602	3823	4009	4162	4287
HO _d (W/m ² ·°C)	1122	1175	1213	1245	1269	1290
HI (W/m ² ·°C)	116,3	113,0	80,2	77,8	67,5	70,1
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS	$\bar{T}=55,74^{\circ}\text{C}$ $C=4183$ $\mu=5,016 \times 10^{-4}$ $k=0,649$ $\rho=985$	81,23 4188 $4,596 \times 10^{-4}$ 0,654 983	65,49 4188 $4,330 \times 10^{-4}$ 0,658 980	68,70 4190 $4,129 \times 10^{-4}$ 0,661 978	71,43 4192 $3,977 \times 10^{-4}$ 0,663 977	73,78 4194 $3,861 \times 10^{-4}$ 0,666 975
UNIDADES S I						

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2^a CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1125	1021	1175	1017	1167
HI	113,5	114,6	113,0	114,7	113,1

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	1ª	2	8
T.P.1 Fem (mV)	25,000 (602°C)	7,650	6,360
T.P.1.A Fem (mV)	1,501** (37,4°C)	2,149	3,140

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP CORRESPONDENTE

** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AG SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	21,68	2,851
TEMPO DE COLETA (s)	15,1	32,8
DESCARGA (Kg/s)	0,1436	0,0869

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mV)	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA (-)	0,210	0,290	0,200	0,160	0,310	0,090
ÁGUA (+)	0,279	0,227	0,141	0,136	0,105	0,101

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (L) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	B.L.P PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	4,5	21	1,5	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9
PRESSÃO ESTATICA (MANOMÉTRICA)	35 mmHg	44 cmH ₂ O	E=0,994	E=0,995	E=0,996	E=0,996	E=0,996	E=0,996
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 6,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.1 (mV)	7,650	7,440	7,150	6,950	6,790	6,480	6,390
ÁGUA - FEM T.P.1.A (mV)	2,149	2,428	2,655	2,796	2,932	3,037	3,138
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	187,80	182,55	175,28	170,27	166,26	158,53	156,29
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	186,40	181,19	173,98	169,01	165,05	157,36	155,14
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	52,65	59,09	64,27	67,48	70,53	72,89	75,16

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	128	116	106	98	89	82
Q (W)	2341	1884	1168	1110	860	827
R ₀	2948	3230	3426	3589	3722	3833
MO _D (W/m ² °C)	1025	1076	1110	1138	1150	1178
HI (W/m ² °C)	96,8	84,7	56,0	57,4	48,3	50,6
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS	T=55,87°C	61,68	65,88	69,00	71,71	74,03
	C=4183	4186	4188	4190	4192	4194
	μ=5,005×10 ⁻⁴	4,568×10 ⁻⁴	4,306×10 ⁻⁴	4,111×10 ⁻⁴	3,964×10 ⁻⁴	3,849×10 ⁻⁴
	K=0,649	0,658	0,658	0,661	0,663	0,666
UNIDADES SI	ρ=985	982	980	978	977	975

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR NO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1030	907	1076	931	1068
HI	85,0	85,9	84,7	85,7	84,8

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	1 ^a	2	8
T.P.I. Fem (mV)	25,500 (614°C)	9,510	7,300
T.P.I.A. Fem (mV)	1,460** (36,4°C)	2,133	3,060

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP CORRESPONDENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AG SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	0,973	3,246
TEMPO DE COLETA (s)	12,2	37,8
DESCARGA (Kg/s)	0,0798	0,0859

III - DIFERENÇA DE TENSÕES ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mv)	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
MISTURA (-)	0,380	0,500	0,340	0,270	0,340	0,210
ÁGUA (+)	0,272	0,208	0,128	0,124	0,098	0,094

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (ε) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cm H ₂ O)	4,5	21	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	27 mmHg	35 cmH ₂ O	ε=0,997	ε=0,998	ε=0,998	ε=0,998	ε=0,998	ε=0,998

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 5,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	9,510	9,130	8,630	8,290	8,020	7,680	7,470
ÁGUA - FEM T.P.I.A. (mV)	2,133	2,405	2,613	2,741	2,865	2,961	3,055
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	234,20	224,78	212,33	203,85	197,08	188,56	183,30
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	232,44	223,09	210,74	202,33	195,61	187,16	181,94
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	52,28	58,57	63,32	66,23	69,02	71,19	73,29

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
ΔMLT (°C)	172	156	142	131	121	112
Q (W)	2260	1708	1047	1004	781	756
Re _g	2892	3161	3335	3476	3607	3667
h ₀ (W/m ² ·°C)	1011	1060	1090	1116	1137	1148
h _i (W/m ² ·°C)	67,5	55,8	36,8	38,1	31,9	33,4
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES SI	T=55,42°C	60,95	64,78	67,63	70,11	72,24
	C=4183	4186	4188	4190	4191	4193
	μ=5,042×10 ⁻⁴	4,614×10 ⁻⁴	4,374×10 ⁻⁴	4,196×10 ⁻⁴	4,043×10 ⁻⁴	3,977×10 ⁻⁴
	k=0,648	0,654	0,657	0,660	0,662	0,664
	Pr=985	983	980	979	978	976

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR h₀ - 2^a CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
h ₀	1014	913	1060	416	1053
h _i	55,7	56,1	55,6	56,1	55,6

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (i)	1*	2	8
T.P.1 Fem (mV)	23,700 (572°C)	6,740	5,240
T.P.1.A Fem (mV)	1,550** (38,5°C)	2,154	3,342

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP CORRESPONDENTE

** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AR SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	3,840	2,992
TEMPO DE COLETA (s)	12,7	34,1
DESCARGA (Kg/s)	0,3024	0,0877

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mv)	1*	2*	3*	4*	5*	6*
MISTURA (-)	0,100	0,170	0,140	0,100	0,250	0,050
ÁGUA (+)	0,279	0,281	0,185	0,174	0,132	0,124

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1*	2*	3*	4*	5*	6*
			CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	4,5	27	3,5	3,2	2,0	1,9	1,8	1,8
PRESSÃO ESTATICA (MANOMETRICA)	47 mmHg	58 cmH ₂ O	E=0,986	E=0,987	E=0,991	E=0,992	E=0,993	E=0,993
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 7,7 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (i)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.1 (mV)	6,740	6,640	6,470	6,330	6,230	5,980	5,930
ÁGUA - FEM T.P.1.A (mV)	2,154	2,433	2,714	2,899	3,073	3,205	3,329
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	165,03	162,53	158,28	154,80	152,30	146,10	144,65
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	163,81	161,33	157,12	153,66	151,18	145,03	143,79
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	52,77	59,21	65,61	69,79	73,69	76,64	79,38

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
OMLT (°C)	107	97	87	81	73	66
Q (W)	2363	2350	1536	1434	1085	1008
Re _d	2980	3293	3552	3758	3925	4077
HO _D (W/m ² °C)	1033	1089	1134	1168	1196	1220
HI (W/m ² °C)	119,6	131,7	91,5	92,7	76,5	78,0
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS	T=55,99°C C=4183 μ=4,996x10 ⁻⁴ K=0,649 ρ=985	62,41 4186 4,522x10 ⁻⁴ 0,655 982	87,70 4190 4,192x10 ⁻⁴ 0,660 979	71,74 4192 3,962x10 ⁻⁴ 0,663 977	75,16 4195 3,793x10 ⁻⁴ 0,668 975	78,01 4197 3,652x10 ⁻⁴ 0,668 973
UNIDADES S.I						

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

*	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1042	964	1089	942	1081
HI	132,4	133,7	131,7	134,0	131,8

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	1 ^a	2	8
T.P.I. Fem (mV)	24,800 (598°C)	8,070	6,750
T.P.I.A Fem (mV)	2,510** (37,6°C)	2,228	2,916

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE
** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AS SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	2,350	3,463
TEMPO DE COLETA (s)	13,0	23,2
DESCARGA (Kg/s)	0,1808	0,1493

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARIS NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mV)	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
MISTURA (-)	0,200	0,280	0,240	0,140	0,300	0,110
ÁGUA (+)	0,162	0,160	0,098	0,104	0,082	0,082

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (ε) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	5,5	27	2,0	1,7	1,5	0,8	0,8	0,8
PRESSÃO ESTATICA (MANOMÉTRICA)	32 mmHg	47 cmHg	ε=0,992	ε=0,993	ε=0,994	ε=0,997	ε=0,997	ε=0,997
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 7,7 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	8,070	7,870	7,590	7,350	7,210	6,910	6,800
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,228	2,390	2,550	2,648	2,752	2,834	2,916
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	198,33	193,33	186,30	180,30	176,78	169,28	166,53
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	196,85	191,89	184,91	178,96	175,47	168,03	165,30
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	54,49	58,23	61,89	64,11	66,48	68,33	70,18

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DMIT (°C)	138	128	119	112	104	97
Q (W)	2335	2287	1388	1482	1157	1157
Re _d	5104	5429	5650	5838	6021	6191
hO _d (W/m ² ·°C)	1585	1639	1675	1704	1733	1757
hI (W/m ² ·°C)	86,2	91,0	98,3	96,4	95,2	99,3
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I	T = 56,35°C	60,06	63,00	65,29	67,41	69,26
	C = 4182	4185	4187	4188	4189	4191
	μ = 4,966x10 ⁻⁴	4,699x10 ⁻⁴	4,486x10 ⁻⁴	4,342x10 ⁻⁴	4,210x10 ⁻⁴	4,094x10 ⁻⁴
	K = 0,649	0,653	0,656	0,658	0,660	0,661
	ρ = 985	983	982	980	979	978

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR hO - 2^a CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
hO	1568	1417	1639	1417	1627
hI	91,2	91,7	91,0	91,7	91,0

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	1º	2	3
T.P.I. Fem (mV)	23,900 (576°C)	8,85	7,15
T.P.I.A. Fem (mV)	1,530** (38°C)	2,202	3,140

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE

** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AG SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	1,576	2,641
TEMPO DE COLETA (s)	12,8	27,1
DESCARGA (Kg/s)	0,1231	0,0975

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mV)	1º	2º	3º	4º	5º	6º
MISTURA (-)	0,260	0,400	0,300	0,200	0,340	0,150
ÁGUA (+)	0,250	0,226	0,130	0,131	0,103	0,102

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (C) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1º CAMISA	2º CAMISA	3º CAMISA	4º CAMISA	5º CAMISA	6º CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	0,5	27	1,3	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	3) mmHg	42 cmH ₂ O	E=0,995	E=0,995	E=0,996	E=0,996	E=0,996	E=0,996

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 7,7 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	8,850	8,590	8,190	7,890	7,690	7,350	7,190
ÁGUA - FEM T.P.I.A. (mV)	2,202	2,452	2,712	2,842	2,973	3,076	3,178
MISTURA DEGRUSSA TEMPERATURA °C	217,83	211,33	201,33	193,83	188,82	180,30	176,28
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	216,20	209,75	199,83	192,39	187,42	178,96	174,97
ÁGUA °C TEMP. DEGRUSSA	53,88	59,65	65,57	68,51	71,45	73,76	76,04

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	156	142	129	120	110	102
Q (W)	2354	2417	1201	1201	944	932
R ₀	3355	3670	3910	4088	4224	4349
HO ₀ (W/m ² °C)	1132	1187	1228	1257	1280	1300
HI (W/m ² °C)	77,8	88,3	46,6	50,2	42,6	45,6
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTIL- LIZADA NOS CÁLCULOS	T=56,76°C C=4184 μ=4,934×10 ⁻⁴ K=0,650 ρ=985	62,61 4187 4,510×10 ⁻⁴ 0,655 982	67,04 4189 4,233×10 ⁻⁴ 0,659 979	-69,98 4191 4,049×10 ⁻⁴ 0,662 978	72,61 4193 3,919×10 ⁻⁴ 0,664 976	74,90 4194 3,806×10 ⁻⁴ 0,666 975

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1136	1021	1187	1027	1179
HI	88,6	89,3	88,3	89,3	88,3

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	1ª	2	8
T.P.I Fem (mV)	23,000 (55,0°C)	10,22	8,05
T.P.I.A Fem (mV)	1,494** (39,1°C)	2,178	3,056

* ENTRE PARÊNTESES É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE
** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR	SÓLIDOS
PESO COLETADO (Kg)	2,641	1,027
TEMPO DE COLETA (s)	27,1	13,6
DESCARGA (Kg/s)	0,0975	0,0755

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA ENF (mV)	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA (-)	0,360	0,530	0,410	0,300	0,360	0,230
ÁGUA (+)	0,243	0,202	0,119	0,117	0,091	0,094

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (C) AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	4,7	27	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PRESSÃO ESTATICA (MANOMETRICA)	22 mmHg	35 cmH ₂ O	E=0,996	E=0,998	E=0,998	E=0,998	E=0,998	E=0,998

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 7,7 m/s NO TUBO NA SECÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I (mV)	10,220	9,860	9,330	8,920	8,620	8,260	8,03
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,178	2,421	2,623	2,742	2,859	2,950	3,044
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	251,68	242,83	229,75	219,55	212,08	203,10	197,33
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	249,78	241,00	228,00	217,90	210,49	201,58	195,86
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	53,33	58,93	63,55	66,25	68,89	70,93	73,04

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	189	173	158	147	136	127
Q (W)	2284	1886	1102	1078	834	862
R _{eq}	3321	3602	3790	3941	4083	4191
HO _D (W/m ² °C)	1126	1175	1207	1233	1257	1275
HI (W/m ² °C)	61,4	55,0	34,6	38,5	30,2	33,6
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T=55,13°C					
	C=4183	4186	4188	4189	4191	4192
	μ=4,984x10 ⁻⁴	4,596x10 ⁻⁴	4,367x10 ⁻⁴	4,200x10 ⁻⁴	4,054x10 ⁻⁴	3,950x10 ⁻⁴
	K=0,649	0,654	0,657	0,660	0,662	0,664
UNIDADES SI	ρ=985	983	980	979	978	977

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1125	1026	1175	1017	1167
HI	55,1	55,3	55,0	55,4	55,0

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR ()	1º	2º	8º
T.P.I.	22,100	6,780	6,060
Fem (mV)	(53,4°C)		
T.P.I.A	1,560**	2,267	3,135
Fem (mV)	(38,8°C)		

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AG. SÓLIDOS	AR A NO ESCOPO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	3,767	3,406
TEMPO DE COLETA (s)	12,5	29,9
DESCARGA (Kg/s)	0,3014	0,1139

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAM DA LÂMBA

CAMISA D'ÁGUA	1º	2º	3º	4º	5º	6º
EMF (mV)						
MISTURA (-)	0,104	0,160	0,120	0,080	0,200	0,000
ÁGUA (+)	0,196	0,196	0,137	0,130	0,102	0,094

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1º CAMISA	2º CAMISA	3º CAMISA	4º CAMISA	5º CAMISA	6º CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	5,2	38	3,0	2,7	1,4	1,4	1,4	1,4
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	40 mmHg	57 cmH ₂ O	E=0,988	E=0,989	E=0,994	E=0,994	E=0,994	E=0,994

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 8,9 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR ()	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	6,780	6,676	6,516	6,396	6,316	6,116	6,056
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,267	2,463	2,659	2,796	2,926	3,028	3,122
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	166,03	163,43	159,43	156,44	154,45	149,48	147,98
MISTURA °C TEMP CORRIGIDA	164,81	162,23	158,26	155,29	153,32	148,39	146,90
ÁGUA °C TEMP DEGUSSA	55,39	59,91	64,36	67,48	70,40	72,69	74,80

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1º CAMISA	2º CAMISA	3º CAMISA	4º CAMISA	5º CAMISA	6º CAMISA
DMLT (°C)	106	96	91	85	79	74
Q (W)	2154	2122	1489	1394	1093	1008
Re ₀	3977	4260	4494	4700	4870	5006
HO ₀ (W/m ² °C)	1292	1340	1378	1412	1439	1460
HI (W/m ² °C)	106,5	113,5	84,0	83,5	69,8	69,0
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 57,65°C C = 4184 μ = 4,862 × 10 ⁻⁴ K = 0,651 ρ = 984	8214 4186 4,639 × 10 ⁻⁴ 0,655 982	65,92 4189 4,303 × 10 ⁻⁴ 0,658 980	68,94 4190 4,114 × 10 ⁻⁴ 0,651 978	71,55 4192 3,971 × 10 ⁻⁴ 0,663 977	73,75 4194 3,863 × 10 ⁻⁴ 0,665 975

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2º CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1282	1162	1340	1159	1331
HI	114,0	115,0	113,5	115,0	113,6

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	1 ^a	2	8
T.P.I	22,200	7,190	6,290
Fem (mV)	(537°C)		
T.P.I.A	1,580**	2,250	3,109
Fem (mV)	(79°C)		

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP CORRESPONDENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AG SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	3,673	3,406
TEMPO DE COLETA (s)	15,4	29,9
DESCARGA (Kg/s)	0,2385	0,1139

III - DIFERENÇA DE TENSÕES ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
EMF (mV)						
MISTURA (-)	0,135	0,205	0,160	0,090	0,200	0,090
ÁGUA (+)	0,206	0,191	0,129	0,127	0,098	0,069

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	0.L.P PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	5,1	36	2,8	1,7	1,5	1,0	1,0	1,0
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	40 mmHg	53 cmH ₂ O	E=0,989	E=0,993	E=0,994	E=0,996	E=0,996	E=0,996
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 8,9 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I (mV)	7,190	7,055	6,850	6,690	6,600	6,400	6,310
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,250	2,456	2,647	2,776	2,903	3,001	3,090
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	176,55	172,90	167,78	163,78	161,53	156,54	154,30
MISTURA °C TEMP CORRIGIDA	175,24	171,62	166,54	162,57	160,34	156,39	153,17
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	55,00	59,74	64,09	67,02	69,89	72,09	74,07

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DMLT (°C)	116	107	99	93	87	81
Q (W)	2259	2074	1398	1370	1050	946
Re _d	3958	4247	4470	4666	4836	4963
h ₀ (W/m ² ·°C)	1288	1338	1375	1407	1434	1453
h _i (W/m ² ·°C)	101,5	100,7	71,7	74,9	60,8	58,4
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES SI	T=57,37°C	61,92	65,55	68,46	70,99	73,08
	C=4184	4186	4188	4190	4192	4193
	μ=4,885×10 ⁻⁴	4,553×10 ⁻⁴	4,326×10 ⁻⁴	4,144×10 ⁻⁴	3,999×10 ⁻⁴	3,896×10 ⁻⁴
	k=0,650	0,655	0,658	0,661	0,663	0,664
	ρ=985	982	980	979	977	976

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2^a CAMISA

	SIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1281	1151	1338	1157	1329
HI	101,0	101,9	100,7	101,8	100,7

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	1 ^a	2	3
T.P.I. Fem (mV)	22,200 (53,7°C)	8,020	6,840
T.P.I.A. Fem (mV)	1,550** (38,5°C)	2,240	3,049

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE

** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AR SÓLIDOS	ÁGUA NO ESTADO LÍQUIDO
PESO COLETADO (Kg)	2046	3,046
TEMPO DE COLETA (s)	13,2	29,6
DESCARGA (Kg/s)	0,1552	0,1139

III - DIFERENÇA DE TENSÕES ENTRE OS ELETRODOS NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA DE ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
EMF (mV)						
MISTURA (-)	0,190	0,290	0,122	0,170	0,220	0,110
ÁGUA (+)	0,200	0,180	0,118	0,117	0,095	0,090

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (ε) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	6 L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	5,1	36	1,9	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	31 mmHg	46 cmH ₂ O	ε=0,992	ε=0,995	ε=0,996	ε=0,996	ε=0,995	ε=0,996

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE =
8,9 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	8,020	7,830	7,540	7,418	7,248	7,028	6,918
ÁGUA - FEM T.P.I.A. (mV)	2,240	2,240	2,620	2,738	2,855	2,950	3,040
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	197,08	192,33	185,05	182,00	177,73	172,23	169,51
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	195,61	190,90	183,68	180,65	176,41	170,96	168,26
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	54,77	59,37	63,48	66,16	68,80	70,93	72,96

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DMLT (°C)	136	126	117	111	104	98
Q (W)	2192	1960	1278	1260	1017	969
Re _d	3938	4218	4423	4598	4788	4893
h _{0d} (W/m ² ·°C)	1285	1332	1367	1396	1423	1443
h _i (W/m ² ·°C)	82,8	79,7	64,6	57,0	48,9	49,5
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILI- ZADA NOS CÁLCULOS	T=57,07°C C=4184 μ=4,910×10 ⁻⁴ K=0,650 ρ=985	61,43 4186 4,584×10 ⁻⁴ 0,654 982	64,82 4188 4,372×10 ⁻⁴ 0,657 981	67,48 4189 4,206×10 ⁻⁴ 0,660 979	69,87 4191 4,056×10 ⁻⁴ 0,662 978	71,95 4192 3,952×10 ⁻⁴ 0,664 977

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2^a CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
h ₀	1275	1162	1332	1153	1323
h _i	79,9	80,4	79,7	80,5	79,8

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	1º	2	3
T.P.I	22,700	10,000	2,140
Fem (mV)	(748°C)		
T.P.I.A	1,490**	2,216	2,816
Fem (mV)	(37,3°C)		

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP CORRESPONDENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AG SÓLIDOS	ÁGUA NO ESTRATO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	1365	3077
TEMPO DE COLETA (s)	14,5	23,7
DESCARGA (Kg/s)	0,0941	0,1298

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS 6 PONTOS NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMP (mV)	1º	2º	3º	4º	5º	6º
MISTURA (-)	0,250	0,405	0,340	0,310	0,310	0,230
ÁGUA (+)	0,154	0,140	0,090	0,099	0,075	0,080

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1º CAMISA	2º CAMISA	3º CAMISA	4º CAMISA	5º CAMISA	6º CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	5,2	36	1,4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	26 mmHg	37 cmH ₂ O	E=0,994	E=0,997	E=0,997	E=0,997	E=0,997	E=0,997
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 8,9 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I (mV)	10,000	9,750	9,345	9,005	8,695	8,385	8,155
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,216	2,370	2,510	2,600	2,699	2,774	2,854
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	246,28	240,12	230,10	221,68	213,95	206,23	200,45
MISTURA °C TEMP CORRIGIDA	244,42	238,31	228,37	220,02	212,35	204,69	198,95
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	54,21	57,77	60,98	63,02	65,27	66,98	68,78

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	185	174	162	152	142	134
Q (W)	1933	1744	1108	1223	930	979
Re _d	4408	4666	4943	4992	5137	5271
hO _d (W/m ² ·°C)	1413	1456	1500	1510	1532	1554
hI (W/m ² ·°C)	52,2	50,0	33,7	39,8	32,1	36,0
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I	T = 55,99°C	59,38	62,00	64,15	66,13	67,88
	C = 4183	4185	4186	4187	4189	4190
	μ = 4,999×10 ⁻⁴	4,723×10 ⁻⁴	4,548×10 ⁻⁴	4,414×10 ⁻⁴	4,290×10 ⁻⁴	4,181×10 ⁻⁴
	k = 0,649	0,652	0,655	0,657	0,658	0,660
	ρ = 985	983	982	981	980	979

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SEIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1393	1876	1456	1259	1446
HI	50,1	50,2	50,0	50,3	50,0

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	1ª	2	3
T.P.I. Fem (mV)	21,600 (522°C)	8,150	7,280
T.P.I.A. Fem (mV)	1,810** (40°C)	2,250	3,236

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AG SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	3,877	3,280
TEMPO DE COLETA (s)	12,7	28,8
DESCARGA (Kg/s)	0,3053	0,1139

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA EMF (mv)	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA (-)	0,100	0,215	0,190	0,180	0,120	0,080
ÁGUA (+)	0,201	0,211	0,161	0,160	0,129	0,120

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (ε) AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	S.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mm H ₂ O)	10	74	6,5	3,5	1,7	1,5	1,5	1,5
PRESSÃO ESTATICA (MANOMÉTRICA)	40 mmHg	74 cmH ₂ O	ε=0,973	ε=0,986	ε=0,993	ε=0,994	ε=0,994	ε=0,994
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 12,8 m/s NO TUBO NA SECÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	8,150	8,050	7,835	7,645	7,465	7,345	7,265
ÁGUA - FEM T.P.I.A. (mV)	2,250	2,451	2,662	2,823	2,983	3,112	3,232
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	200,33	197,83	192,45	187,68	183,18	180,18	178,15
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	198,83	196,35	191,02	186,28	181,82	178,84	176,83
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	55,00	59,63	64,43	68,09	71,68	74,57	77,24

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	140	132	122	114	107	102
Q (W)	2206	2289	1746	1714	1380	1276
Re _o	3955	4253	4516	4769	4967	5148
h _o (W/m ² °C)	1288	1339	1383	1423	1455	1483
h _i (W/m ² °C)	80,7	89,6	72,5	76,4	64,9	63,0
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I	T=57,32°C	62,02	66,26	69,89	73,13	75,91
	C=4184	4186	4189	4191	4193	4195
	μ=4,889x10 ⁻⁴	4,541x10 ⁻⁴	4,282x10 ⁻⁴	4,058x10 ⁻⁴	3,893x10 ⁻⁴	3,756x10 ⁻⁴
	k=0,650	0,665	0,689	0,682	0,665	0,667
	ρ=984	982	980	978	976	974

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR h_o - 2ª CAMISA

	SIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
h _o	1281	1191	1339	1158	1330
h _i	89,9	90,4	89,6	90,6	89,7

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	1°	2°	3°
T.P.I.	19,300	7,62	6,79
Fem (mV)	(466°C)		
T.P.I.A	1,618**	2,319	3,191
Fem (mV)	(40,2°C)		

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP CORRESPONDENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AR SÓLIDOS	ÁGUA NO TUBO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	3,131	3,280
TEMPO DE COLETA (s)	10,6	24,8
DESCARGA (Kg/s)	0,2954	0,1339

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA	1°	2°	3°	4°	5°	6°
EMF (mv)						
MISTURA (-)	0,080	0,200	0,180	0,160	0,100	0,080
ÁGUA (+)	0,173	0,191	0,140	0,144	0,110	0,104

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (C) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	B.L.P PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1° CAMISA	2° CAMISA	3° CAMISA	4° CAMISA	5° CAMISA	6° CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	7,8	74	6,0	3,5	1,7	1,5	1,5	1,4
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	35 mmHg	72 cmH ₂ O	E=0,976	E=0,986	E=0,993	E=0,994	E=0,994	E=0,994

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE =
 12,8m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I (mV)	7,620	7,540	7,340	7,160	7,000	6,900	6,820
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,319	2,492	2,683	2,823	2,963	3,063	3,167
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	187,05	185,05	180,05	175,53	171,53	169,03	167,03
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	185,66	183,68	178,72	174,23	170,26	167,78	165,80
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	56,58	60,57	64,91	68,09	71,23	73,47	75,80

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1°CAMISA	2°CAMISA	3°CAMISA	4°CAMISA	5°CAMISA	6°CAMISA
DMLT (°C)	126	118	110	106	97	92
Q (W)	1901	2070	1517	1518	1070	1113
Re _D	4039	4295	4532	4752	4918	5065
h _{OD} (W/m ² °C)	1303	1345	1385	1421	1447	1470
h _I (W/m ² °C)	77,1	90,1	70,0	72,9	55,4	60,7
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTIL- LIZADA NOS CÁLCULOS	T=58,58°C C=4184 μ=4,787x10 ⁻⁴ K=0,652 ρ=984	62,74 4187 4,502x10 ⁻⁴ 0,655 982	66,50 4189 4,267x10 ⁻⁴ 0,659 980	69,66 4191 4,069x10 ⁻⁴ 0,662 978	72,35 4193 3,932x10 ⁻⁴ 0,664 976	74,64 4194 3,818x10 ⁻⁴ 0,666 975

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2° CAMISA

	SIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1287	1191	1345	1184	1336
HI	90,4	90,9	90,1	91,0	90,2

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	1 ^a	2	3
T.P.I	19,600	8,420	7,350
T_{em} (mV)	(476°C)		
T.P.I.A	3,603**	2,292	3,128
T_{em} (mV)	(39,8°C)		

* ENTRE PARENTESIS É FORNECIDA A TEMP CORRESPONDENTE

** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	1 ^a SÓLIDOS	2 ^a ESPACO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	2,606	3,260
TEMPO DE COLETA (s)	27,8	18,6
DESCARGA (Kg/s)	0,2036	0,1139

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE SÓLITO

3^a NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA

CAMISA D'ÁGUA	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
EMF (mV)						
MISTURA (-)	0,114	0,240	0,240	0,210	0,155	0,112
ÁGUA (+)	0,172	0,178	0,132	0,133	0,110	0,107

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (ε) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (1=H ₂ O)	8	74	4,0	3,0	1,3	1,3	1,3	1,3
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	34 mmHg	64 cmH ₂ O	ε=0,984	ε=0,986	ε=0,995	ε=0,995	ε=0,995	ε=0,995

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 12,8m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I (mV)	8,420	8,306	8,066	7,826	7,616	7,461	7,349
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,292	2,464	2,642	2,774	2,907	3,017	3,124
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	207,10	204,25	198,23	192,23	186,95	183,08	180,28
MISTURA °C TEMP. CORRIJIDA	205,55	202,72	196,75	190,80	185,56	181,72	178,94
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	55,95	59,93	63,98	66,98	69,98	72,44	74,64

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DMLT (°C)	146	138	128	120	107	107
Q (W)	1897	1931	1431	1431	1175	1146
R_{e_s}	4000	4249	4465	4667	4849	4999
h_{oD} (W/m ² °C)	1296	1338	1374	1407	1436	1459
h_i (W/m ² °C)	85,8	71,3	56,0	60,2	54,9	53,7
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS	$T=57,94^{\circ}\text{C}$ $C=4184$ $\mu=4,834 \times 10^{-4}$ $k=0,681$ $\rho=984$	61,96 4188 $4,561 \times 10^{-4}$ 0,688 982	65,48 4188 $4,331 \times 10^{-4}$ 0,688 980	68,48 4190 $4,143 \times 10^{-4}$ 0,661 979	71,21 4192 $3,988 \times 10^{-4}$ 0,653 977	73,64 4194 $3,868 \times 10^{-4}$ 0,655 976

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR NO - 2^a CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
h _o	1281	1174	1338	1158	1329
h _i	71,4	71,8	71,3	71,9	71,3

I - TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (i)	1	2	3
T.P.I.	13,140	16,320	10,150
T_{em} (mV)	15,160		
T.P.I.A.	3,510	2,360	3,170
T_{sa} (mV)	11,240		

* ENTRE PARENTÊSIS É INDICADA A TEMP. CORRESPONDENTE ENTRE AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	40	40JA NO
	SÓLIDOS	COEF. DE ENRIQ.
PESO COLETADO (Kg)	0,272	2,989
TEMPO DE COLETA (s)	13,3	12,9
DESCARGA (Kg/s)	0,0170	0,1262

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS E CONCENTRAÇÕES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA DE PROVA

EMF (mV) \ CAMISA DE PROVA	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA (-)	0,850	0,670	1,100	1,500	1,100	0,460
ÁGUA (+)	0,305	0,242	0,175	0,185	0,147	0,150

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	B.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	11	74	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	27 mmHg	54 cmHg	E=0,996	E=0,998	E=0,996	E=0,998	E=0,998	E=0,998

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 12,6m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (i)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	16,320	15,470	14,800	13,700	12,200	11,100	10,240
ÁGUA - FEM T.P.I.A. (mV)	2,360	2,665	2,907	3,082	3,267	3,414	3,564
MISTURA DEGRUSSA TEMPERATURA °C	398,21	378,05	362,10	335,86	299,83	273,17	252,17
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	395,15	375,15	359,33	333,29	297,55	271,10	250,27
ÁGUA °C TEMP. DEGRUSSA	57,53	64,50	69,98	73,89	78,02	81,27	84,57

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	324	300	274	239	204	177
Q (W)	3682	2897	2069	2186	1722	1750
R_{eq}	4649	5076	5421	5707	6000	6232
$HO_D (W/m^2 \cdot ^\circ C)$	1443	1513	1567	1610	1653	1686
$HI (W/m^2 \cdot ^\circ C)$	57,0	48,1	37,2	48,4	41,6	48,9
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I.	$T=81,02^\circ C$ $C=4186$ $\mu=4,609 \times 10^{-4}$ $k=0,684$ $\rho=983$	67,24 4189 $4,221 \times 10^{-4}$ 0,660 979	71,94 4192 $3,952 \times 10^{-4}$ 0,664 977	75,96 4195 $3,754 \times 10^{-4}$ 0,667 974	79,65 4198 $3,571 \times 10^{-4}$ 0,670 972	82,92 4201 $3,438 \times 10^{-4}$ 0,672 970

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1448	1304	1513	1309	1502
HI	48,1	48,3	48,1	48,3	48,1

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	1*	2	3
T.P.I.	23,000	6,200	2,070
$T_{m} (mV)$	(155,1°C)		
T.P.I.A	1,540**	2,337	2,953
$T_{m} (mV)$	(301,0°C)		

* ENTRE PARENTÊSIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - CARGAS

	AR SOLIDOS	ÁGUA
FECHO COLETOR (Kg)	4,040	2,136
FECHO DE COLETA (s)	11,4	15,2
DETERGENTE (Kg/s)	0,2544	0,1945

III - DIFERENÇA DE TENSÕES EM REUS TERMOPARIZADOS NA ÁGUA E NA MISTURA DE CAMISA

CAMISA D'ÁGUA	1*	2*	3*	4*	5*	6*
EMF (mV)						
MISTURA (-)	0,162	0,270	0,250	0,100	0,250	0,110
ÁGUA (+)	0,148	0,142	0,081	0,090	0,071	0,070

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1*	2*	3*	4*	5*	6*
			CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	7,2	43	4,0	3,0	1,7	1,6	1,1	1,1
PRESSÃO ESTATICA (MANOMÉTRICA)	40 mmHg	52 cmH ₂ O	0,984	0,988	0,993	0,993	0,996	0,996

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 9,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	8,280	8,118	7,848	7,588	7,488	7,238	7,128
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,337	2,485	2,627	2,708	2,798	2,869	2,939
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	203,60	199,53	192,78	186,25	183,75	177,48	174,73
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	202,08	198,04	191,34	184,87	182,39	178,17	173,44
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	57,00	60,41	63,64	65,48	67,52	69,11	70,69

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DNLT (°C)	141	133	123	117	111	105
Q (W)	2775	2630	1499	1662	1296	1288
R_{f0}	6912	7264	7525	7739	7951	8145
$HO_D (W/m^2 \cdot ^\circ C)$	2000	2055	2093	2125	2155	2184
$HI (W/m^2 \cdot ^\circ C)$	99,7	100,7	60,3	70,8	57,9	60,9
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTIL- LIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I	$T = 58,71^\circ C$	62,03	64,56	66,60	68,32	69,90
	$C = 4184$	4186	4188	4189	4190	4191
	$\mu = 4,777 \times 10^{-4}$	$4,548 \times 10^{-4}$	$4,388 \times 10^{-4}$	$4,267 \times 10^{-4}$	$4,153 \times 10^{-4}$	$4,054 \times 10^{-4}$
	$k = 0,6517$	0,655	0,657	0,659	0,660	0,662
	$P = 984$	982	981	980	979	978

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1966	1787	2055	1777	2040
HI	100,1	101,4	100,7	101,4	100,7

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	1º	2º	3º
T.P.1 (mV)	5,610	5,810	5,820
T.P.1A (mV)	2,340	2,340	3,220

* ENTRE AS ENTRADAS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE
** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AD SOL. DOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	5,822	1,655
TEMPO DE COLETA (s)	17,2	30,0
DESCARGA (Kg/s)	0,3383	0,0552

III - DISTRIBUIÇÃO DE VENTURI EM SEUS TUBOS DE ENTRADA E SAÍDA DE CADA UM DA BOMBA

CAMISA D'ÁGUA	1º	2º	3º	4º	5º	6º
EMF (mV)						
MISTURA (-)	0,101	0,100	0,080	0,080	0,130	0,090
ÁGUA (+)	0,206	0,174	0,100	0,121	0,130	0,142

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	B.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1º CAMISA	2º CAMISA	3º CAMISA	4º CAMISA	5º CAMISA	6º CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	2,7	15	4,2	2,6	2,5	2,5	2,5	2,6
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	52 mmHg	76 cmHg	E=0,983	E=0,989	E=0,990	E=0,990	E=0,990	E=0,990

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE =
5,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.1 (mV)	5,610	5,709	5,609	5,529	5,449	5,319	5,229
ÁGUA - FEM T.P.1A (mV)	2,340	2,546	2,720	2,820	2,941	3,071	3,213
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	141,90	139,40	136,93	134,95	132,98	129,80	127,59
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	140,87	138,39	135,94	133,97	132,02	128,86	126,67
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	57,07	61,80	65,75	68,02	70,73	73,64	76,82

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	60	73	68	64	58	52
Q (W)	1093	913	525	627	673	736
Re	1986	2112	2209	2293	2379	2473
HO (W/m²°C)	735	759	778	793	810	826
HI (W/m²°C)	72,2	65,1	39,0	50,5	59,9	73,7
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTIL- LIZADA NOS CÁLCULOS	T=59,44°C C=4185 μ=4,718x10 ⁻⁴ K=0,662 ρ=983	63,78 4187 4,438x10 ⁻⁴ 0,658 981	66,89 4189 4,242x10 ⁻⁴ 0,659 979	69,38 4191 4,087x10 ⁻⁴ 0,661 978	72,19 4193 3,940x10 ⁻⁴ 0,664 976	75,23 4188 3,790x10 ⁻⁴ 0,668 975

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	727	652	759	657	754
HI	65,4	66,0	65,1	65,9	65,1

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	1 ^a	2 ^a	3 ^a
T.P.I.	20,300	7,310	6,010
T_{em} (mV)	(402,2°C)		
T.P.I.A	1,410 ^{mm}	2,165	3,064
T_{em} (mV)	(35,2°C)		

* ENTRE PONTOS 5 E 6 FORNECIDA A TEMP. CORRETORENTENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AD SÓLIDOS	ÁGUA NO ENTRADA VENTURI
POSO CONECTADO (Kg)	7,492	2,126
TEMPO DE CONTA (s)	17,6	11,1
DESCARGA (Kg/s)	0,200	0,06

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMOPARES NA ENTRADA E SAÍDA DA CAMISA D'ÁGUA

CAMISA D'ÁGUA	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
EMP (mV)						
MISTURA (-)	0,175	0,172	0,150	0,143	0,179	0,150
ÁGUA (+)	0,174	0,170	0,105	0,116	0,114	0,126

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	O.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	2,0	15	2,75	1,75	1,3	1,3	1,2	1,2
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	45 mmHg	60 cmH ₂ O	E=0,989	E=0,983	E=0,995	E=0,995	E=0,995	E=0,995
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 5,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	7,310	7,135	6,963	6,813	6,670	6,491	6,341
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,185	2,359	2,529	2,634	2,750	2,864	2,990
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	179,28	174,90	170,60	166,85	163,28	158,80	155,08
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	177,92	173,61	169,34	165,62	162,08	157,63	153,94
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	53,49	57,51	61,41	63,80	66,43	69,00	71,84

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DMLT (°C)	120	112	109	99	93	85
Q (W)	1187	1152	706	778	760	840
R_{eq}	2380	2541	2658	2753	2860	2976
$HO_D (W/m^2 \cdot ^\circ C)$	865	895	917	934	954	974
$HI (W/m^2 \cdot ^\circ C)$	50,3	52,5	32,4	39,5	41,5	49,9
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I.	$T = 55,50^\circ C$	59,46	62,61	65,12	67,72	70,42
	$C = 4183$	4185	4187	4188	4190	4191
	$\mu = 5,035 \times 10^{-4}$	$4,716 \times 10^{-4}$	$4,510 \times 10^{-4}$	$4,353 \times 10^{-4}$	$4,191 \times 10^{-4}$	$4,027 \times 10^{-4}$
	$k = 0,649$	0,652	0,655	0,658	0,660	0,662
	$\rho = 985$	983	982	980	979	977

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2^a CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	856	737	895	774	889
HI	52,6	53,1	52,5	53,0	52,5

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	1	2	3
T.P.I.	20,700	7,920	6,710
T.P.I.A	1,340	2,166	1,267

* ENTRE PARENTÊSES É FORNECIDA A TEMP. CORRIGIDA
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AR SÓLIDO	ÁGUA NO ESQUELO ANULAR
LEGO COLETADO (Kg)	3,332	2,606
TEMPO DE COLETA (s)	24,5	20
DESCARGA (Kg/s)	0,128	0,134

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS EM ALGUNS TERMOPARES NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA D'ÁGUA

EMF (mV) / CAMISA D'ÁGUA	1	2	3	4	5	6
MISTURA (-)	0,210	0,230	0,197	0,175	0,200	0,170
ÁGUA (+)	0,265	0,232	0,151	0,162	0,145	0,145

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (C) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1	2	3	4	5	6
			CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cm H ₂ O)	2,2	15	1,75	1,25	0,88	0,86	0,87	0,87
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	3,8 cm Hg	53 cm H ₂ O	0,993	0,995	0,996	0,996	0,996	0,996

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 5,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	7,920	7,710	7,480	7,283	7,108	6,908	6,738
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,166	2,431	2,663	2,814	2,976	3,121	3,266
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	194,58	189,33	183,55	178,60	174,23	169,23	164,98
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	193,13	187,92	182,19	177,28	172,94	167,98	163,76
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	53,05	59,16	64,45	67,69	71,52	74,77	78,00

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DNLT (°C)	134	123	113	105	97	89
Q (W)	1109	961	625	660	591	588
R _g	1478	1615	1719	1812	1893	1980
HO _D (W/m ² ·°C)	589	618	638	657	672	686
HI (W/m ² ·°C)	42,6	40,0	27,7	31,6	30,6	33,2
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 56,11°C C = 4183 μ = 4,986 × 10 ⁻⁴ K = 0,649 P = 985	61,81 4186 4,560 × 10 ⁻⁴ 0,658 982	66,17 4189 4,287 × 10 ⁻⁴ 0,668 980	69,71 4191 4,068 × 10 ⁻⁴ 0,662 978	73,15 4193 3,892 × 10 ⁻⁴ 0,665 976	76,39 4195 3,732 × 10 ⁻⁴ 0,667 974

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	334	595	618		
HI	42,2	40,1	40,0		

1. The first step is to identify the problem. In this case, the problem is that the company is not meeting its sales targets.

	1	2	3	4	5	6	7
TP1	14.500						
TP2 (XV)	14.000	14.20	14.20				
TP3 A	14.500						
TP4 (XV)	14.500	14.20	14.20				
VENTILADOR DE EXHAUSTÃO DA CÂMARA DE COMBUSTÃO				RESCARDA			
PARA A ENTRADA DO VENTILADOR				(XV)			

THE UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY

$\frac{\text{ÁGUA}}{\text{MISTURA}}$	1	2	3	4	5	6
MISTURA (-)	0,530	0,600	0,630	0,430	0,47	0,240
ÁGUA (+)	0,460	0,369	0,348	0,226	0,172	0,152

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (ϵ) AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
		VENTURI	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cm H ₂ O)	2,0	15	0,38	0,25	0,20	0,20	0,20	0,15
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	30 cm Hg	40 cm H ₂ O	E=0,998	E=0,999	E=0,999	E=0,999	E=0,999	E=0,999

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE =
5,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

T - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	10,420	9,890	9,290	8,760	8,330	7,860	7,520
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,252	2,712	3,081	3,329	3,555	3,727	3,879
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	256,59	243,58	228,75	215,58	204,85	193,08	184,55
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	254,65	241,74	227,03	213,96	203,32	191,64	183,18
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	55,05	65,57	73,87	79,38	84,37	88,13	91,43

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	1ª CANISA	2ª CANISA	3ª CANISA	4ª CANISA	5ª CANISA	6ª CANISA
DMLT (°C)	188	164	144	127	111	98
Q (W)	1065	842	559	507	383	336
R ₀	883	1010	1104	1181	1243	1298
HO _D (W/m ² ·°C)	383	412	431	447	459	470
HI (W/m ² ·°C)	29,4	26,1	19,6	20,1	17,2	17,2
PROPIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS	T = 60,31°C	69,72	76,63	81,88	86,25	89,78
	C = 4185	4191	4196	4200	4204	4207
	M = 4,654 × 10 ⁻⁴	4,066 × 10 ⁻⁴	3,720 × 10 ⁻⁴	3,479 × 10 ⁻⁴	3,305 × 10 ⁻⁴	2,165 × 10 ⁻⁴
	K = 0,663	0,662	0,667	0,671	0,674	0,676
UNIDADES SI	ρ = 983	978	974	971	968	965

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 28 CANISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	277	340	412		
MI	27,0	26,5	26,1		

III - TEMPERATURA DE ENFERA FASADA NA SECCÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	1 ^a	2 ^a	3 ^a
T.P.I.	21,000	6,140	5,730
Fem (mV)	(15,810)		
T.P.L.A.	27,000**	2,140	3,514
Fem (mV)	(20,810)		

* ENTRE PARENTESIS É EQUIVALENÇA A T_{CA} PARA CÁLCULO DE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

IV - DETERMINAÇÃO

	AD	PA NO
50,0003	1	200
		21048
PERÍODO DE	8,875	10,27
(s)		
TEMPO DE	21	12
COLÉTA (s)		
DENSIDADE	0,4131	0,4148
(kg/m ³)		

III - DIFERENÇA DE TENSÃO ENTRE O LÍQUIDO E O GÁS NA SECCÃO DE TESTE

CAMISA D'ÁGUA	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
EMF (mV)						
MISTURA (-)	0,040	0,145	0,555	0,080	0,070	0,070
ÁGUA (+)	0,309	0,291	0,169	0,170	0,149	0,116

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SECCÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	2,7	21	7,0	3,5	2,5	2,5	2,5	2,8
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	52 mmHg	80 cmH ₂ O	(0,97)	(0,986)	(0,990)	(0,990)	(0,990)	(0,990)
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 6,8 m/s NO TUBO NA SECCÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SECCÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	6,180	6,140	6,055	5,990	5,910	5,840	5,770
ÁGUA - FEM T.P.L.A. (mV)	2,330	2,639	2,930	3,099	3,269	3,418	3,604
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	151,07	150,08	147,95	146,35	144,37	142,63	140,90
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	149,96	148,98	146,87	145,28	143,32	141,59	139,87
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	56,84	63,91	70,49	74,27	78,07	81,36	85,43

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SECCÃO DE TESTE

	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DMLT (°C)	89	81	74	68	63	57
Q (W)	1326	1235	710	714	619	766
Re _d	1636	1801	1935	2032	2132	2225
HO _d (W/m ² °C)	627	660	686	704	722	738
HI (W/m ² °C)	81,0	83,1	49,8	54,4	50,9	70,6
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTIL- LIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES SI	T = 60,38°C	67,20	72,38	76,17	79,72	83,40
	C = 4185	4189	4193	4195	4198	4200
	μ = 4,649x10 ⁻⁴	4,223x10 ⁻⁴	3,930x10 ⁻⁴	3,743x10 ⁻⁴	3,568x10 ⁻⁴	3,419x10 ⁻⁴
	K = 0,653	0,659	0,664	0,667	0,670	0,672
	Pr = 983	979	976	974	972	970

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2^a CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MORRAD	WIEGAND
HO	339	595	660		
HI	93,8	84,1	83,1		

I - MEDIDAS DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	1	2	3
T.P.1	20,200	2,150	6,400
T.P.2 (mV)	1,910		
T.P.3	1,400	2,307	1,296
T.P.4 (mV)	1,55,400		

* ENTRE PARÊNTESES É FORNECIDA A TEMPERATURA CORRESPONDENTE
** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	40	50
CONDICION		
PERO COLETADO (Kg)	3,186	1,761
TEMPO DE COLETA (s)	15,8	30,4
DESCARGA (Kg/s)	0,2004	0,0579

III - COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA ENTRE AS TEMPERATURAS NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA

COEF. DE TRANSFERÊNCIA	1	2	3	4	5	6
ENTRADA (mV)						
MISTURA (-)	0,142	0,152	0,126	0,116	0,148	0,138
ÁGUA (+)	0,224	0,194	0,132	0,148	0,133	0,148

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	0 L.P.	AR	1	2	3	4	5	6
	PLACA DE ORIFÍCIO	VENTURI	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	2,7	21	3,2	1,7	1,5	1,3	1,3	1,4
PRESSÃO ESTATICA (MANOMÉTRICA)	47 mmHg	61 cmH ₂ O	E=0,987	E=0,993	E=0,994	E=0,995	E=0,995	E=0,994

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 6,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.1 (mV)	7,250	7,108	6,956	6,830	6,714	6,566	6,448
ÁGUA - FEM T.P.1 A (mV)	2,307	2,531	2,725	2,857	3,005	3,138	3,286
MISTURA DEGRUSSA TEMPERATURA °C	177,78	174,23	170,43	167,28	164,38	160,68	157,73
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	176,46	172,94	169,17	166,05	163,17	159,50	156,57
ÁGUA °C TEMP. DEGRUSSA	56,05	61,45	65,86	68,84	72,18	75,16	78,43

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	116	107	100	94	88	81
Q (W)	1308	1069	723	810	724	794
Re _c	2059	2212	2259	2443	2542	2648
NO _D (W/m ² ·°C)	759	788	798	831	850	868
HI (W/m ² ·°C)	58,8	51,1	36,3	43,7	41,7	49,8
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I.	T=58,75°C C=4185 μ=4,774x10 ⁻⁴ K=0,652 ρ=984					
	83,66	68,15	70,51	73,67	76,80	
	4187	4188	4191	4194	4196	
	4,444x10 ⁻⁴	4,351x10 ⁻⁴	4,023x10 ⁻⁴	3,867x10 ⁻⁴	3,712x10 ⁻⁴	
	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	
	981	980	977	976	974	

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	755	692	788	682	763
HI	51,2	51,5	51,1	51,6	51,1

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	1°	2°	3°
T.P.I.	14,740	7,480	6,540
Fem (mV)	(14,740)		
T.P.I.A	11,014	21,400	7,128
Fem (mV)	(37,310)		

* ENTRE PARENTÊSES É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE
** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - MEDIDAS

	10	20
PESO COLETADO (kg)	1,850	2,414
TEMPO DE CORREÇÃO (s)	10,8	40,5
DESCARGA (kg/s)	0,1715	0,0596

III - DETERMINAÇÃO DE VALORES LINEARES DE VARIÁVEIS DA ENTRADA E SAÍDA DA SEÇÃO DE TESTE

CAMISA D'ÁGUA	1°	2°	3°	4°	5°	6°
EMF (mV)						
MISTURA (-)	0,160	0,190	0,170	0,150	0,170	0,130
ÁGUA (+)	0,186	0,180	0,129	0,130	0,116	0,125

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1° CAMISA	2° CAMISA	3° CAMISA	4° CAMISA	5° CAMISA	6° CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	2,2	21	2,2	1,5	1,0	1,0	1,0	1,1
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	35 mmHg	56 cmH ₂ O	E=0,991	E=0,994	E=0,996	E=0,996	E=0,996	E=0,996

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 6,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	7,480	7,320	7,130	6,960	6,810	6,640	6,510
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,290	2,476	2,656	2,785	2,915	3,031	3,156
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	183,55	179,54	174,78	170,53	166,78	162,53	159,28
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	182,19	178,21	173,49	169,27	165,55	161,33	158,11
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	55,93	60,20	64,30	67,23	70,16	72,76	75,56

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1° CAMISA	2° CAMISA	3° CAMISA	4° CAMISA	5° CAMISA	6° CAMISA
DLT (°C)	122	114	108	99	92	86
Q (W)	1070	1023	731	732	650	700
Re	2095	2233	2347	2451	2545	2634
HO (W/m ² ·°C)	772	799	820	840	856	872
HI (W/m ² ·°C)	44,6	45,9	34,8	37,3	38,4	41,3
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I	T=58,06°C C=4184 μ=4,829×10 ⁻⁴ K=0,681 ρ=984	82,25 4188 4,532×10 ⁻⁴ 0,655 982	65,77 4188 4,312×10 ⁻⁴ 0,658 980	68,70 4190 4,129×10 ⁻⁴ 0,661 978	71,46 4182 3,976×10 ⁻⁴ 0,663 977	74,18 4184 3,842×10 ⁻⁴ 0,665 975

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2° CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	764	692	799	691	793
HI	46,0	46,2	45,9	46,3	45,9

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (t)	1ª	2ª	3ª
T.P.I.	17,10	8,160	7,50
FEM (mV)	(0,25)		
T.P.I.A.	17,10	2,670	3,190
FEM (mV)	(0,25)		

* ENTRE PARÊNTESES É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE
* AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DESCARGAS

	AR SOLÚDOS	ÁGUA NO CORPO ANULAR
PEÇO COLETADO (Kg)	2,040	2,862
TEMPO DE COLETA (s)	31,0	52,5
DESCARGA (Kg/s)	0,0658	0,0545

III - DIFERENÇA DE PRESSÕES ENTRE OS TUBOS DE ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA FASE DA MISTURA

ENTRADA MISTURA ÁGUA	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA (-)	0,180	0,290	0,240	0,220	0,230	0,210
ÁGUA (+)	0,144	0,202	0,111	0,133	0,108	0,110

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G L P PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	1,9	21	1,3	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	32 mmHg	48 cmH ₂ O	E=0,995	E=0,996	E=0,997	E=0,998	E=0,998	E=0,998

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE =
6,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (t)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	8,560	8,380	8,090	7,850	7,630	7,400	7,190
ÁGUA - FEM T.P.I.A. (mV)	2,670	2,814	3,016	3,127	3,260	3,368	3,478
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	210,58	206,10	198,83	192,83	187,30	181,55	176,28
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	209,00	204,56	197,35	191,39	185,91	180,20	174,97
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	64,61	67,89	72,42	74,91	77,87	80,24	82,67

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DNLT (°C)	140	131	121	112	104	96
Q (W)	749	1034	569	677	542	556
Re _d	2160	2290	2393	2479	2570	2782
HO _d (W/m ² °C)	767	790	809	825	840	874
HI (W/m ² °C)	26,5	40,0	23,3	30,1	25,8	28,8
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTIL- IZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I.	T=66,25°C C=4189 μ=4,283x10 ⁻⁴ K=0,659 ρ=980	70,16 4191 4,040x10 ⁻⁴ 0,662 978	73,87 4194 3,867x10 ⁻⁴ 0,665 976	76,39 4195 3,732x10 ⁻⁴ 0,667 974	79,06 4197 3,600x10 ⁻⁴ 0,669 972	81,46 4199 3,326x10 ⁻⁴ 0,671 971

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER & TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	756	737	790	684	785
HI	40,1	40,2	40,0	40,3	40,1

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	1*	2	3
T.P.1	19,330	2,080	2,400
Fem (mV)	(-45°C)		
T.P.1.A	1,400**	2,153	3,110
Fem (mV)	(33,5°C)		

* ENTRE INCREMENTOS DE TEMPERATURA DE 10°C
** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DADOS GAS

	10	20
SÓLIDOS	2,400	2,770
RETO COLETADO (Kg)	2,400	2,770
RETO DE	60,0	67,0
DEBETA (s)		
DESCARGA (Kg/s)	0,040	0,040

III - DIFERENÇA DE PRESSÕES ENTRE OS PONTOS NA ENTRADA E NA SAÍDA DE TALHÃO

CAMISA D'ÁGUA	1*	2*	3*	4*	5*	6*
EMF (mv)						
MISTURA (-)	0,194	0,336	0,298	0,236	0,275	0,247
ÁGUA (+)	0,116	0,136	0,088	0,100	0,087	0,086

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (I) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	S.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1*	2*	3*	4*	5*	6*
			CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	2,7	21	1,2	1,0	0,6	0,6	0,5	0,5
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	30 mmHg	45 cmH ₂ O	0,995	0,995	0,995	0,995	0,998	0,998

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 6,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.1 (mV)	9,060	8,666	8,528	8,230	7,994	7,719	7,472
ÁGUA - FEM T.P.1.A (mV)	2,583	2,699	2,837	2,925	3,025	3,112	3,198
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	223,05	218,22	209,78	202,35	196,43	189,55	185,35
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	221,38	216,58	208,21	200,84	194,98	188,14	183,97
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	62,64	65,27	68,40	70,38	72,62	74,57	76,49

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	155	145	135	126	118	110
Q (W)	925	1101	697	789	687	676
Re ₀	3201	3359	3490	3589	3685	3778
HO _D (W/m ² °C)	1062	1088	1110	1127	1144	1158
HI (W/m ² °C)	29,5	37,7	25,4	30,9	28,8	30,3
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 63,98°C	66,84	69,39	71,50	73,60	75,53
	C = 4187	4189	4191	4192	4194	4195
	μ = 4,455 × 10 ⁻⁴	4,246 × 10 ⁻⁴	4,086 × 10 ⁻⁴	3,974 × 10 ⁻⁴	3,870 × 10 ⁻⁴	3,775 × 10 ⁻⁴
	K = 0,657	0,659	0,661	0,663	0,665	0,666
UNIDADES SI	μ = 981	979	978	977	976	974

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1041	964	1088	941	1080
HI	37,8	37,9	37,7	37,9	37,7

I - TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	1º	2º	3º
T.P.I.	19,600	5,840	6,320
Fem (mV)	(4,540)		
T.P.I.A.	1,410	2,301	3,164
Fem (mV)	(26,240)		

* ENTRE THERMISTERS E FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE
** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - PESAGENS

	AR SÓLIDOS	ÁGUA NO ESPAÇO ANULAR
PESO COLETADO (Kg)	6,437	1,502
TEMPO DE COLETA (s)	16,6	20,0
DESCARGA (Kg/s)	0,3878	0,0751

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS TERMISTERS NA ENTRADA E NA SAÍDA DE CADA CAMISA DE AGUA

CAMISA DE AGUA	1º	2º	3º	4º	5º	6º
EMF (mV)						
MISTURA (-)	0,076	0,085	0,083	0,080	0,100	0,075
ÁGUA (+)	0,178	0,187	0,121	0,123	0,111	0,123

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1º CAMISA	2º CAMISA	3º CAMISA	4º CAMISA	5º CAMISA	6º CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	2,7	27	6,5	3,8	2,5	2,1	2,1	2,25
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	53 mmHg	75 cmH ₂ O	E=0,973	E=0,985	E=0,990	E=0,991	E=0,991	E=0,991
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 7,7 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	6,840	6,764	6,679	6,596	6,516	6,416	6,341
ÁGUA - FEM T.P.I.A. (mV)	2,301	2,479	2,666	2,787	2,910	3,021	3,144
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	167,53	165,63	163,50	161,43	159,43	156,93	155,08
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	166,29	164,41	162,30	160,24	158,26	155,78	153,94
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	56,16	60,27	64,52	67,27	70,04	72,53	75,29

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	107	101	95	91	86	81
Q (W)	1291	1336	854	872	784	869
Re _d	2647	2819	2962	3086	3200	3307
NO _d (W/m ² °C)	930	962	987	1010	1029	1048
HI (W/m ² °C)	62,0	68,4	45,7	48,8	46,0	54,5
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I.	T=58,22°C	62,40	65,90	68,66	71,29	73,91
	C=4184	4186	4183	4190	4192	4194
	μ=4,816×10 ⁻⁴	4,523×10 ⁻⁴	4,304×10 ⁻⁴	4,132×10 ⁻⁴	3,984×10 ⁻⁴	3,855×10 ⁻⁴
	k=0,651	0,658	0,658	0,661	0,663	0,666
	P=984	982	980	978	977	976

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	921	851	962	832	955
HI	68,6	69,0	68,4	69,1	68,4

I - TEMPERATURAS E PRESSÃO NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	1	2	8
TPI (mV)	21,400	9,510	8,120
TPIA (mV)	2,440	2,660	3,460

* ENTRE TUBULOS E PLACAS A TEMPERATURA CORRESPONDENTE
** NA ENTRADA DO TUBO

II - DENSIDADE

	40	50
SÓLIDOS	1,54	3,103
TEMPO DE COLETA (s)	15,9	50,7
DESCARGA (Kg/s)	0,111	0,0612

III - DENSIDADE E PRESSÃO NA SEÇÃO DE TESTE

CAMISA D'ÁGUA	1	2	3	4	5	6
EMP (mV)						
MISTURA (-)	0,222	0,260	0,250	0,220	0,250	0,200
ÁGUA (+)	0,220	0,214	0,157	0,160	0,137	0,140

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cm H ₂ O)	3,9	27	2,0	1,5	0,6	0,6	0,6	0,6
PRESSÃO ESTATICA (MANOMÉTRICA)	35 mmHg	53 cm H ₂ O	E=0,992	E=0,994	E=0,998	E=0,998	E=0,998	E=0,998

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 7,7 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM TPI (mV)	9,510	9,288	9,008	8,758	8,538	8,288	8,088
ÁGUA - FEM TPIA (mV)	2,440	2,660	2,874	3,031	3,191	3,328	3,468
MISTURA DEGRUSSA TEMPERATURA °C	234,20	228,70	221,75	215,53	210,03	203,80	198,78
MISTURA °C TEMP CORRIGIDA	232,44	226,98	220,08	213,91	208,48	202,28	197,30
ÁGUA °C TEMP DEGRUSSA	59,37	64,39	69,23	72,71	76,33	79,36	82,46

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	168	157	146	137	127	118
Q (W)	1286	1241	893	929	778	797
Re _g	2281	2446	2598	2716	2839	2953
HO _p (W/m ² ·°C)	814	845	872	893	914	934
HI (W/m ² ·°C)	38,7	39,9	30,5	34,0	30,4	33,4
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T=61,88°C C=4186 μ=4,556×10 ⁻⁴ κ=0,655 ρ=982	66,81 4189 4,247×10 ⁻⁴ 0,659 979	70,97 4192 4,000×10 ⁻⁴ 0,663 977	74,52 4194 3,825×10 ⁻⁴ 0,666 975	77,85 4196 3,680×10 ⁻⁴ 0,668 973	80,91 4199 3,518×10 ⁻⁴ 0,671 971

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SEIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	808	743	845	730	839
HI	40,0	40,2	39,9	40,2	40,0

I - TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA				II - DENSIDADES		
TERMOPAR (1)	1*	2	3			ÁGUA NO TUBO
T.P.I.	18,900	20,830	20,800	TEMP. DO TUBO	20,800	20,800
Fem (mV)	(45,3°C)			(K)		
T.P.I.A	1,821	2,081	2,080	TEMP. DE SAÍDA	20,800	20,800
Fem (mV)	(47,3°C)			(K)		
* ENTRE MENSURAS E ** PRESSÃO A TEMP. CORRESPONDENTE				DESGARGA	20,800	20,800
** AR NA ENTRADA DO VENTURI				(K)		

III - DENSIDADES DE ENTRADA E SAÍDA		IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (C) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE					
ENTRADA	SAÍDA	1*	2*	3*	4*	5*	6*
MISTURA (-)		0,340	0,450	0,440	0,340	0,440	0,320
ÁGUA (+)		0,227	0,223	0,157	0,159	0,137	0,115

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1*	2*	3*	4*	5*	6*
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	2,5	27	1,1	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	30 mmHg	45 cmH ₂ O	0,096	0,097	0,098	0,099	0,099	0,098
VELOCIDADE DA FASE GÁSOSA CORRESPONDENTE A 7,7 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE							
TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	10,830	10,490	10,040	9,600	9,220	8,780	8,460
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,481	2,708	2,931	3,088	3,247	3,384	3,519
MISTURA DEGRADAÇÃO TEMPERATURA °C	266,22	258,29	247,27	236,41	227,00	216,08	208,10
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	264,20	256,34	245,40	234,63	225,29	214,46	206,64
ÁGUA °C TEMP. DEGRADAÇÃO	60,32	65,48	70,51	74,02	77,58	80,60	83,58

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE						
	1* CAMISA	2* CAMISA	3* CAMISA	4* CAMISA	5* CAMISA	6* CAMISA
DNLT (°C)	197	183	168	154	141	128
Q (W)	1324	1292	902	915	777	767
Re _g	2317	2494	2644	2767	2892	2998
h _{0D} (W/m ² ·°C)	821	854	881	903	923	941
h ₁ (W/m ² ·°C)	33,6	35,4	26,7	29,5	27,4	29,7
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES S.I.	T = 62,90°C	68,00	72,27	75,80	79,09	82,09
	C = 4187	4190	4192	4195	4197	4200
	μ = 4,492 × 10 ⁻⁴	4,173 × 10 ⁻⁴	3,936 × 10 ⁻⁴	3,781 × 10 ⁻⁴	3,599 × 10 ⁻⁴	3,471 × 10 ⁻⁴
	k = 0,686	0,680	0,684	0,687	0,689	0,671
	ρ = 982	979	976	974	972	970

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2* CAMISA					
	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	817	765	854	738	848
HI	35,5	35,6	35,4	35,7	35,5

I - TEMPERATURAS E ENTALPIAS NA SEÇÃO DE TESTE

TEMPERATURA	1	2	3
TPI (mV)	7,090	7,090	6,560
TPIA (mV)	2,408	2,574	3,247

* ENTALPIAS INFERIDAS E FORNECIDAS A TEMPERATURAS PRESENTES
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - ESCAPAS

	AD	AV
	SOLIDOS	ESPALHO ANGULAR
PESO COLETADO (Kg)	4,649	2,438
TEMPO DE COLETA (s)	15,6	30,0
DESCARGA (Kg/s)	0,298	0,0813

III - DIFERENÇAS DE PRESSÃO ENTRE AS CAMISAS NA ENTRADA E NAS SEÇÕES DE TESTE

CAMISA D'ÁGUA	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
EMP (mV)						
MISTURA (-)	0,074	0,101	0,082	0,081	0,107	0,080
ÁGUA (+)	0,166	0,181	0,128	0,128	0,114	0,122

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	3,8	36	0,9	3,7	2,4	2,3	1,7	1,8
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	70 mmHg	80 cmH ₂ O	E=0,972	E=0,985	E=0,990	E=0,991	E=0,993	E=0,993

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 8,9 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM TPI (mV)	7,090	7,016	6,915	6,833	6,752	6,645	6,565
ÁGUA - FEM TPIA (mV)	2,408	2,574	2,755	2,883	3,011	3,125	3,247
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	173,78	171,93	169,40	167,35	165,33	162,65	160,65
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	172,49	170,66	168,15	166,12	164,11	161,45	159,47
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	58,66	62,43	66,55	69,43	72,31	74,86	77,58

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	111	105	99	94	89	84
Q (W)	1283	1403	981	982	869	928
R ₀	2975	3143	3307	3446	3566	3690
HO _D (W/m ² ·°C)	1011	1041	1070	1094	1114	1134
HI (W/m ² ·°C)	59,0	68,8	49,9	52,6	49,1	55,7
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T=60,55°C	64,49	67,99	70,87	73,59	76,22
	C=4185	4188	4190	4192	4194	4195
	μ=4,639×10 ⁻⁴	4,392×10 ⁻⁴	4,174×10 ⁻⁴	4,005×10 ⁻⁴	3,871×10 ⁻⁴	3,741×10 ⁻⁴
	K=0,663	0,667	0,660	0,663	0,668	0,667
	P=983	981	979	977	976	974

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MORRIS	WIEGAND
HO	997	964	1041	901	1034
HI	69,0	69,1	68,8	69,6	68,8

I - TEMPERATURA DE ENTRADA E SAÍDA DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	1	2	3
T.P.I.	8,860	7,770	7,070
Fem (mV)	(55,10)		
T.P.I.A	1,190		
Fem (mV)	(37,10)	2,669	3,720

ENTRE PARENTÊSIS É FORNECIDA A TEMP. CORRESPONDENTE AO AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - DEBIMETRIAS

	30	40
DEBIMETRIAS	2,000	2,000
DEBIMETRIAS	2,000	2,000
DEBIMETRIAS	2,000	2,000
DEBIMETRIAS	2,000	2,000
DEBIMETRIAS	2,000	2,000
DEBIMETRIAS	2,000	2,000
DEBIMETRIAS	2,000	2,000
DEBIMETRIAS	2,000	2,000
DEBIMETRIAS	2,000	2,000
DEBIMETRIAS	2,000	2,000

III - DIFERENÇA DE VOLTAGENS ENTRE OS ELETRODOS DA SEÇÃO DE TESTE

CAMISA D'ÁGUA	1	2	3	4	5	6
EMF (mV)						
MISTURA (-)	0,080	0,140	0,115	0,110	0,125	0,110
ÁGUA (+)	0,194	0,256	0,150	0,156	0,135	0,140

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1	2	3	4	5	6
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mm H ₂ O)	4,0	3,6	4,8	3,0	1,7	1,8	1,5	1,5
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	50 mmHg	70 mmHg	E=0,980	E=0,988	E=0,993	E=0,993	E=0,994	E=0,994
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 8,9 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	7,770	7,690	7,550	7,435	7,325	7,200	7,090
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,669	2,863	3,119	3,269	3,437	3,572	3,712
MISTURA DEBUISSA TEMPERATURA °C	190,83	188,82	185,30	182,43	179,67	176,53	173,78
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	189,41	187,42	183,92	181,08	178,34	175,22	172,49
ÁGUA °C TEMP. DEBUISSA	64,59	68,98	74,73	78,07	81,78	84,74	87,80

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	122	114	106	100	93	88
Q (W)	1021	1338	771	857	684	708
Re _d	2218	2384	2502	2625	2727	2826
h ₀ (W/m ² ·°C)	781	811	831	852	889	886
h _i (W/m ² ·°C)	42,6	80,9	36,5	43,5	36,7	40,7
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T=66,79°C	71,86	76,40	79,93	83,26	86,27
	C=4189	4192	4195	4198	4201	4204
	μ=4,249×10 ⁻⁴	3,956×10 ⁻⁴	3,732×10 ⁻⁴	3,557×10 ⁻⁴	3,424×10 ⁻⁴	3,304×10 ⁻⁴
	k=0,659	0,663	0,667	0,670	0,672	0,674
UNIDADES SI	ρ=979	977	974	972	970	968

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	776	731	811	702	806
HI	61,1	61,4	60,9	61,6	60,9

I - TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA DA SEÇÃO DE TESTE				II - ESCALAS		III - ANO DE INSTALAÇÃO DO LABORATÓRIO
TEMPERATURA (°C)	1ª	2ª	3ª	TEMPERATURA (°C)	4ª	
T.P.I.	17,500	7,900	5,870	TEMPO COLETADO (s)	3,356	2,540
T.P.A.	2,320	2,472	2,647	TEMPO DE CORREÇÃO (s)	0,5	0
* ENVIÉ PARENTÊSES ENTRE PARÊNTESES A TUA CORREÇÃO DE TEMPERATURA NA DIFERENÇA DO VENTURI				DESCARGA (kg/s)	0,1637	0,0726

CAMISA DE PROTEÇÃO	III - TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA DA SEÇÃO DE TESTE					
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA (-)	0,104	0,200	0,180	0,160	0,177	0,180
ÁGUA (+)	0,152	0,175	0,118	0,132	0,133	0,112

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (ε) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	Q.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	3,2	3,6	2,7	2,0	0,9	1,3	0,9	0,9
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	37 mmHg	58 mmHg	640,989	640,992	640,996	640,996	640,996	640,996
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 8,9 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	7,900	7,796	7,596	7,416	7,256	7,079	6,919
ÁGUA - FEM T.P.A. (mV)	2,320	2,472	2,647	2,765	2,897	3,010	3,122
MISTURA DEGRUSSA TEMPERATURA °C	194,08	191,48	186,45	181,95	177,93	173,50	169,50
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	192,63	190,05	185,06	180,60	176,61	172,22	168,25
ÁGUA °C TEMP. DEGRUSSA	56,60	60,11	64,09	66,77	69,75	72,29	74,80

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	133	125	117	110	103	96,7
Q (W)	1066	1210	794	906	773	764
R _g	2565	2714	2844	2965	3083	3182
HO _D (W/m ² °C)	906	934	958	979	1000	1017
HI (W/m ² °C)	40,3	48,9	33,7	41,3	37,4	39,6
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 58,38°C	62,10	65,43	68,26	71,02	73,55
	C = 4184	4186	4186	4190	4192	4193
	μ = 4,805 × 10 ⁻⁴	4,542 × 10 ⁻⁴	4,334 × 10 ⁻⁴	4,157 × 10 ⁻⁴	3,998 × 10 ⁻⁴	3,873 × 10 ⁻⁴
	k = 0,651	0,655	0,658	0,660	0,663	0,665
UNIDADES SI	ρ = 984	982	980	979	977	976

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	BIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	894	822	934	808	928
HI	49,0	49,2	48,9	49,3	48,9

I - TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA DA SEÇÃO DE TESTE				II - PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE			
TERMOPAR (L)	1	2	3				
T.P.I.	15,300	9,950	8,120				
Fem (mV)	(15,300)						
T.P.I.A	15,300	2,746	3,180				
Fem (mV)	(15,300)						
* ENTRE A BENTENES E A BENTENES A 10 CM DE DISTÂNCIA				* ENTRE A BENTENES E A BENTENES A 10 CM DE DISTÂNCIA			
** AR NA ENTRADA DO VENTURI				* ENTRE A BENTENES E A BENTENES A 10 CM DE DISTÂNCIA			

CANSA D'ÁGUA		1	2	3	4	5	6
EMF (mV)							
MISTURA (-)		0,232	0,330	0,310	0,290	0,210	0,220
ÁGUA (+)		0,225	0,223	0,154	0,156	0,144	0,143

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE								
	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	3,5	36	1,7	1,2	0,7	0,7	0,7	0,6
PRESSÃO ESTÁTICA (mmHg)	33	52	0,993	0,995	0,997	0,997	0,997	0,998
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 8,9 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE							
TERMOPAR (L)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	9,890	9,658	9,328	9,018	8,738	8,418	8,198
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,506	2,731	2,954	3,118	3,286	3,430	3,576
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	243,58	237,85	229,68	222,00	215,03	207,05	201,54
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	241,74	236,06	227,95	220,33	213,42	205,50	200,04
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	60,89	66,00	71,02	74,70	78,43	81,82	84,83

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE						
	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DMLT (°C)	175	163	151	140	129	119
Q (W)	1307	1285	943	956	818	824
Re	2327	2505	2655	2788	2920	3029
HO (W/m ² °C)	822	855	882	905	928	946
HI (W/m ² °C)	37,5	39,8	31,1	34,1	31,5	34,4
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 63,45°C	68,51	72,86	76,57	80,03	83,23
	C = 4187	4190	4193	4198	4198	4201
	$\mu = 4,457 \times 10^{-4}$	$4,141 \times 10^{-4}$	$3,907 \times 10^{-4}$	$3,723 \times 10^{-4}$	$3,553 \times 10^{-4}$	$3,425 \times 10^{-4}$
	K = 0,658	0,661	0,664	0,667	0,670	0,672
UNIDADES SI	P = 981	979	976	974	972	970

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2 ^a CAMISA				
	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD
HO	819	764	855	740
HI	39,7	39,8	39,6	39,9

DADOS DE ENTRADA DO TESTE				DADOS DE SAÍDA		
PARÂMETRO	1ª	2ª	3ª	PARÂMETRO	4ª	5ª
TEMP. DE ENTRADA (°C)	14,000	14,010	14,010	PESO COLETADO (kg)	3,245	2,180
TEMP. DE SAÍDA (°C)	14,010	14,010	14,010	TEMPO DE COLETA (s)	21,1	24,6
TEMP. DE CORREÇÃO (°C)	14,010	14,010	14,010	DESCARGA (kg/s)	0,1539	0,0886

* ENTRE SUPRIMENTOS E TUBULOS A TEMP. CORRESPONDENTE AO AR NA ENTRADA DO VENTURI

DADOS DE ENTRADA DO TESTE		DADOS DE SAÍDA DO TESTE					
TEMP. DE ENTRADA (°C)	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
MISTURA (-)	0,155	0,250	0,280	0,280	0,280	0,240	0,240
ÁGUA (+)	0,215	0,228	0,170	0,175	0,157	0,159	0,159

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	Q.L.P. PLACA DE OFICÍO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	6,5	7,4	3,8	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	42 mmHg	61 cmH ₂ O	E=0,984	E=0,990	E=0,994	E=0,994	E=0,994	E=0,994

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 12,8m/s NO TUBO NA SECÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM TPI (mV)	10,210	10,045	9,795	9,515	9,235	8,945	8,705
ÁGUA - FEM TPI A (mV)	2,188	2,403	2,631	2,801	2,976	3,133	3,292
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	251,44	247,39	241,23	234,32	227,38	220,18	214,20
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	249,54	245,52	239,41	232,56	225,67	218,53	212,60
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	53,56	58,52	63,73	67,59	71,52	75,04	78,57

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	191	181	170	159	149	139
Q (W)	1838	1932	1432	1459	1308	1312
Re _d	3013	3269	3483	3690	3871	4063
NO _d (W/m ² °C)	1042	1088	1125	1161	1191	1220
HI (W/m ² °C)	48,4	53,9	42,0	45,8	43,9	47,4
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES SI	T = 56,04°C	61,13	65,66	69,56	73,28	76,81
	C = 4183	4186	4188	4191	4193	4196
	μ = 4,992x10 ⁻⁴	4,602x10 ⁻⁴	4,319x10 ⁻⁴	4,076x10 ⁻⁴	3,886x10 ⁻⁴	3,711x10 ⁻⁴
	K = 0,649	0,664	0,688	0,662	0,668	0,667
	P = 985	983	980	978	976	974

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1041	913	1088	941	1080
HI	54,0	54,4	53,9	54,3	53,9

TEMPERATURA (t)	1	2	3	4	5	6	7	8
TPI	12,400	11,280	10,830	10,260	9,770	9,240	8,890	
FEM (mV)	2,340	2,579	2,827	3,006	3,198	3,349	3,502	
TPIA	2,340	2,579	2,827	3,006	3,198	3,349	3,502	
TPIA (mV)	2,340	2,579	2,827	3,006	3,198	3,349	3,502	

• ENTÃO REENTRADA DE VENTURI NA SEÇÃO DE TESTE
• AR NA LITRA DO VENTURI

FASE GASEOSA	1	2	3	4	5	6
MISTURA (-)	0,320	0,450	0,570	0,470	0,630	0,350
ÁGUA (+)	0,239	0,240	0,179	0,189	0,154	0,153

IX - MEDIDA DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (t) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	5,5	7,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	32 mmHg	6,9 cmH ₂ O	8*0,999	8*0,995	8*0,995	8*0,990	8*0,985	8*0,985

VELOCIDADE DA FASE GASEOSA CORRESPONDENTE =
12,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (t)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM TPI (mV)	11,600	11,280	10,830	10,260	9,770	9,240	8,890
ÁGUA - FEM TPIA (mV)	2,340	2,579	2,827	3,006	3,198	3,349	3,502
MISTURA DEGRUSSA TEMPERATURA °C	285,32	277,56	266,61	252,66	240,61	227,50	218,80
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	283,15	275,45	264,59	250,75	238,80	225,79	217,16
ÁGUA °C TEMP. DEGRUSSA	57,07	62,55	68,18	72,20	76,42	79,82	83,20

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMIT (°C)	219	205	187	170	154	140
Q (W)	2032	2089	1493	1566	1264	1257
R ₀	3209	3468	3724	3922	4124	4305
HO ₀ (W/m ² °C)	1077	1123	1166	1199	1231	1260
HI (W/m ² °C)	46,6	51,5	39,7	48,1	40,9	44,9
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 59,81°C C = 4185 μ = 4,688 × 10 ⁻⁴ K = 0,653 ρ = 983	65,37 41,88 4,337 × 10 ⁻⁴ 0,658 980	70,19 4191 4,039 × 10 ⁻⁴ 0,662 978	74,31 4194 4,835 × 10 ⁻⁴ 0,688 975	78,12 4197 3,647 × 10 ⁻⁴ 0,668 973	81,51 4199 3,494 × 10 ⁻⁴ 0,671 971

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1075	747	1123	972	1115
HI	51,6	51,9	51,5	51,8	51,5

PROF. (mm)	1"	2"	3"	4"	5"	6"
MISTURA (-)	0,540	0,700	0,900	0,880	0,730	0,590
ASA (+)	0,220	0,214	0,158	0,149	0,128	0,125

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHgO)	8,5	7,4	0,9	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7
PRESSÃO ESTATICA (mmHg)	35	63	0,996	0,996	0,997	0,997	0,997	0,997

VELOCIDADE DA FASE GÁSOSA CORRESPONDENTE = 12,8m/s NO TUBO NA SECCÃO DE TESTE

TERMOPAR [1]	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I (mV)	13,560	13,020	12,320	11,420	10,540	9,810	9,230
ÁGUA - FEM T.P.I.A (mV)	2,570	2,790	3,004	3,162	3,311	3,439	3,564
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	332,5	319,55	302,71	280,95	259,51	241,60	227,25
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	329,96	317,11	300,40	278,82	257,55	239,78	225,54
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	62,34	67,34	72,16	75,69	78,98	81,82	84,57

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	259	239	215	191	168	149
Q (W)	2565	2475	1814	1691	1480	1415
Re _o	4758	5117	5386	5644	5878	6069
HO _D (W/m ² ·°C)	1449	1507	1550	1587	1621	1649
HI (W/m ² ·°C)	49,5	51,7	41,7	44,0	43,0	47,0
PROPIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES SI	T = 64,84°C	69,75	73,93	77,34	80,40	83,20
	C _p = 4188	4191	4194	4196	4196	4201
	$\mu = 4,371 \times 10^{-4}$	$4,064 \times 10^{-4}$	$3,854 \times 10^{-4}$	$3,685 \times 10^{-4}$	$3,538 \times 10^{-4}$	$3,427 \times 10^{-4}$
	K = 0,857	0,862	0,865	0,868	0,870	0,872
	P = 981	978	975	973	972	970

	SIEDER & TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1442	1304	1507	1303	1496
HI	51,8	51,9	51,7	51,9	51,7

III - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

TEMPERATURA (°C)	1ª	2ª	3ª
T.P.I.	20,000	21,50	22,20
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20

ENTRE PARENTÊSIS É PORCENTAGEM DE TEMPERATURA CORRESPONDENTE
 ** AR NA ENTRADA DO VENTURI

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

TEMPERATURA (°C)	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
T.P.I.	20,000	21,50	22,20	23,00	23,50	24,00
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20	23,00	23,50	24,00
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20	23,00	23,50	24,00
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20	23,00	23,50	24,00
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20	23,00	23,50	24,00
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20	23,00	23,50	24,00
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20	23,00	23,50	24,00
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20	23,00	23,50	24,00
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20	23,00	23,50	24,00
T.P.I.A.	20,000	21,50	22,20	23,00	23,50	24,00

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TEMPERATURA (°C)	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA (-)	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
ÁGUA (+)	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

TEMPERATURA (°C)	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA - FEM	8,750	8,530	8,310	8,130	7,950	7,750
ÁGUA - FEM	2,343	2,608	2,813	2,946	3,104	3,240
MISTURA DEBUSSA	215,33	209,83	204,35	199,83	195,33	190,33
MISTURA °C	213,72	208,26	202,82	198,34	193,87	188,91
ÁGUA °C	57,14	63,20	67,86	70,84	74,39	77,42

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE A 5,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

TEMPERATURA (°C)	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA - FEM	8,750	8,530	8,310	8,130	7,950	7,750
ÁGUA - FEM	2,343	2,608	2,813	2,946	3,104	3,240
MISTURA DEBUSSA	215,33	209,83	204,35	199,83	195,33	190,33
MISTURA °C	213,72	208,26	202,82	198,34	193,87	188,91
ÁGUA °C	57,14	63,20	67,86	70,84	74,39	77,42

VIII - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

TEMPERATURA (°C)	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA - FEM	8,750	8,530	8,310	8,130	7,950	7,750
ÁGUA - FEM	2,343	2,608	2,813	2,946	3,104	3,240
MISTURA DEBUSSA	215,33	209,83	204,35	199,83	195,33	190,33
MISTURA °C	213,72	208,26	202,82	198,34	193,87	188,91
ÁGUA °C	57,14	63,20	67,86	70,84	74,39	77,42

IX - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

TEMPERATURA (°C)	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
MISTURA - FEM	8,750	8,530	8,310	8,130	7,950	7,750
ÁGUA - FEM	2,343	2,608	2,813	2,946	3,104	3,240
MISTURA DEBUSSA	215,33	209,83	204,35	199,83	195,33	190,33
MISTURA °C	213,72	208,26	202,82	198,34	193,87	188,91
ÁGUA °C	57,14	63,20	67,86	70,84	74,39	77,42

TERMOVAR (I)	1	2	3	4	5	6	7	8
T.P. (°C)	24,170	11,110	9,210					
FEM (mV)	1,140							
T.P. (A)	0,140	2,113	1,112					
FEM (mV)	1,140							

QUANTIDADE DE FEM POR UNIDADE DE TEMPERATURA (mV/°C) = 0,045

ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO	1	2	3	4	5	6
MISTURA (m)	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650
ÁGUA (m)	0,195	0,169	0,098	0,120	0,094	0,097

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
		VENTURI	CANISA	CANISA	CANISA	CANISA	CANISA	CANISA
INTERFERÊNCIA DE PRESSÃO (mmH ₂ O)	3,5	15	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	35 mmHg	45 cmH ₂ O	6*0,998	6*0,998	6*0,998	6*0,998	6*0,998	6*0,998

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 5,5 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P. (mV)	11,540	10,890	10,240	9,690	9,210	8,690	8,310
ÁGUA - FEM T.P. (mV)	2,183	2,378	2,537	2,635	2,755	2,849	2,946
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	283,86	268,07	252,17	238,63	226,76	213,58	204,35
MISTURA °C TEMP CORRIGIDA	281,70	266,04	250,27	236,83	225,06	211,98	202,82
ÁGUA °C TEMP DEBUSSA	53,44	57,95	61,59	63,82	66,55	68,67	70,84

	1ª CANISA	2ª CANISA	3ª CANISA	4ª CANISA	5ª CANISA	6ª CANISA
DMLT (°C)	218	198	181	166	151	138
Q (W)	1246	1005	616	755	586	600
R _{fo}	2233	2388	2488	2576	2670	2758
HO (W/m ² ·°C)	821	851	870	886	903	919
HI (W/m ² ·°C)	28,4	25,1	16,7	22,5	19,1	21,5
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 55,70°C C = 4183 μ = 5,019x10 ⁻⁴ K = 0,649 ρ = 985	59,77 4185 4,692x10 ⁻⁴ 0,653 983	62,71 4187 4,504x10 ⁻⁴ 0,656 982	65,19 4188 4,349x10 ⁻⁴ 0,658 980	67,61 4190 4,197x10 ⁻⁴ 0,650 979	69,76 4191 4,063x10 ⁻⁴ 0,642 978

	SEIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIESAND
HO	814	748	851	736	845
HI	25,1	25,2	25,1	25,2	25,1

CONDICIONAMENTO DO FLUIDO			CONDICIONAMENTO DO FLUIDO		
TEMPERATURA	1	2	3	TEMPERATURA	4
TEMPERATURA	1,000	1,000	1,000	TEMPERATURA	1,000
TEMPERATURA	1,000	1,000	1,000	TEMPERATURA	1,000
TEMPERATURA	1,000	1,000	1,000	TEMPERATURA	1,000
TEMPERATURA	1,000	1,000	1,000	TEMPERATURA	1,000
TEMPERATURA	1,000	1,000	1,000	TEMPERATURA	1,000
TEMPERATURA	1,000	1,000	1,000	TEMPERATURA	1,000
TEMPERATURA	1,000	1,000	1,000	TEMPERATURA	1,000
TEMPERATURA	1,000	1,000	1,000	TEMPERATURA	1,000
TEMPERATURA	1,000	1,000	1,000	TEMPERATURA	1,000

CONDICIONAMENTO DO FLUIDO	1	2	3	4	5	6
CONDICIONAMENTO DO FLUIDO	1	2	3	4	5	6
CONDICIONAMENTO DO FLUIDO	1	2	3	4	5	6
CONDICIONAMENTO DO FLUIDO	1	2	3	4	5	6
CONDICIONAMENTO DO FLUIDO	1	2	3	4	5	6
CONDICIONAMENTO DO FLUIDO	1	2	3	4	5	6
CONDICIONAMENTO DO FLUIDO	1	2	3	4	5	6
CONDICIONAMENTO DO FLUIDO	1	2	3	4	5	6
CONDICIONAMENTO DO FLUIDO	1	2	3	4	5	6
CONDICIONAMENTO DO FLUIDO	1	2	3	4	5	6

IX - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G L P	AR	1	2	3	4	5	6
	PLACA DE	VENTURI	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	5,0	2,1	3,8	2,2	2,0	1,8	1,8	1,9
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	5,0 mmHg	7,5 mmHg	6,0,985	6,0,991	6,0,992	6,0,993	6,0,993	6,0,992
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 6,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

X - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM	7,160	7,030	6,900	6,800	6,690	6,580	6,440
TEMP (mV)							
ÁGUA - FEM	2,253	2,445	2,584	2,676	2,792	2,910	3,032
TEMP (mV)							
MISTURA DEGRUSSA	175,53	172,28	169,03	166,53	163,78	160,53	157,53
TEMPERATURA °C							
MISTURA °C	174,23	171,01	167,78	165,30	162,57	159,35	156,37
TEMP CORRIGIDA							
ÁGUA °C	55,07	59,49	62,66	64,75	67,39	70,04	72,78
TEMP DEGRUSSA							

XI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMIT (°C)	115	108	103	98	92	86
Q (W)	1533	1100	725	917	920	952
Re	2877	3056	3169	3278	3409	3538
HO (W/m²°C)	1000	1031	1051	1070	1093	1115
HI (W/m²°C)	68,5	51,4	35,1	47,1	50,3	55,8
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 57,28°C	61,08	63,71	66,07	68,72	71,41
	C = 4184	4185	4187	4189	4190	4192
	μ = 4,892 × 10 ⁻⁴	4,606 × 10 ⁻⁴	4,441 × 10 ⁻⁴	4,294 × 10 ⁻⁴	4,126 × 10 ⁻⁴	3,978 × 10 ⁻⁴
	k = 0,680	0,654	0,636	0,628	0,621	0,613
UNIDADES SI	ρ = 985	983	981	980	978	977

XII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SEIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	987	918	1031	892	1024
HI	51,5	51,7	51,4	51,8	51,4

III - DIFERENÇAS DE TEMPERATURAS ENTRE AS SEÇÕES DE TESTE

TERMOPAR (1)	1	2	3	4	5	6
TEMP. (°C)	23,700	21,30	21,100	20,900	20,800	20,700
TEMP. CORRIGIDA (°C)	23,700	21,30	21,100	20,900	20,800	20,700
TEMP. (°C)	23,700	21,30	21,100	20,900	20,800	20,700
TEMP. CORRIGIDA (°C)	23,700	21,30	21,100	20,900	20,800	20,700
TEMP. (°C)	23,700	21,30	21,100	20,900	20,800	20,700
TEMP. CORRIGIDA (°C)	23,700	21,30	21,100	20,900	20,800	20,700

ENTRADA DE VENTILADOR CORRIGIDA A TEMPERATURA CORRESPONDENTE
** AR NA ENTRADA DO VENTILADOR

IV - DIFERENÇAS DE PRESSÃO ENTRE AS SEÇÕES DE TESTE

SEÇÃO DE TESTE	1	2	3	4	5	6
MISTURA (-)	0,200	0,220	0,200	0,190	0,200	0,180
ÁGUA (+)	0,152	0,138	0,191	0,110	0,096	0,110

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (C) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR	1	2	3	4	5	6
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	3,7	21	1,9	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	45 mmHg	56 cmH ₂ O	40,992	40,995	40,996	40,996	40,996	40,996
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 0,8 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM TPI (mV)	8,580	8,380	8,160	7,960	7,780	7,580	7,400
ÁGUA - FEM TPI (mV)	2,280	2,432	2,570	2,661	2,771	2,867	2,971
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	211,08	206,10	200,58	195,58	191,08	186,05	181,55
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	209,50	204,56	199,08	194,12	189,66	184,67	180,20
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	55,68	59,19	62,34	64,41	66,91	69,07	71,41

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMIT (°C)	150	141	133	126	119	112
Q (W)	1203	1080	710	857	741	803
Re	2850	3006	3116	3219	3331	3448
HO _D (W/m ² °C)	996	1019	1039	1057	1076	1096
HI (W/m ² °C)	40,3	38,3	26,3	33,8	30,8	35,8
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 57,44°C C = 4184 μ = 4,879 × 10 ⁻⁴ K = 0,656 ρ = 984	60,77 4185 4,625 × 10 ⁻⁴ 0,654 983	63,38 4187 4,462 × 10 ⁻⁴ 0,656 981	65,66 4188 4,319 × 10 ⁻⁴ 0,658 980	67,99 4190 4,174 × 10 ⁻⁴ 0,660 979	70,24 4191 4,033 × 10 ⁻⁴ 0,662 978

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	975	879	1019	882	1012
HI	38,3	38,5	38,3	38,5	38,3

DE - DIFERENÇA DE COTIDIANEIDADE ENTRE O COTIDIANO DE UM DIA E NA PRÁTICA DE UM DIA - 10

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (C) AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

VELOCIDADE DA FASE G4303A CORRESPONDENTE A
6,6 m/s NO TUBO NA SECÇÃO DE TESTE

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

"	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	972	879	1016	878	1008
H1	33,7	33,8	33,6	33,8	33,6

[illegible]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. 10 RILEY	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2. 10 RILEY	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3. 10 RILEY	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4. 10 RILEY	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5. 10 RILEY	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6. 10 RILEY	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7. 10 RILEY	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8. 10 RILEY	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9. 10 RILEY	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10. 10 RILEY	1	2	3	4	5	6	7	8	9

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

CARISA DAGUA EMF (mv)	1#	2#	3#	4#	5#	6#
MISTURA (-)	0,520	0,540	0,500	0,470	0,440	0,370
ÁGUA (+)	0,134	0,128	0,069	0,023	0,012	0,008

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (ε) AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	G L P PLACA DE ORIFÍCIO	AR	1"	2"	3"	4"	5"	6"
	VENTURI	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cm H ₂ O)	3,5	21	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
PRESSÃO ESTATICA (MANOMÉTRICA)	35 mmHg	45 cmH ₂ O	E=0,998	E=0,999	E=0,999	E=0,996	E=0,995	E=0,99
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE A C,8 m/s NO TUBO NA SECÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR {1}	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I (mV)	10,580	10,060	9,520	9,020	8,620	8,180	7,860
ÁGUA - FEM T.P.I A (mV)	2,243	2,377	2,505	2,574	2,667	2,739	2,817
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	260,50	247,75	234,44	222,05	212,08	201,08	193,08
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	258,53	245,89	232,68	220,38	210,49	199,58	191,64
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	54,84	57,93	60,86	62,43	64,55	66,18	67,95

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CANISA	2ª CANISA	3ª CANISA	4ª CANISA	5ª CANISA	6ª CANISA
DMLT (°C)	196	180	165	152	140	128
Q (W)	1197	1139	611	825	634	689
R _q	3177	3341	3451	3540	3637	3728
HO _D (W/m ² ·°C)	1085	1114	1134	1150	1167	1181
HI (W/m ² ·°C)	30,3	31,4	18,1	26,7	22,3	28,4
PROPIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS UNIDADES SI	T = 56,39°C	58,40	61,65	63,49	65,37	67,07
	C = 4184	4186	4186	4187	4186	4189
	$\mu = 4,964 \times 10^{-4}$	$4,721 \times 10^{-4}$	$4,570 \times 10^{-4}$	$4,455 \times 10^{-4}$	$4,337 \times 10^{-4}$	$4,231 \times 10^{-4}$
	K = 0,649	0,652	0,654	0,656	0,658	0,659
	P = 985	983	982	981	980	979

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HD - 2ª CAMISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1066	1021	1114	984	1106
HI	31,4	31,5	31,4	31,5	31,4

I - DADOS GERAIS DA EXPERIMENTAÇÃO				II - DADOS DE CÁLCULO	
PRÉ-TRATAMENTO	2	3		AS	10,150
PRÉ-TRATAMENTO				10,000	10,000
PRÉ-TRATAMENTO					10,000
PRÉ-TRATAMENTO				PRÉ-TRATAMENTO	10,000
PRÉ-TRATAMENTO				PRÉ-TRATAMENTO	10,000
PRÉ-TRATAMENTO				PRÉ-TRATAMENTO	10,000
PRÉ-TRATAMENTO				PRÉ-TRATAMENTO	10,000
PRÉ-TRATAMENTO				PRÉ-TRATAMENTO	10,000
PRÉ-TRATAMENTO				PRÉ-TRATAMENTO	10,000
PRÉ-TRATAMENTO				PRÉ-TRATAMENTO	10,000

III - DADOS DE CÁLCULO						
CMISA	1º	2º	3º	4º	5º	6º
ENTRADA (mV)						
MISTURA	0,100	0,100	0,080	0,090	0,020	0,000
ÁGUA	0,260	0,124	0,119	0,137	0,137	0,000

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (2) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE								
	G L P	AR	1º	2º	3º	4º	5º	6º
	PLACA DE	VENTURI	CANISA	CANISA	CANISA	CANISA	CANISA	CANISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cm H ₂ O)	5,0	27	7,0	3,5	3,0	2,2	2,2	2,6
VELOCIDADE ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	55	82	10,971	10,986	10,988	10,991	10,991	10,990
	cm Hg	cm H ₂ O						

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 7,7 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE							
TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM							
TPI (mV)	7,280	7,180	7,080	7,000	6,910	6,790	6,710
ÁGUA - FEM							
TPI.A (mV)	2,270	2,530	2,694	2,813	2,950	3,087	3,237
MISTURA DEBUSSA							
TEMPERATURA °C	178,53	176,03	173,53	171,53	169,28	166,28	164,28
MISTURA °C							
TEMP. CORRIGIDA	177,21	174,73	172,25	170,26	168,03	165,05	163,07
ÁGUA °C							
TEMP. DEBUSSA	55,45	61,43	65,16	67,86	70,93	74,00	77,36

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE						
	1ª CANISA	2ª CANISA	3ª CANISA	4ª CANISA	5ª CANISA	6ª CANISA
DMLT (°C)	117	110	105	100	94	88
Q (W)	2052	1281	827	1055	1056	1156
R _{0g}	2901	3117	3283	3407	3646	3696
HO ₀ (W/m ² ·°C)	1000	1039	1065	1089	1113	1138
HI (W/m ² ·°C)	92,1	59,2	44,5	53,5	56,9	66,8
PROPRIEDADES	T = 58,44°C	63,30	66,51	69,40	72,47	75,68
DE ÁGUA UTILIZADA NOS	C = 4184	4187	4189	4191	4193	4195
CÁLCULOS	N = 4,799x10 ⁻⁴	4,467x10 ⁻⁴	4,266x10 ⁻⁴	4,086x10 ⁻⁴	3,926x10 ⁻⁴	3,767x10 ⁻⁴
	K = 0,651	0,656	0,659	0,661	0,664	0,667
UNIDADES S.I	P = 983	981	980	978	976	974

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CANISA					
	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	994	924	1039	899	1032
HI	59,4	59,6	59,2	59,8	59,5

	1	2	3	4	5	6
T.P.I.	21,010	2,960	2,310	2,010	1,710	1,410
T.P.I.A.	1,415	2,310	2,010	1,710	1,410	1,110
T.m (xV)	1,710	2,010	2,310	2,610	2,910	3,210
CORREÇÕES E ADJUSTES A TEMP. CORRESPONDENTE						
AR NA ENTRADA DO VENTURI						

EMF (mv)	1	2	3	4	5	6
MISTURA (-)	0,167	0,166	0,160	0,140	0,150	0,110
ÁGUA (+)	0,166	0,144	0,037	0,118	0,130	0,111

	0.L.P. PLACA DE ORIFÍCIO	AR VENTURI	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	3,5	27	2,7	1,5	1,0	1,0	1,0	1,1
PRESSÃO ESTÁTICA (mmHg)	42	60	60,989	60,994	60,996	60,996	60,996	60,996
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 7,7 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE								

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM T.P.I. (mV)	7,960	7,793	7,627	7,477	7,337	7,177	7,037
ÁGUA - FEM T.P.I.A. (mV)	2,310	2,476	2,620	2,717	2,835	2,935	3,045
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	195,58	191,40	187,23	183,48	179,97	175,95	172,45
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	194,12	189,98	185,84	182,12	178,64	174,65	171,17
ÁGUA °C TEMP. DEBUSSA	56,37	60,20	63,48	65,68	68,36	70,60	73,07

	1 ^a CAMISA	2 ^a CAMISA	3 ^a CAMISA	4 ^a CAMISA	5 ^a CAMISA	6 ^a CAMISA
DNLT (°C)	134	126	119	113	107	101
Q (W)	1223	1048	703	857	716	790
Re _q	2692	2842	2953	3059	3174	3259
HO _D (W/m ² ·°C)	942	971	990	1009	1030	1044
HI (W/m ² ·°C)	46,2	41,8	29,1	37,8	33,2	39,1
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTI- LIZADA NOS CÁLCULOS	T = 58,29°C	61,84	64,58	67,02	69,48	71,84
	C = 4184	4186	4188	4189	4191	4192
	μ = 4,811 × 10 ⁻⁴	4,558 × 10 ⁻⁴	4,387 × 10 ⁻⁴	4,234 × 10 ⁻⁴	4,081 × 10 ⁻⁴	3,975 × 10 ⁻⁴
	K = 0,651	0,655	0,657	0,659	0,662	0,663
UNIDADES SI	ρ = 984	982	981	979	978	977

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	929	828	971	840	964
HI	41,8	42,0	41,8	42,0	41,8

INSTRUMENTAÇÃO	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100

INSTRUMENTAÇÃO	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100
TEMPERATURA	100	100	100	100	100	100

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	GLP	AR	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
	PLACA DE	VENTURI	CANISA	CANISA	CANISA	CANISA	CANISA	CANISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	3,5	27	2,1	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	40	56	100,991	100,995	100,996	100,996	100,996	100,996
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 7,7 m/s NO TUBO NA SECÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM	9,003	8,801	8,571	8,351	8,151	7,941	7,771
TPI (mV)							
ÁGUA - FEM	2,222	2,450	2,645	2,785	2,943	3,081	3,226
TPI.A (mV)							
MISTURA DEGUSSA	221,63	216,60	210,85	205,38	200,35	195,10	190,85
TEMPERATURA °C							
MISTURA °C	219,97	214,98	209,27	203,64	198,85	193,65	189,43
TEMP. CORRIGIDA							
ÁGUA °C	54,35	59,60	64,05	67,23	70,78	73,87	77,11
TEMP. DEGUSSA							

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	1ª CANISA	2ª CANISA	3ª CANISA	4ª CANISA	5ª CANISA	6ª CANISA
DMLT (°C)	160	150	141	132	124	116
Q (W)	1311	1112	795	888	773	811
Re _d	2132	2223	2346	2466	2577	2683
HO _d (W/m ² ·°C)	778	798	820	842	863	881
HI (W/m ² ·°C)	41,4	37,3	28,1	33,6	31,1	35,0
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 56,98°C	61,83	65,64	69,01	72,33	75,49
	C = 4184	4186	4188	4190	4193	4195
	μ = 4,755 × 10 ⁻⁴	4,559 × 10 ⁻⁴	4,321 × 10 ⁻⁴	4,110 × 10 ⁻⁴	3,933 × 10 ⁻⁴	3,777 × 10 ⁻⁴
	K = 0,650	0,655	0,658	0,661	0,664	0,666
UNIDADES S.I	P = 985	982	980	978	976	974

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CANISA

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	763	892	798	890	792
HI	37,4	37,6	37,3	37,6	37,3

I - TEMPERATURA DE ENTRADA DA MISTURA NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	1ª	2ª	3ª
TPI (mV)	21,700	2,750	3,070
TPI (mV)	1,470	2,211	2,019
TPI (A)	1,470	2,211	2,019
TPI (mV)	1,470	2,211	2,019

* ENTRE TERMISTORES E FIBRA ÓPTICA A SEÇÃO CORRESPONDENTE
** AR NA ENTRADA DO VENTURI

II - PRESSÃO

DESENHO	1ª	2ª
DESENHO	1,470	2,211
DESENHO	1,470	2,211
DESENHO	1,470	2,211
DESENHO	1,470	2,211

III - PRESSÃO DE VÁCUO

DESENHO	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
DESENHO	0,270	0,300	0,390	0,250	0,280	0,140
DESENHO	0,239	0,204	0,144	0,183	0,136	0,115

IX - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	0.1 P	AR	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
	PLACA DE	VENTURI	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA
	CRIFÍCIO							
DETERMINAÇÃO DE PRESSÃO (x H ₂ O)	3,5	27	1,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	37	53	640,994	640,997	640,998	640,999	640,999	640,999
	mmHg	cmH ₂ O						

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 7,7 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (I)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM	9,750	9,480	9,180	8,900	8,650	8,370	8,130
TPI (mV)							
ÁGUA - FEM	2,211	2,450	2,654	2,798	2,961	3,099	3,244
TPI (mV)							
MISTURA DEGRUSSA	240,12	233,45	226,02	219,05	212,83	205,85	199,83
TEMPERATURA °C							
MISTURA °C	238,31	231,69	224,32	217,41	211,24	204,31	198,34
TEMP. CORRIGIDA							
ÁGUA °C	54,09	59,60	64,25	67,52	71,18	74,27	77,51
TEMP. DEGRUSSA							

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	178	166	155	145	135	125
Q (W)	1376	1162	818	916	773	811
Re ₀	2057	2197	2258	2314	2590	2698
NO ₀ (W/m ² °C)	765	793	808	818	885	884
HI (W/m ² °C)	39,1	35,2	26,2	31,8	28,5	32,3
PROPRIEDADES	T=56,85°C	61,93	65,89	69,35	72,73	75,89
DE ÁGUA UTILIZADA NOS	C=4184	4186	4189	4191	4193	4195
CÁLCULOS	μ=4,927x10 ⁻⁴	4,613x10 ⁻⁴	4,489x10 ⁻⁴	4,381x10 ⁻⁴	3,913x10 ⁻⁴	3,757x10 ⁻⁴
UNIDADES SI	K=0,660	0,655	0,658	0,661	0,664	0,667
	P=985	982	980	978	976	974

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR NO - 2ª CAMISA

	SEIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIESAND
NO	769	697	793	686	788
HI	35,3	35,4	35,2	35,4	35,2

1.2.1	2.2.1	3.2.1	4.2.1	5.2.1	6.2.1	7.2.1	8.2.1
1.2.2	2.2.2	3.2.2	4.2.2	5.2.2	6.2.2	7.2.2	8.2.2
1.2.3	2.2.3	3.2.3	4.2.3	5.2.3	6.2.3	7.2.3	8.2.3
1.2.4	2.2.4	3.2.4	4.2.4	5.2.4	6.2.4	7.2.4	8.2.4
1.2.5	2.2.5	3.2.5	4.2.5	5.2.5	6.2.5	7.2.5	8.2.5
1.2.6	2.2.6	3.2.6	4.2.6	5.2.6	6.2.6	7.2.6	8.2.6
1.2.7	2.2.7	3.2.7	4.2.7	5.2.7	6.2.7	7.2.7	8.2.7
1.2.8	2.2.8	3.2.8	4.2.8	5.2.8	6.2.8	7.2.8	8.2.8
1.2.9	2.2.9	3.2.9	4.2.9	5.2.9	6.2.9	7.2.9	8.2.9
1.2.10	2.2.10	3.2.10	4.2.10	5.2.10	6.2.10	7.2.10	8.2.10
1.2.11	2.2.11	3.2.11	4.2.11	5.2.11	6.2.11	7.2.11	8.2.11
1.2.12	2.2.12	3.2.12	4.2.12	5.2.12	6.2.12	7.2.12	8.2.12
1.2.13	2.2.13	3.2.13	4.2.13	5.2.13	6.2.13	7.2.13	8.2.13
1.2.14	2.2.14	3.2.14	4.2.14	5.2.14	6.2.14	7.2.14	8.2.14
1.2.15	2.2.15	3.2.15	4.2.15	5.2.15	6.2.15	7.2.15	8.2.15
1.2.16	2.2.16	3.2.16	4.2.16	5.2.16	6.2.16	7.2.16	8.2.16
1.2.17	2.2.17	3.2.17	4.2.17	5.2.17	6.2.17	7.2.17	8.2.17
1.2.18	2.2.18	3.2.18	4.2.18	5.2.18	6.2.18	7.2.18	8.2.18
1.2.19	2.2.19	3.2.19	4.2.19	5.2.19	6.2.19	7.2.19	8.2.19
1.2.20	2.2.20	3.2.20	4.2.20	5.2.20	6.2.20	7.2.20	8.2.20
1.2.21	2.2.21	3.2.21	4.2.21	5.2.21	6.2.21	7.2.21	8.2.21
1.2.22	2.2.22	3.2.22	4.2.22	5.2.22	6.2.22	7.2.22	8.2.22
1.2.23	2.2.23	3.2.23	4.2.23	5.2.23	6.2.23	7.2.23	8.2.23
1.2.24	2.2.24	3.2.24	4.2.24	5.2.24	6.2.24	7.2.24	8.2.24
1.2.25	2.2.25	3.2.25	4.2.25	5.2.25	6.2.25	7.2.25	8.2.25
1.2.26	2.2.26	3.2.26	4.2.26	5.2.26	6.2.26	7.2.26	8.2.26
1.2.27	2.2.27	3.2.27	4.2.27	5.2.27	6.2.27	7.2.27	8.2.27
1.2.28	2.2.28	3.2.28	4.2.28	5.2.28	6.2.28	7.2.28	8.2.28
1.2.29	2.2.29	3.2.29	4.2.29	5.2.29	6.2.29	7.2.29	8.2.29
1.2.30	2.2.30	3.2.30	4.2.30	5.2.30	6.2.30	7.2.30	8.2.30
1.2.31	2.2.31	3.2.31	4.2.31	5.2.31	6.2.31	7.2.31	8.2.31
1.2.32	2.2.32	3.2.32	4.2.32	5.2.32	6.2.32	7.2.32	8.2.32
1.2.33	2.2.33	3.2.33	4.2.33	5.2.33	6.2.33	7.2.33	8.2.33
1.2.34	2.2.34	3.2.34	4.2.34	5.2.34	6.2.34	7.2.34	8.2.34
1.2.35	2.2.35	3.2.35	4.2.35	5.2.35	6.2.35	7.2.35	8.2.35
1.2.36	2.2.36	3.2.36	4.2.36	5.2.36	6.2.36	7.2.36	8.2.36
1.2.37	2.2.37	3.2.37	4.2.37	5.2.37	6.2.37	7.2.37	8.2.37
1.2.38	2.2.38	3.2.38	4.2.38	5.2.38	6.2.38	7.2.38	8.2.38
1.2.39	2.2.39	3.2.39	4.2.39	5.2.39	6.2.39	7.2.39	8.2.39
1.2.40	2.2.40	3.2.40	4.2.40	5.2.40	6.2.40	7.2.40	8.2.40
1.2.41	2.2.41	3.2.41	4.2.41	5.2.41	6.2.41	7.2.41	8.2.41
1.2.42	2.2.42	3.2.42	4.2.42	5.2.42	6.2.42	7.2.42	8.2.42
1.2.43	2.2.43	3.2.43	4.2.43	5.2.43	6.2.43	7.2.43	8.2.43
1.2.44	2.2.44	3.2.44	4.2.44	5.2.44	6.2.44	7.2.44	8.2.44
1.2.45	2.2.45	3.2.45	4.2.45	5.2.45	6.2.45	7.2.45	8.2.45
1.2.46	2.2.46	3.2.46	4.2.46	5.2.46	6.2.46	7.2.46	8.2.46
1.2.47	2.2.47	3.2.47	4.2.47	5.2.47	6.2.47	7.2.47	8.2.47
1.2.48	2.2.48	3.2.48	4.2.48	5.2.48	6.2.48	7.2.48	8.2.48
1.2.49	2.2.49	3.2.49	4.2.49	5.2.49	6.2.49	7.2.49	8.2.49
1.2.50	2.2.50	3.2.50	4.2.50	5.2.50	6.2.50	7.2.50	8.2.50
1.2.51	2.2.51	3.2.51	4.2.51	5.2.51	6.2.51	7.2.51	8.2.51
1.2.52	2.2.52	3.2.52	4.2.52	5.2.52	6.2.52	7.2.52	8.2.52
1.2.53	2.2.53	3.2.53	4.2.53	5.2.53	6.2.53	7.2.53	8.2.53
1.2.54	2.2.54	3.2.54	4.2.54	5.2.54	6.2.54	7.2.54	8.2.54
1.2.55	2.2.55	3.2.55	4.2.55	5.2.55	6.2.55	7.2.55	8.2.55
1.2.56	2.2.56	3.2.56	4.2.56	5.2.56	6.2.56	7.2.56	8.2.56
1.2.57	2.2.57	3.2.57	4.2.57	5.2.57	6.2.57	7.2.57	8.2.57
1.2.58	2.2.58	3.2.58	4.2.58	5.2.58	6.2.58	7.2.58	8.2.58
1.2.59	2.2.59	3.2.59	4.2.59	5.2.59	6.2.59	7.2.59	8.2.59
1.2.60	2.2.60	3.2.60	4.2.60	5.2.60	6.2.60	7.2.60	8.2.60
1.2.61	2.2.61	3.2.61	4.2.61	5.2.61	6.2.61	7.2.61	8.2.61
1.2.62	2.2.62	3.2.62	4.2.62	5.2.62	6.2.62	7.2.62	8.2.62
1.2.63	2.2.63	3.2.63	4.2.63	5.2.63	6.2.63	7.2.63	8.2.63
1.2.64	2.2.64	3.2.64	4.2.64	5.2.64	6.2.64	7.2.64	8.2.64
1.2.65	2.2.65	3.2.65	4.2.65	5.2.65	6.2.65	7.2.65	8.2.65
1.2.66	2.2.66	3.2.66	4.2.66	5.2.66	6.2.66	7.2.66	8.2.66
1.2.67	2.2.67	3.2.67	4.2.67	5.2.67	6.2.67	7.2.67	8.2.67
1.2.68	2.2.68	3.2.68	4.2.68	5.2.68	6.2.68	7.2.68	8.2.68
1.2.69	2.2.69	3.2.69	4.2.69	5.2.69	6.2.69	7.2.69	8.2.69
1.2.70	2.2.70	3.2.70	4.2.70	5.2.70	6.2.70	7.2.70	8.2.70
1.2.71	2.2.71	3.2.71	4.2.71	5.2.71	6.2.71	7.2.71	8.2.71
1.2.72	2.2.72	3.2.72	4.2.72	5.2.72	6.2.72	7.2.72	8.2.72
1.2.73	2.2.73	3.2.73	4.2.73	5.2.73	6.2.73	7.2.73	8.2.73
1.2.74	2.2.74	3.2.74	4.2.74	5.2.74	6.2.74	7.2.74	8.2.74
1.2.75	2.2.75	3.2.75	4.2.75	5.2.75	6.2.75	7.2.75	8.2.75
1.2.76	2.2.76	3.2.76	4.2.76	5.2.76	6.2.76	7.2.76	8.2.76
1.2.77	2.2.77	3.2.77	4.2.77	5.2.77	6.2.77	7.2.77	8.2.77
1.2.78	2.2.78	3.2.78	4.2.78	5.2.78	6.2.78	7.2.78	8.2.78
1.2.79	2.2.79	3.2.79	4.2.79	5.2.79	6.2.79	7.2.79	8.2.79
1.2.80	2.2.80	3.2.80	4.2.80	5.2.80	6.2.80	7.2.80	8.2.80
1.2.81	2.2.81	3.2.81	4.2.81	5.2.81	6.2.81	7.2.81	8.2.81
1.2.82	2.2.82	3.2.82	4.2.82	5.2.82	6.2.82	7.2.82	8.2.82
1.2.83	2.2.83	3.2.83	4.2.83	5.2.83	6.2.83	7.2.83	8.2.83
1.2.84	2.2.84	3.2.84	4.2.84	5.2.84	6.2.84	7.2.84	8.2.84
1.2.85	2.2.85	3.2.85	4.2.85	5.2.85	6.2.85	7.2.85	8.2.85
1.2.86	2.2.86	3.2.86	4.2.86	5.2.86	6.2.86	7.2.86	8.2.86
1.2.87	2.2.87	3.2.87	4.2.87	5.2.87	6.2.87	7.2.87	8.2.87
1.2.88	2.2.88	3.2.88	4.2.88	5.2.88	6.2.88	7.2.88	8.2.88
1.2.89	2.2.89	3.2.89	4.2.89	5.2.89	6.2.89	7.2.89	8.2.89
1.2.90	2.2.90	3.2.90	4.2.90	5.2.90	6.2.90	7.2.90	8.2.90
1.2.91	2.2.91	3.2.91	4.2.91	5.2.91	6.2.91	7.2.91	8.2.91
1.2.92	2.2.92	3.2.92	4.2.92	5.2.92	6.2.92	7.2.92	8.2.92
1.2.93	2.2.93	3.2.93	4.2.93	5.2.93	6.2.93	7.2.93	8.2.93
1.2.94	2.2.94	3.2.94	4.2.94	5.2.94	6.2.94	7.2.94	8.2.94
1.2.95	2.2.95	3.2.95	4.2.95	5.2.95	6.2.95	7.2.95	8.2.95
1.2.96	2.2.96	3.2.96	4.2.96	5.2.96	6.2.96	7.2.96	8.2.96
1.2.97	2.2.97	3.2.97	4.2.97	5.2.97	6.2.97	7.2.97	8.2.97
1.2.98	2.2.98	3.2.98	4.2.98	5.2.98	6.2.98	7.2.98	8.2.98
1.2.99	2.2.99	3.2.99	4.2.99	5.2.99	6.2.99	7.2.99	8.2.99
1.2.100	2.2.100	3.2.100	4.2.100	5.2.100	6.2.100	7.2.100	8.2.100

TEMPERATURA (°C)	1	2	3	4	5	6	7
MISTURA (-)	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
ÁGUA (+)	0,177	0,170	0,178	0,170	0,174	0,175	0,175

II - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS Viscosidades (c) AO LONGO DA SECCÃO DE TESTE

	G.L.P. PLACA DE CRIFÍCIO	AR VENTURI	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cm H ₂ O)	6,0	3,6	8,0	4,0	2,5	2,5	2,5	2,6
PRESSÃO ESTÁTICA (mm Hg)	70	85	60,967	60,984	60,990	60,990	60,990	60,990
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE = 8,5 m/s NO TUBO NA SECCÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SECCÃO DE TESTE

TERMOPAR (t)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM TPI (mV)	8,020	7,940	7,850	7,770	7,690	7,590	7,510
ÁGUA - FEM TPI A (mV)	2,226	2,403	2,573	2,691	2,811	2,926	3,050
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	197,08	195,08	192,83	190,83	188,82	186,30	184,30
MISTURA °C TEMP. CORRIGIDA	195,61	193,63	191,39	189,41	187,41	184,92	182,93
ÁGUA °C TEMP. DEGUSSA	54,44	58,52	62,41	65,09	67,82	70,38	73,18

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SECCÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	138	132	127	120	117	112
Q (W)	1850	1765	1216	1240	1163	1272
R ₀	3713	3963	4146	4311	4484	4647
HO ₀ (W/m ² ·°C)	1228	1272	1303	1331	1359	1384
HI (W/m ² ·°C)	68,2	67,9	48,0	51,9	49,6	57,0
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTIL- LIZADA NOS CÁLCULOS	T = 56,48°C C _p = 4184 μ = 4,956 × 10 ⁻⁴ K = 0,649 ρ = 985	60,47 4185 4,644 × 10 ⁻⁴ 0,653 983	63,75 4187 4,439 × 10 ⁻⁴ 0,656 981	66,46 4189 4,269 × 10 ⁻⁴ 0,659 980	69,10 4190 4,104 × 10 ⁻⁴ 0,661 978	71,78 4192 3,980 × 10 ⁻⁴ 0,663 977

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SEIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WESAND
HO	1217	1077	1272	1100	1263
HI	68,1	68,6	67,9	68,5	68,0

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	#LEGAND
HO	1038	918	1084	938	1077
HI	51,2	51,6	51,1	51,5	51,2

I - DADOS GERAIS DA EXPERIMENTAÇÃO				II - DADOS DE CÁLCULO		
1	2	3	4	5	6	7
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1
3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8
3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15
3.16	3.17	3.18	3.19	3.20	3.21	3.22
3.23	3.24	3.25	3.26	3.27	3.28	3.29
3.30	3.31	3.32	3.33	3.34	3.35	3.36
3.37	3.38	3.39	3.40	3.41	3.42	3.43
3.44	3.45	3.46	3.47	3.48	3.49	3.50
3.51	3.52	3.53	3.54	3.55	3.56	3.57
3.58	3.59	3.60	3.61	3.62	3.63	3.64
3.65	3.66	3.67	3.68	3.69	3.70	3.71
3.72	3.73	3.74	3.75	3.76	3.77	3.78
3.79	3.80	3.81	3.82	3.83	3.84	3.85
3.86	3.87	3.88	3.89	3.90	3.91	3.92
3.93	3.94	3.95	3.96	3.97	3.98	3.99
4.00	4.01	4.02	4.03	4.04	4.05	4.06
4.07	4.08	4.09	4.10	4.11	4.12	4.13
4.14	4.15	4.16	4.17	4.18	4.19	4.20
4.21	4.22	4.23	4.24	4.25	4.26	4.27
4.28	4.29	4.30	4.31	4.32	4.33	4.34
4.35	4.36	4.37	4.38	4.39	4.40	4.41
4.42	4.43	4.44	4.45	4.46	4.47	4.48
4.49	4.50	4.51	4.52	4.53	4.54	4.55
4.56	4.57	4.58	4.59	4.60	4.61	4.62
4.63	4.64	4.65	4.66	4.67	4.68	4.69
4.70	4.71	4.72	4.73	4.74	4.75	4.76
4.77	4.78	4.79	4.80	4.81	4.82	4.83
4.84	4.85	4.86	4.87	4.88	4.89	4.90
4.91	4.92	4.93	4.94	4.95	4.96	4.97
4.98	4.99	5.00	5.01	5.02	5.03	5.04
5.05	5.06	5.07	5.08	5.09	5.10	5.11
5.12	5.13	5.14	5.15	5.16	5.17	5.18
5.19	5.20	5.21	5.22	5.23	5.24	5.25
5.26	5.27	5.28	5.29	5.30	5.31	5.32
5.33	5.34	5.35	5.36	5.37	5.38	5.39
5.40	5.41	5.42	5.43	5.44	5.45	5.46
5.47	5.48	5.49	5.50	5.51	5.52	5.53
5.54	5.55	5.56	5.57	5.58	5.59	5.60
5.61	5.62	5.63	5.64	5.65	5.66	5.67
5.68	5.69	5.70	5.71	5.72	5.73	5.74
5.75	5.76	5.77	5.78	5.79	5.80	5.81
5.82	5.83	5.84	5.85	5.86	5.87	5.88
5.89	5.90	5.91	5.92	5.93	5.94	5.95
5.96	5.97	5.98	5.99	6.00	6.01	6.02
6.03	6.04	6.05	6.06	6.07	6.08	6.09
6.10	6.11	6.12	6.13	6.14	6.15	6.16
6.17	6.18	6.19	6.20	6.21	6.22	6.23
6.24	6.25	6.26	6.27	6.28	6.29	6.30
6.31	6.32	6.33	6.34	6.35	6.36	6.37
6.38	6.39	6.40	6.41	6.42	6.43	6.44
6.45	6.46	6.47	6.48	6.49	6.50	6.51
6.52	6.53	6.54	6.55	6.56	6.57	6.58
6.59	6.60	6.61	6.62	6.63	6.64	6.65
6.66	6.67	6.68	6.69	6.70	6.71	6.72
6.73	6.74	6.75	6.76	6.77	6.78	6.79
6.80	6.81	6.82	6.83	6.84	6.85	6.86
6.87	6.88	6.89	6.90	6.91	6.92	6.93
6.94	6.95	6.96	6.97	6.98	6.99	7.00
7.01	7.02	7.03	7.04	7.05	7.06	7.07
7.08	7.09	7.10	7.11	7.12	7.13	7.14
7.15	7.16	7.17	7.18	7.19	7.20	7.21
7.22	7.23	7.24	7.25	7.26	7.27	7.28
7.29	7.30	7.31	7.32	7.33	7.34	7.35
7.36	7.37	7.38	7.39	7.40	7.41	7.42
7.43	7.44	7.45	7.46	7.47	7.48	7.49
7.50	7.51	7.52	7.53	7.54	7.55	7.56
7.57	7.58	7.59	7.60	7.61	7.62	7.63
7.64	7.65	7.66	7.67	7.68	7.69	7.70
7.71	7.72	7.73	7.74	7.75	7.76	7.77
7.78	7.79	7.80	7.81	7.82	7.83	7.84
7.85	7.86	7.87	7.88	7.89	7.90	7.91
7.92	7.93	7.94	7.95	7.96	7.97	7.98
7.99	8.00	8.01	8.02	8.03	8.04	8.05
8.06	8.07	8.08	8.09	8.10	8.11	8.12
8.13	8.14	8.15	8.16	8.17	8.18	8.19
8.20	8.21	8.22	8.23	8.24	8.25	8.26
8.27	8.28	8.29	8.30	8.31	8.32	8.33
8.34	8.35	8.36	8.37	8.38	8.39	8.40
8.41	8.42	8.43	8.44	8.45	8.46	8.47
8.48	8.49	8.50	8.51	8.52	8.53	8.54
8.55	8.56	8.57	8.58	8.59	8.60	8.61
8.62	8.63	8.64	8.65	8.66	8.67	8.68
8.69	8.70	8.71	8.72	8.73	8.74	8.75
8.76	8.77	8.78	8.79	8.80	8.81	8.82
8.83	8.84	8.85	8.86	8.87	8.88	8.89
8.90	8.91	8.92	8.93	8.94	8.95	8.96
8.97	8.98	8.99	9.00	9.01	9.02	9.03
9.04	9.05	9.06	9.07	9.08	9.09	9.10
9.11	9.12	9.13	9.14	9.15	9.16	9.17
9.18	9.19	9.20	9.21	9.22	9.23	9.24
9.25	9.26	9.27	9.28	9.29	9.30	9.31
9.32	9.33	9.34	9.35	9.36	9.37	9.38
9.39	9.40	9.41	9.42	9.43	9.44	9.45
9.46	9.47	9.48	9.49	9.50	9.51	9.52
9.53	9.54	9.55	9.56	9.57	9.58	9.59
9.60	9.61	9.62	9.63	9.64	9.65	9.66
9.67	9.68	9.69	9.70	9.71	9.72	9.73
9.74	9.75	9.76	9.77	9.78	9.79	9.80
9.81	9.82	9.83	9.84	9.85	9.86	9.87
9.88	9.89	9.90	9.91	9.92	9.93	9.94
9.95	9.96	9.97	9.98	9.99	10.00	10.01
10.02	10.03	10.04	10.05	10.06	10.07	10.08
10.09	10.10	10.11	10.12	10.13	10.14	10.15
10.16	10.17	10.18	10.19	10.20	10.21	10.22
10.23	10.24	10.25	10.26	10.27	10.28	10.29
10.30	10.31	10.32	10.33	10.34	10.35	10.36
10.37	10.38	10.39	10.40	10.41	10.42	10.43
10.44	10.45	10.46	10.47	10.48	10.49	10.50
10.51	10.52	10.53	10.54	10.55	10.56	10.57
10.58	10.59	10.60	10.61	10.62	10.63	10.64
10.65	10.66	10.67	10.68	10.69	10.70	10.71
10.72	10.73	10.74	10.75	10.76	10.77	10.78
10.79	10.80	10.81	10.82	10.83	10.84	10.85
10.86	10.87	10.88	10.89	10.90	10.91	10.92
10.93	10.94	10.95	10.96	10.97	10.98	10.99
11.00	11.01	11.02	11.03	11.04	11.05	11.06
11.07	11.08	11.09	11.10	11.11	11.12	11.13
11.14	11.15	11.16	11.17	11.18	11.19	11.20
11.21	11.22	11.23	11.24	11.25	11.26	11.27
11.28	11.29	11.30	11.31	11.32	11.33	11.34
11.35	11.36	11.37	11.38	11.39	11.40	11.41
11.42	11.43	11.44	11.45	11.46	11.47	11.48
11.49	11.50	11.51	11.52	11.53	11.54	11.55
11.56	11.57	11.58	11.59	11.60	11.61	11.62
11.63	11.64	11.65	11.66	11.67	11.68	11.69
11.70	11.71	11.72	11.73	11.74	11.75	11.76
11.77	11.78	11.79	11.80	11.81	11.82	11.83
11.84	11.85	11.86	11.87	11.88	11.89	11.90
11.91	11.92	11.93	11.94	11.95	11.96	11.97
11.98	11.99	12.00	12.01	12.02	12.03	12.04
12.05	12.06	12.07	12.08	12.09	12.10	12.11
12.12	12.13	12.14	12.15	12.16	12.17	12.18
12.19	12.20	12.21	12.22	12.23	12.24	12.25
12.26	12.27	12.28	12.29	12.30	12.31	12.32
12.33	12.34	12.35	12.36	12.37	12.38	12.39
12.40	12.41	12.42	12.43	12.44	12.45	12.46
12.47	12.48	12.49	12.50	12.51	12.52	12.53
12.54	12.55	12.56	12.57	12.58	12.59	12.60
12.61	12.62	12.63	12.64	12.65	12.66	12.67
12.68	12.69	12.70	12.71	12.72	12.73	12.74
12.75	12.76	12.77	12.78	12.79	12.80	12.81
12.82	12.83	12.84	12.85	12.86	12.87	12.88
12.89	12.90	12.91	12.92	12.93	12.94	12.95
12.96	12.97	12.98	12.99	13.00	13.01	13.02
13.03	13.04	13.05	13.06	13.07	13.08	13.09
13.10	13.11	13.12	13.13	13.14	13.15	13.16
13.17	13.18	13.19	13.20	13.21	13.22	13.23
13.24	13.25	13.26	13.27	13.28	13.29	13.30
13.31	13.32	13.33	13.34	13.35	13.36	13.37
13.38	13.39	13.40	13.41	13.42	13.43	13.44
13.45	13.46	13.47	13.48	13.49	13.50	13.51
13.52	13.53	13.54	13.55	13.56	13.57	13.58
13.59	13.60	13.61	13.62	13.63	13.64	13.65
13.66	13.67	13.68	13.69	13.70	13.71	13.72
13.73	13.74	13.75	13.76	13.77	13.78	13.79
13.80	13.81	13.82	13.83	13.84	13.85	13.86
13.87	13.88	13.89	13.90	13.91	13.92	13.93
13.94	13.95	13.96	13.97	13.98	13.99	14.00
14.01	14.02	14.03	14.04	14.05	14.06	14.07
14.08	14.09	14.10	14.11	14.12	14.13	14.14
14.15	14.16	14.17	14.18	14.19	14.20	14.21
14.22	14.23	14.24	14.25	14.26	14.27	14.28
14.29	14.30	14.31	14.32	14.33	14.34	14.35
14.36	14.37	14.38	14.39	14.40	14.41	14.42
14.43	14.44	14.45	14.46	14.47	14.48	14.49
14.50	14.51	14.52	14.53	14.54	14.55	14.56
14.57	14.58	14.59	14.60	14.61	14.62	14.63
14.64	14.65	14.66	14.67	14.68	14.69	14.70
14.71	14.72	14.73	14.7			

II - COMPARAÇÃO DE ENTRADA E SAÍDA DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (°C)	1	2	3	4	5	6	7	8
TPI	11,100	10,800	10,450	10,070	9,730	9,340	9,080	
TPI A	2,218	2,404	2,593	2,739	2,883	3,016	3,145	
TPI A	2,218	2,404	2,593	2,739	2,883	3,016	3,145	
DEBUSA	273,17	265,88	257,32	248,00	239,63	229,98	223,05	
TEMP. CORRIGIDA	271,10	263,87	255,37	246,13	237,62	228,25	221,36	
AGUA	54,26	58,54	62,86	66,18	69,43	72,42	75,31	
TEMP. DEBUSA								

ENTRE TERMOPARES E PLACAS DE ENTRADA E SAÍDA DO VENTURI

III - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

ENTRADA	1	2	3	4	5	6
MISTURA	0,300	0,350	0,380	0,340	0,290	0,280
ÁGUA	0,186	0,189	0,146	0,134	0,133	0,119

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (E) AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	G.L.P.	AR	1	2	3	4	5	6
	PLACA DE ORIFÍCIO	VENTURI	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA	CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (cmH ₂ O)	5,0	36	1,5	1,1	1,1	0,9	0,7	0,7
PRESSÃO ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	35 mmHg	54 cmH ₂ O	0,994	0,996	0,996	0,997	0,999	0,997

VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRESPONDENTE A 8,9 m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (°C)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM	11,100	10,800	10,450	10,070	9,730	9,340	9,080
TPI (mV)							
ÁGUA - FEM	2,218	2,404	2,593	2,739	2,883	3,016	3,145
TPI A (mV)							
MISTURA DEBUSA	273,17	265,88	257,32	248,00	239,63	229,98	223,05
TEMPERATURA °C							
MISTURA °C	271,10	263,87	255,37	246,13	237,62	228,25	221,36
TEMP. CORRIGIDA							
ÁGUA °C	54,26	58,54	62,86	66,18	69,43	72,42	75,31
TEMP. DEBUSA							

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SEÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	211	199	186	174	162	151
Q (W)	1547	1562	1201	1177	1083	1047
R ₀	2955	3169	3341	3505	3665	3803
HO ₀ (W/m ² °C)	1024	1063	1093	1122	1149	1172
HI (W/m ² °C)	38,6	39,2	32,0	33,5	33,1	34,4
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 56,40°C	60,70	64,52	67,81	70,93	73,87
	C = 4184	4185	4188	4190	4192	4194
	μ = 4,963 × 10 ⁻⁴	4,629 × 10 ⁻⁴	4,391 × 10 ⁻⁴	4,185 × 10 ⁻⁴	4,002 × 10 ⁻⁴	3,857 × 10 ⁻⁴
	k = 0,649	0,654	0,657	0,660	0,663	0,665
UNIDADES S.I	p = 985	983	981	979	977	975

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HO - 2ª CAMISA

	SEIDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1018	907	1063	920	1056
HI	39,3	39,5	39,3	39,5	39,2

	1	2	3	4	5	6
ESTER A [...]	0,175	0,175	0,180	0,180	0,150	0,150
ESTER B [...]	0,176	0,176	0,178	0,178	0,175	0,175

	B L P	AR	1º	2º	3º	4º	5º	6º
	PLACA DE CRIFÍCIO	VENTURI	CANISA	LA ISA	CANISA	CANISA	CANISA	CANISA
VELOCIDADE DE FLUXO (mH ₂ O)	7,0	74	6,2	3,8	2,2	2,2	2,2	2,2
PERDA ESTÁTICA (MANOMÉTRICA)	56 mmHg	93 cmH ₂ O	£0,075	£0,085	£0,091	£0,091	£0,091	£0,091

VELOCIDADE DA FASE GÁSICA CORRESPONDENTE =
12,5m/s NO TUBO NA SEÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM TPI (mV)	8,790	8,685	8,550	8,420	8,280	8,130	7,990
AGUA - FEM TPIA (mV)	2,366	2,542	2,731	2,879	3,024	3,160	3,295
MISTURA DEGUSSA TEMPERATURA °C	216,33	213,70	210,33	207,10	203,60	199,83	196,33
MISTURA °C TEMP CORRIGIDA	214,71	212,10	208,76	205,55	202,08	198,34	194,87
AGUA °C TEMP DEGUSSA	57,67	61,70	66,00	69,34	72,60	75,64	78,63

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	154	147	139	133	126	119
Q (W)	1592	1670	1321	1290	1204	1184
Re _c	3411	3616	3821	4007	4169	4337
h ₀ (W/m ² ·°C)	1132	1167	1203	1234	1260	1287
h _i (W/m ² ·°C)	52,2	58,7	47,5	48,7	47,8	49,6
PROPIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	T = 59,69°C	63,85	67,87	70,97	74,12	77,14
	C = 4185	4187	4190	4192	4194	4196
	$\mu = 4,698 \times 10^{-4}$	$4,432 \times 10^{-4}$	$4,194 \times 10^{-4}$	$4,000 \times 10^{-4}$	$3,844 \times 10^{-4}$	$3,695 \times 10^{-4}$
	K = 0,653	0,656	0,660	0,663	0,665	0,668
UNIDADES SI	$\rho = 983$	981	979	977	975	974

	SIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEBAND
HO	1117	990	1167	1010	1159
HI	58,8	59,2	58,7	59,2	58.8

	1	2	3	4	5	6
TEMPERATURA (°C)	10,420	10,220	9,960	9,630	9,340	8,980
TEMPERATURA (°C)	2,380	2,577	2,796	2,964	3,134	3,287
TEMPERATURA (°C)	256,59	251,68	245,29	237,15	229,96	221,05
TEMPERATURA (°C)	254,65	249,78	243,44	235,36	226,25	219,39
TEMPERATURA (°C)	58,00	62,50	67,52	71,25	75,07	78,46

IV - MEDIDAS DE PRESSÃO E DETERMINAÇÃO DAS POROSIDADES (1) AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	GLP PLACA DE ORIFÍCIO	AR	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DIFERENÇA DE PRESSÃO (mmHg)	7,0	14	2,7	2,0	1,4	1,4	1,4	1,4
VELOCIDADE DE FASE GASOSA (m/s)	45	80	0,991	0,992	0,994	0,995	0,996	0,997
VELOCIDADE DA FASE GASOSA CORRETORES = 12,8 m/s NO TUBO NA SECÇÃO DE TESTE								

V - TEMPERATURAS CORRESPONDENTES OBTIDAS NOS DIVERSOS PONTOS DA SECÇÃO DE TESTE

TERMOPAR (1)	2	3	4	5	6	7	8
MISTURA - FEM TPI (mV)	10,420	10,220	9,960	9,630	9,340	8,980	8,740
ÁGUA - FEM TPI A (mV)	2,380	2,577	2,796	2,964	3,134	3,287	3,437
MISTURA DEBUSSA TEMPERATURA °C	256,59	251,68	245,29	237,15	229,96	221,05	215,08
MISTURA °C TEMP CORREGIDA	254,65	249,78	243,44	235,36	226,25	219,39	213,47
ÁGUA °C TEMP DEBUSSA	58,00	62,50	67,52	71,25	75,07	78,46	81,78

VI - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DA SECÇÃO DE TESTE

	1ª CAMISA	2ª CAMISA	3ª CAMISA	4ª CAMISA	5ª CAMISA	6ª CAMISA
DMLT (°C)	192	182	170	159	147	136
Q (W)	1727	1928	1433	1469	1304	1278
R_{e0}	3343	3571	3810	4000	4193	4387
$HO_0 (W/m^2 \cdot ^\circ C)$	1111	1152	1191	1222	1253	1284
$HI (W/m^2 \cdot ^\circ C)$	45,1	53,6	42,1	46,3	44,3	46,9
PROPRIEDADES DE ÁGUA UTILIZADA NOS CÁLCULOS	$T = 60,25^\circ C$ $C = 4185$ $\mu = 4,657 \times 10^{-4}$ $k = 0,653$ $\rho = 983$	65,01 4186 $4,360 \times 10^{-4}$ 0,658 980	69,39 4190 $4,086 \times 10^{-4}$ 0,661 978	73,16 4193 $3,892 \times 10^{-4}$ 0,664 976	76,77 4196 $3,713 \times 10^{-4}$ 0,667 974	80,12 4198 $3,549 \times 10^{-4}$ 0,670 972
UNIDADES SI						

VII - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR $HO - 2^\circ$ CAMISA

	BIEDER E TATE	KERN	DAVIS	MONRAD	WIEGAND
HO	1102	1009	1152	996	1144
HI	53,7	53,9	53,6	53,9	53,6

ANEXO 3

AVALIÇÃO DO ERRO EXPERIMENTAL NO CÁLCULO DO VALOR DO COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR HI

Os experimentos foram realizados em tubos de aço, aquecidos por óleo mineral e, para as cores vermelha e azul, também por água quente e água fria, respectivamente.

Para a determinação da incerteza no valor do coeficiente de transferência de calor HI seguiu-se o método proposto por Kline e Mc. Clintock, conforme apresentado por R. P. Holman [37]. Para uma maior clareza na discussão, as equações (3), (4) e (5) desta tese são repetidas a seguir:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot (T_s - T_e) \quad (3)$$

$$U_i = \frac{\dot{Q}}{A_i \text{ DMLT}} \quad (4)$$

onde

$$\text{DMLT} = \frac{(T_{m2} - T_s) - (T_{m1} - T_e)}{\ln \left[\frac{T_{m2} - T_s}{T_{m1} - T_e} \right]}$$

$$HI = \left[\frac{1}{U_i} - \frac{A_i \ln (r_e/r_i)}{2\pi K_a L} - \frac{A_i}{A_e} \cdot \frac{1}{h_o} \right]^{-1} \quad (5)$$

Como $A_i = 2\pi r_i L$ e $A_e = 2\pi r_e L$, a equação (5) pode ser reescrita:

$$HI = \left[\frac{1}{U_i} - \frac{A_i \ln (A_e/A_i)}{2\pi K_a L} - \frac{A_i}{A_e} \cdot \frac{1}{h_o} \right]^{-1}$$

As incertezas relativas dos dados dos diâmetros e das profundidades das sinuosidades foram calculadas a seguir:

medidas da temperatura: $\omega_T = 0,1^\circ\text{C}$

medida da massa da água coletada: $\omega_{pe} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

medida do tempo de escoamento da água: $\omega_t = 1 \text{ s}$

medidas da área das superfícies da tampa de aço inox*:

$$\omega_{Ai} = 0,003 \text{ m}^2$$

$$\omega_{Ae} = 0,003 \text{ m}^2$$

medida da condutividade térmica do aço inox utilizado na construção do tubo de teste:

$$\omega_{ka} = 0,2 \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{C}}$$

medida do comprimento do trecho do tubo de teste correspondente a uma camisa d'água:

$$\omega_L = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

A incerteza no valor de HI pode ser estimada através da utilização das equações seguintes:

$$\frac{\omega_{\dot{m}}}{\dot{m}} = \left[\left(\frac{\omega_{pe}}{pe} \right)^2 + \left(\frac{\omega_t}{t} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (13)$$

$$\frac{\omega_{\dot{Q}}}{\dot{Q}} = \left[\left(\frac{\omega_{\dot{m}}}{\dot{m}} \right)^2 + \left(\frac{\omega_{\Delta T}}{\Delta T} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (14)$$

* Valor calculado pelo método de Kline e Mc. Clintack em que as incertezas nas medidas dos diâmetros e do comprimento do tubo foram 1 mm e 5 mm respectivamente.

onde $\dot{m} = \dot{m}_s + \dot{m}_o$

Logo:

$$\frac{\omega_{U_i}}{\dot{U}_i} = \left[\left(\frac{\dot{Q}}{\dot{Q}} \right)^2 + \left(\frac{\dot{A}_1}{\dot{A}_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial HI}{\partial \dot{m}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} HI = & \left[\left(\frac{\partial HI}{\partial \dot{U}_i} \cdot \dot{U}_i \right)^2 + \left(\frac{\partial HI}{\partial \dot{A}_1} \cdot \dot{A}_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial HI}{\partial \dot{m}_s} \cdot \dot{m}_s \right)^2 \right. \\ & \left. + \left(\frac{\partial HI}{\partial L} \cdot \omega_L \right)^2 + \left(\frac{\partial HI}{\partial A_e} \cdot \dot{A}_e \right)^2 + \left(\frac{\partial HI}{\partial \dot{m}_o} \cdot \dot{m}_o \right)^2 \right]^{1/2} \quad (12) \end{aligned}$$

Assim, para o teste experimental nº 14, usando dados para a 2ª camisa d'água tem-se, por exemplo:

Equação (13):

$$\frac{\omega_{\dot{m}}}{0,0877} = \left[\left(\frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{2,992} \right)^2 + \left(\frac{1}{34} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \therefore$$

$$\omega_{\dot{m}} = 2,579 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

Equação (14):

$$\frac{\omega_{\dot{Q}}}{2350} = \left[\left(\frac{0,002579}{0,0877} \right)^2 + \left(\frac{1,41}{6,40} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \therefore$$

$$\omega_{\dot{Q}} = 522 \text{ W} \approx 22\% \dot{Q}$$

Equação (15):

$$\frac{\omega_{U_i}}{116} = \left[\left(\frac{522}{2350} \right)^2 + \left(\frac{0,003}{0,208} \right)^2 + \left(\frac{1}{97} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \therefore$$

$$U_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{U_i}{\sqrt{2}}$$

Equação (16):

$$\begin{aligned} \frac{\partial HI}{\partial U_i} = & \left[\left(\frac{\partial HI}{\partial U_i} \cdot U_i \right)^2 + \left(\frac{\partial HI}{\partial A_i} \cdot A_i \right)^2 + \left(\frac{\partial HI}{\partial K_a} \cdot K_a \right)^2 + \right. \\ & \left. + \left(\frac{\partial HI}{\partial L} \cdot L \right)^2 + \left(\frac{\partial HI}{\partial A_e} \cdot A_e \right)^2 + \left(\frac{\partial HI}{\partial HO} \cdot HO \right)^2 \right]^{1/2} \end{aligned}$$

Chamando-se

$$G = \frac{1}{HI} \quad \text{resulta:}$$

$$\frac{\partial HI}{\partial U_i} = - \frac{1}{G^2} \cdot \frac{\partial G}{\partial U_i} = \frac{1}{G^2} \cdot \frac{1}{U_i^2} ;$$

$$\frac{\partial HI}{\partial A_i} = - \frac{1}{G^2} \cdot \left[\frac{\ln A_i - \ln A_e + 1}{2\pi K_a L} + \frac{1}{A_e HO} \right] ;$$

$$\frac{\partial HI}{\partial K_a} = - \frac{1}{G^2} \cdot \left[\frac{A_i \ln (A_e/A_i)}{2\pi L K_a^2} \right] ;$$

$$\frac{\partial HI}{\partial A_e} = + \frac{1}{G^2} \cdot \left[\frac{A_i/A_e}{2\pi K_a L} + \frac{A_i}{HO A_e^2} \right] ;$$

$$\frac{\partial HI}{\partial L} = - \frac{1}{G^2} \cdot \left[\frac{A_i \ln (A_e/A_i)}{2\pi K_a L^2} \right] e$$

$$\frac{\partial HI}{\partial \theta} = \frac{1}{\theta^2} \left[\frac{\partial HI}{\partial \theta} \cdot \frac{1}{\theta^2} \right]$$

onde:

$$\frac{\partial HI}{\partial \theta} = \frac{\partial HI}{\partial \theta} \cdot \frac{\partial \theta}{\partial \theta} = \frac{\partial HI}{\partial \theta} \cdot 1 = \frac{\partial HI}{\partial \theta}$$

$$G = 7,6 \cdot 10^{-3} \frac{m^2}{W} \cdot \frac{^\circ C}{m^2}$$

onde:

$$\frac{\partial HI}{\partial U_i} = -1,286$$

$$\frac{\partial HI}{\partial A_i} = -247$$

$$\frac{\partial HI}{\partial K_e} = -9,69 \cdot 10^{-2}$$

$$\frac{\partial HI}{\partial A_e} = 244$$

$$\frac{\partial HI}{\partial L} = -1,74$$

$$\frac{\partial HI}{\partial H_0} = 1,398 \cdot 10^{-2}$$

e, finalmente:

$$\begin{aligned} \omega_{HI} &= \left[(1,286 \cdot 26)^2 + (247 \cdot 0,003)^2 + (9,69 \cdot 10^{-2} \cdot 0,2)^2 + \right. \\ &\quad \left. + (1,74 \cdot 5 \cdot 10^{-3})^2 + (244 \cdot 0,003)^2 + (1,398 \cdot 10^{-2} \cdot 163)^2 \right]^{1/2} \\ &= 33 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \approx 26\% HI \end{aligned}$$

Como se pode observar, o erro experimental associado à determinação da incerteza da U_1 é o associado a U_1 . Por sua vez, verifica-se que o erro de maior importância na determinação da incerteza de U_1 é o associado a $\dot{Q}_0$, na determinação da incerteza de $\dot{Q}$, o tempo de calor t_p e a temperatura ambiente e a incerteza da temperatura de $\dot{Q}_0$ e $\dot{Q}$.

Verificações realizadas com resultados de outros trabalhos realizados no Laboratório de Física da UFPA e da UFPA e da UFPA.

Deve-se ressaltar, no entanto, que a magnitude da incerteza relatada se refere sempre ao pior caso, o que não implica que haja realmente ocorrido um erro. Um erro experimental é um erro experimental. Se o experimentador souber a priori onde está o erro ele o teria corrigido e não haveria mais o erro. A tarefa cumprida neste Anexo foi a de determinar apenas e tão somente quão incerta uma determinada observação pode ter sido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. REE, "Fluidized Bed Processing", Chemical Engineering Progress, Vol. 67, No 2, February, 1971.
- [2] JOHN R. GRACE, "Fluidization", Handbook of Multi-Phase Systems, Edited by G. Hetsch, McGraw Hill, 1984.
- [3] F.A. ZAKS e D.F. OTTNER, "Fluidization and Fluid Particles Systems", Reinhold Publishing Corp., New York, 1960.
- [4] J. YERUSHALMI e A. AVIDAN, "High-Velocity Fluidization", Fluidization, Edited by Harrison and Davidson - Academic Press, London, 1985.
- [5] Y. YOUSFI e G. GAU, "Aerodynamique de L'ecoulement Vertical de Suspensions Concentrees Gas-Solides I Regimes d'ecoulement et Stabilité Aerodynamique", Chemical Engineering Science, Vol. 29, 1974.
- [6] J. YERUSHALMI e N.T. CANKURT, "Further Studies of the Regimes of Fluidization", Powder Technology, Vol. 24, 1979.
- [7] K.D. KIANG, K.T. LIU, H. NACH e J.H. OXLEY, "Heat Transfer in Fast Fluidized Beds", Fluidization Technology, Vol. 2, 1976.
- [8] H. KOBRO e C. BRERETON, "Control and Fuel Flexibility of Circulating Fluidized Beds", Proc. 1st Intern. Conf. Circulating Fluidized Beds, Halifax, Nov. 1985.
- [9] L. STROMBERG, "Experiences of Coal Combustion in a Fast Fluidized Bed", Archivum Combustionis, Vol. 1, 1981.

- [10] E.D. FRILEY, Y.Y. LUK, W.H. HSING e A. SOLOMONSON, "Heat Transfer Coefficient in Circulating Bed Reactor", A.S.M.E. Paper 83-HT-92, Seattle, 1983.
- [11] D. SUBBARAO e P. RAJU, "Heat Transfer in Circulating Fluidized Beds", Proc. 1st Intern. Conf. Circulating Fluidized Beds, Halifax, Nov. 1985.
- [12] Y. LI, B. CHEN, F. WANG e M. KWAK, "Bed Fluidization", International Chemical Engineering, Vol. 21, October, 1981.
- [13] Y. YOUSFI e G. GAU, "Aerodynamique de L'écoulement Vertical de Suspensions Concentrees Gas-Solide - II Chute de Pression et Vitesse Relative Gas-Solide", Chemical Engineering Science, Vol. 29, 1974.
- [14] W.P.M. VAN SWAAIJ, C. BUURMAN e J.W. VAN BREUGEL, "Shear Stresses on the wall of a Dense Gas-Solids Riser", Chemical Engineering Science, Vol. 25, 1970.
- [15] D. KUNII e O. LEVENSPIEL, "Fluidization Engineering", John Wiley & Sons, Inc., 1969.
- [16] JOHN R. GRACE, "Heat Transfer in Circulating Fluidized Beds", Proc. 1st Intern. Conf. Circulating Fluidized Beds, Halifax, Nov. 1985.
- [17] H.S. MIKLEY e C.A. TRILLING, "Heat Transfer Characteristics of Fluidized Beds", Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 41, 1949.
- [18] H. WEINSTEIN, M. SHAO e L. WASSERZUG, "Radial Solid Density Variation in a Fast Fluidized Bed", AIChE Symposium Series, Vol. 80, 1984.
- [19] J.M. MATSEN, "Mechanisms of Choking and Entrainment", Powder Technology, Vol. 32, 1982.
- [20] G. CHRYSOSTOME, M. MARCELLIN, Y. MOLODTSOF e J.F.

- LARSEN, "Convection and Heat Recovery", A.S.M.E. Verlag Publishing, pp. 146-159, 1944.
- [21] B.S. PETERSEN e T.D. PENDER, "Measuring Temperature in a Flowing Gas Cell with a Thermocouple", AIChE Journal, Vol. 30, July 1984.
- [22] J. YERUSHALMI, G.H. TURNER e A. SQUILABS, "The Tube Array and Flow", Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., Vol. 15, 1976.
- [23] W.E. GENETTI e J.G. KNUDSEN, Instn. Chem. Engrs. Symp. Ser., No 30, p. 147-162, 1968.
- [24] D.A.M. FERNANDES, J.D. PAGLIUSO, L. GOLDSTEIN e G. LOMBARDI, "Injetores Tipo Torre com Orifícios Tubulares", VIII COBEM, S.J. Campos, SP, Dez., 1985.
- [25] J.P. HOLMAN, "Heat Transfer", McGraw-Hill, Inc., 1981.
- [26] W.H. Mc ADAMS, "Heat Transmission", McGraw-Hill Book Company, 3rd edition, 1954.
- [27] U.K. STEAM TABLES in S.I. Units 1970, Edward Arnold (Publishers) Ltd., London.
- [28] E.N. SIEDER e G.E. TATE, "Heat Transfer and Pressure Drop of Liquids in Tubes", Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 28, No 12, 1936.
- [29] D.Q. KERN, "Process Heat Transfer", McGraw-Hill Book Company, Inc., 1950.
- [30] E.S. DAVIS, "Heat Transfer and Pressure Drop in Annuli", Transactions of the A.S.M.E., October, 1943.
- [31] C.C. MONRAD e J.P. PELTON, American Institute of Chemical Engineers, Boston meeting, May, 1942.

- [32] J.H. WIEGAND, Trans. Am. Inst. Chem. Engrs., Vol. 41, 1945.
- [33] M. MOHSENI, "Dynamic Pressure Measurements in a Circulating Fluidized Bed", M.A. Sc. Thesis, Technical University of Nova Scotia, 1986.
- [34] W.C. YANG, "Estimating the Solid Particle Velocity in Vertical Pneumatic Conveying Lines", Ind. Eng. Chem. Fundam., Vol. 12, 1973.
- [35] G. JEPSON, A. POLL e W. SMITH, "Heat Transfer From Gas to Wall in a Gas/Solids Transport Line", Instn. Chem. Engrs., Vol. 41, 1963.
- [36] R.G. BOOTHROYD e H. HAQUE, "Fully Developed Heat Transfer to a Gaseous Suspension of Particles Flowing Turbulently in Ducts of Different Size", Journal Mechanical Engineering Science, Vol. 12, 1970.
- [37] J.P. HOLMAN, "Experimental Methods for Engineers", McGraw-Hill Book Company, 1971.
- [38] D.T. OLIVEIRA, "Transferência de Calor Mistura - Parede em Leitos Fluidizados Recirculantes", Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 1986.