

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**  
**SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**MEDIDAS DE PERMEABILIDADE E DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA  
EFETIVA EM ISOLAMENTOS TÉRMICOS TIPO FIBRA**

**Edson Kassar**

**Dissertação apresentada ao Instituto de  
Pesquisas Energéticas e Nucleares como  
parte dos requisitos para a obtenção do  
grau de "Mestre - Área de reatores  
Nucleares de Potência e Tecnologia do  
Combustível Nuclear".**

**Orientador: Ahmet Aydin Konuk**

**São Paulo  
1982**

## Errata

<u>Página</u>	<u>Linha</u>	<u>Onde se lê</u>	<u>Lê-se</u>
1	9	isto é, feito	isto é feito
3	20,23,30	modelo	modelo <sup>(19)</sup>
4	14,22	modelo	modelo <sup>(19)</sup>
6	14	existe temperaturas	existe diferenças de temperatura
8	10	nível pressão	pressão
8	12	trandutores	transdutores
8	25	frequencia	frequencia <sup>(18)</sup>
9	1	munitorado	monitorado
9	1	oxilador	oscilador
14	17	perde	perda
15	3	Kqf/cm	Kgf/cm <sup>2</sup>
15	28	cm Hq	cm Hg
15	23	m/h	m <sup>3</sup> /h
15	27	cm Hq	cm Hg
15	30	64 Kbits	64 Kbytes
19	13	munitoraçãõ	monitoraçãõ
24	11	variações	variação
24	23	Kqf/cm	Kgf/cm <sup>2</sup>
25	39	(14,17)	(14,16)
26	9	(17)	(14,16)
26	19	Kqf/cm	Kgf/cm <sup>2</sup>
45	31	w/sm	Kg/sm
58	34	w/mk	Kg/sm
24	4ºparagrafo	;	,
		°K	K

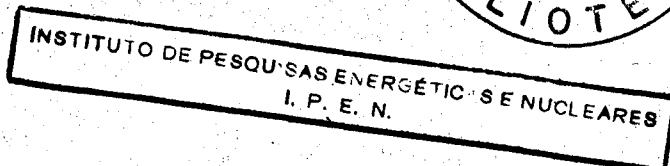
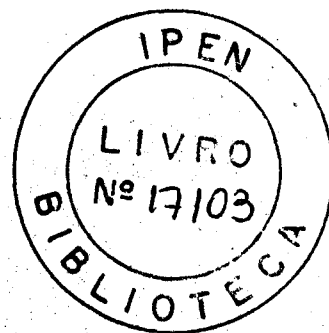
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

MEDIDAS DE PERMEABILIDADE E DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA  
EFETIVA EM ISOLAMENTOS TÉRMICOS TIPO FIBRA

Edson Kassar

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares como parte dos requisitos para a obtenção do grau de "Mestre - Área de Reatores Nucleares de Potência e Tecnologia do Combustível Nuclear".

Orientador: Ahmet Aydin Konuk



SÃO PAULO

1982

INSTITUTO DE PESQUISA ENERGÉTICA E NUCLEARES  
I. P. E. N.

*A meus pais*

*Jorge Kassar*

*Neide Castrillon Kassar*

#### AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Ahmet Aydin Konuk pela sua orientação e dedicação.
- Ao Dr. José Antonio Dias Diegues, Gerente do Centro de Engenharia Nuclear do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, pelas suas sugestões e apoio.
- Ao IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares pelo fornecimento das instalações e pelo suporte financeiro.
- A todos os meus amigos do Centro de Engenharia Nuclear, ao José Carlos de Almeida e Arivaldo Vicente Gomes pela colaboração na montagem do arranjo experimental e ao Gerson Antonio Rubin pela confecção do "software" utilizado no PDP-11.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
I. P. E. N.

## RESUMO

### MEDIDAS DE PERMEABILIDADE E DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA EM ISOLAMENTOS TÉRMICOS DO TIPO FIBRA

AUTOR: EDSON KASSAR

Foram determinadas, experimentalmente, a permeabilidade e a condutividade térmica efetiva do *Kaowool*, nome comercial para um tipo de fibra cerâmica a ser utilizado no isolamento interno dos dutos e no vaso de pressão de reatores nucleares refrigerados a gás (HTGR).

A permeabilidade permite o cálculo do número de *Rayleigh* para estimar o número de *Nusselt* do isolamento em presença da convecção natural.

A permeabilidade foi determinada através de medidas de perda de carga *versus* velocidade numa secção de teste cilíndrica com escoamento axial do gás, utilizando ar nas pressões de 1 a 30,5 Kg/cm<sup>2</sup> a temperatura ambiente.

A densidade de compactação do isolamento foi de 137 Kg/m<sup>3</sup>.

Admitindo um modelo simplificado de escoamento em fibras, a permeabilidade foi correlacionada com a densidade do isolamento para permitir uma avaliação rápida do desempenho do isolamento em presença eventual da convecção natural.

A condutividade térmica efetiva foi medida através de diferenças de temperatura e fluxo de calor radiais na mesma secção de teste cilíndrica, utilizando-se novamente ar dentro do isolamento.

Foi utilizada a pressão atmosférica para impedir a convecção natural a fim de calcular a contribuição das fibras na condutividade térmica efetiva.

oooooooooooooooooooo

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
I. P. E. N.

## ABSTRACT

### EXPERIMENTAL STUDY OF PERMEABILITY AND EFFECTIVE THERMAL CONDUCTIVITY OF FIBROUS INSULATION

AUTHOR: EDSON KASSAR

Experimental values of permeability and effective thermal conductivity of fibrous insulation (*Kaowool*) are obtained.

*Kaowool* will be used as internal thermal insulation for the high temperature gas ducts and pressure vessel of the high temperature gas reactors (HTGR).

Permeability appears in the *Rayleigh* number used to correlate effective *Nusselt* number of the insulation in presence of natural convection.

Permeability was obtained using pressure drop *versus* velocity data in cylindrical test section with axial gas flow using air from 1 to 30,5 Kgf/cm<sup>2</sup> at room temperature.

The insulation density used was 137 Kg/ m<sup>3</sup>.

Using a simplified model of flow through fibres, permeability was correlated with the insulation density.

Effective thermal conductivity was measured using radial temperature differences and radial heat fluxes, in the same test section as previously mentioned, again using air.

Data were taken at 1 Kgf/cm<sup>2</sup> in order to eliminate natural convection and thus to calculate the contribution of the fibers to the effective thermal conductivity.

oooooooooooooooooooo

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
I. P. E. N.

## NOMENCLATURA

A	:	CONSTANTE GEOMÉTRICA
C <sub>p</sub>	:	CALOR ESPECÍFICO A PRESSÃO CONSTANTE $\left(\frac{j}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}\right)$
d <sub>i</sub>	:	DIÂMETRO INTERNO DO ISOLAMENTO (m)
d <sub>e</sub>	:	DIÂMETRO EXTERNO DO ISOLAMENTO (m)
g	:	ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$
B	:	PERMEABILIDADE (m <sup>2</sup> )
l	:	COMPRIMENTO DO ISOLAMENTO EM QUE EXISTE A PERDA DE CARGA (m)
Nu	:	NÚMERO DE NUSSELT
Q	:	CALOR TRANSFERIDO ATRAVÉS DO ISOLAMENTO (W)
Ra	:	NÚMERO DE RAYLEIGH
T	:	TEMPERATURA MÉDIA DO ISOLAMENTO (°K)
T <sub>f</sub>	:	TEMPERATURA MÉDIA DA PAREDE FRIA (°K)
T <sub>q</sub>	:	TEMPERATURA MÉDIA DA PAREDE QUENTE (°K)
v	:	VELOCIDADE MÉDIA DO GAS DENTRO DO ISOLAMENTO $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$
α	:	COEFICIENTE DE DIFUSIVIDADE TÉRMICA $\left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right)$
β	:	COEFICIENTE TÉRMICO DE EXPANSÃO VOLUMÉTRICA A PRESSÃO CONSTANTE (°K) <sup>-1</sup>
ΔP	:	PERDA DE CARGA NO COMPRIMENTO l $\left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)$
ΔT	:	DIFERENÇA DE TEMPERATURA ENTRE A PAREDE QUENTE E FRIA (°C)
λ <sub>ef</sub>	:	CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA $\left(\frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}\right)$
λ <sub>fibra</sub>	:	CONDUTIVIDADE TÉRMICA DA FIBRA $\left(\frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}\right)$
λ <sub>gás</sub>	:	CONDUTIVIDADE TÉRMICA DO GÁS $\left(\frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}\right)$
μ	:	VISCOSIDADE DINÂMICA $\left(\text{N} \times \frac{\text{s}}{\text{m}^2}\right)$
ν	:	VISCOSIDADE CINEMÁTICA $\left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right)$
ρ	:	DENSIDADE DO GÁS $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$
P	:	PRESSÃO DO GÁS NO VASO DE PRESSÃO $\left(\frac{\text{Kg f}}{\text{cm}^2}\right)$

# ÍNDICE

	PÁGINA
CAPITULO I	
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Justificativa .....	1
1.2 Objetivo .....	4
1.3 O Trabalho Anterior .....	6
1.4 Hipóteses .....	6
CAPÍTULO II	
1. ESCOLHA DOS MÉTODOS .....	7
1.1 Escolha do Método de Medir a Condutividade Térmica Efetiva..	7
1.2 Escolha do Método de Medir Permeabilidade .....	8
CAPITULO III	
1. EQUIPAMENTO EXPERIMENTAL .....	10
1.1 Secção de Teste .....	10
1.2 Instrumentação e Material Utilizado .....	14
1.2.1 Medida de Permeabilidade .....	14
1.2.2 Medida de Condutividade Térmica Efetiva .....	15
2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....	16
2.1 Calibração dos Instrumentos .....	16
2.1.1 Calibração dos Termopares .....	16
2.1.2 Calibração dos Amplificadores Diferenciais .....	16
2.1.3 Calibração do Transdutor de Pressão .....	16
2.1.4 Calibração do Medidor de Pressão Diferencial .....	17
2.2 Medidas de Permeabilidade .....	17
2.3 Medidas de Condutividade Termica Efetiva .....	19
CAPÍTULO IV	
1. RESULTADOS .....	21
2. CONCLUSÕES .....	26
3. O TRABALHO FUTURO .....	26
APÊNDICE A .....	27
APÊNDICE B .....	32
APÊNDICE C .....	82
APÊNDICE D .....	86
BIBLIOGRAFIA .....	107

## ÍNDICE DAS FIGURAS

	PAGINA
1. ISOLAMENTO TÉRMICO INTERNO TIPO FIBRAS ENTRE DUAS PAREDES PARALELAS .....	2
2. CORRELAÇÃO DO NÚMERO DE NUSSELT GLOBAL PARA CILINDRO NA POSIÇÃO HORIZONTAL SEM PAREDES INTERMEDIÁRIAS .....	5
3. ESQUEMA DO EQUIPAMENTO PARA MEDIR CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA.	11
4. ESQUEMA DO EQUIPAMENTO PARA MEDIR PERMEABILIDADE .....	12
5. POSICIONAMENTO DOS TERMOPARES NOS AQUECEDORES .....	13
6. CORRELAÇÃO EXPERIMENTAL DO NÚMERO DE NUSSELT GLOBAL PARA CILINDRO NA POSIÇÃO HORIZONTAL SEM PAREDES INTERMEDIÁRIAS .....	23
7. CONDUTIVIDADE TÉRMICA DA FIBRA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA .....	34
8. PERMEABILIDADE PARA A PRESSÃO DE 1,7 Kgf/cm <sup>2</sup> .....	35
9. PERMEABILIDADE PARA A PRESSÃO DE 4,0 Kgf/cm <sup>2</sup> .....	36
10. PERMEABILIDADE PARA A PRESSÃO DE 5,5 Kgf/cm <sup>2</sup> .....	37
11. PERMEABILIDADE PARA A PRESSÃO DE 30,5 Kgf/cm <sup>2</sup> .....	38
12. DIAGRAMA DE BLOCOS DOS PROGRAMAS LEI e PRIN .....	82
13. DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROGRAMA PRINT .....	83

oooooooooooooooooooooooooooo

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 JUSTIFICATIVA

As condições de temperatura e pressão existentes em reatores nucleares de alta temperatura, refrigerados à gás (HTGR), exigiram novos sistemas de isolamento térmico, desenvolvidos para as paredes do vaso de pressão e em desenvolvimento para os dutos condutores de gas quente<sup>(19)</sup>. Destaca-se por seu custo e eficiência térmica o isolamento com fibras de Kaowool (lã de caolim), usado com sucesso no reator Fort St.Vrain e outros. O isolamento é projetado para proteger as paredes quentes de um reator nuclear das altas temperaturas do gás refrigerante, permitindo que sofram somente a ação das altas pressões.

No caso de dutos condutores de gas quente, isto é, feito por furos existentes, para equalizar a pressão, em uma chapa de aço paralela àquela da parede do tubo, o espaço compreendido entre as duas folhas de metal é preenchido com a fibra e onde são colocadas também paredes intermediárias transversais e longitudinais (Figura 1). As paredes intermediárias transversais ao escoamento do gás, são colocadas para minimizar a convecção forçada proveniente da queda de pressão ao longo do percurso do gás no duto condutor, e as longitudinais para minimizar a convecção natural, proveniente da diferença de temperatura entre as paredes quente e fria. A convecção natural aumenta a transferência de calor através da camada de isolamento fibroso, reduzindo a sua eficiência. A condutividade térmica efetiva das fibras compreende a condutividade térmica por condução através do contato entre as fibras, condução pelo gás refrigerante preso dentro do isolamento e por correntes de convecção que se formarem. A densidade de compactação da fibra influi na condução térmica. As altas densidades de compactação aumentam a resistência ao escoamento e reduzem a convecção natural, no entanto aumentam a condutividade térmica pelo maior contato entre as fibras, diminuindo o efeito isolante.

No caso de convecção, o movimento da massa do gás é iniciado e mantido por forças de empuxo criadas por uma inversão de densidade do gás quando aquecido na parede quente, se expandindo em direção à parede fria onde se resfria. A intensidade da convecção natural é limitada pela resistência à fluência

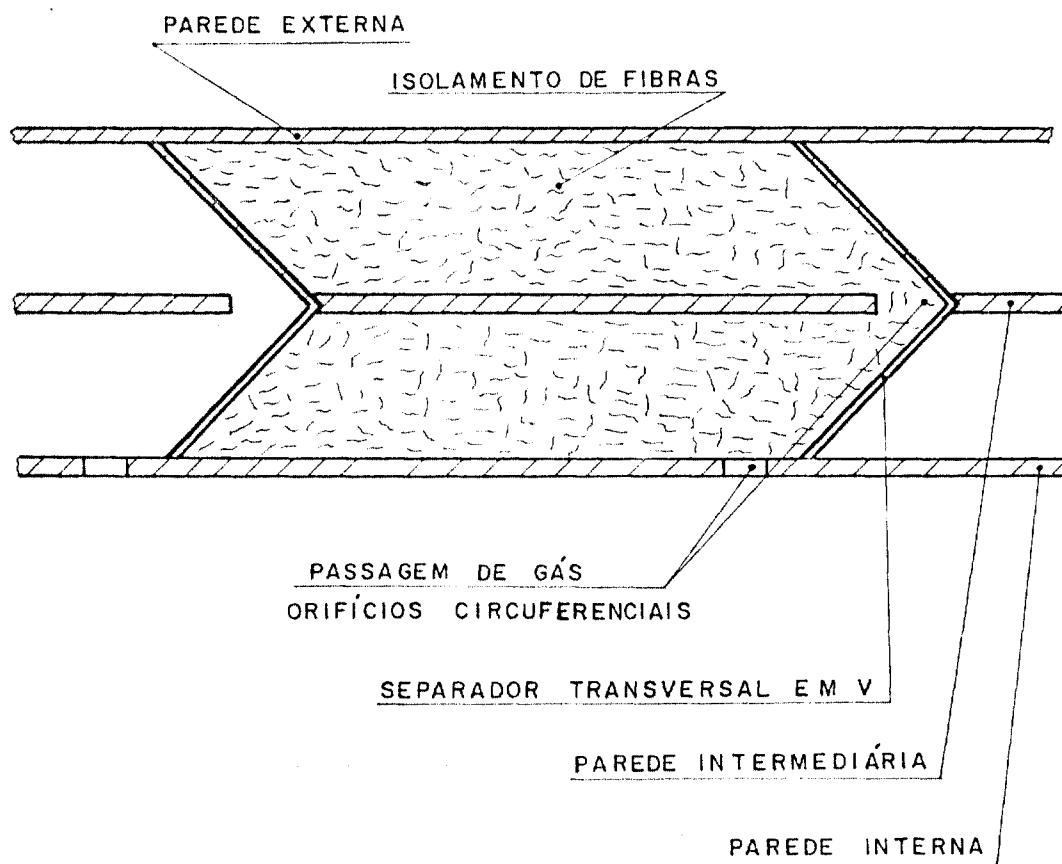


FIGURA 1 - ISOLAMENTO TÉRMICO INTERNO TIPO FIBRAS ENTRE DUAS PAREDES PARALELAS

cia do gás dentro do material. Esta resistência é inversamente proporcional à permeabilidade do isolamento, a qual é definida em termos da lei de *Darcy* para fluxo laminar: a velocidade do gás é proporcional ao gradiente de pressão.

Apesar de numerosos modelos numéricos desenvolvidos, há poucos estudos da convecção natural em um meio poroso limitado por dois cilindros (*Bykov*). Os resultados dos modelos numéricos apresentam distribuições de velocidades e temperaturas e correlações principalmente do número de *Nusselt* com número de *Rayleigh* <sup>(5, 7, 10, 14)</sup>.

*Konuk* <sup>(16)</sup>, propõe correlacionar condutividade térmica do isolamento por fibras com a densidade de compactação da fibra, propriedades da fibra e as propriedades do gás dentro do isolamento. Para isso introduz-se a permeabilidade da fibra isolante no número de *Rayleigh*, procurando um melhor ajuste dos dados. Foi desenvolvido <sup>(19)</sup> no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), São Paulo, um modelo numérico de convecção natural no isolamento térmico tipo fibra, em dutos cilíndricos, condutores de gás a altas pressões e temperaturas, nas posições horizontal e vertical. O modelo desenvolvido permite a avaliação do desempenho do isolamento, variando parâmetros do projeto, tais como: espessura do isolamento, número de paredes intermediárias, espaçamento entre as peças, densidade de compactação e diâmetro da fibra.

As hipóteses utilizadas pelo modelo foram: o calor transmitido através do isolamento é por condução das fibras e do gás e por convecção, desprezando a irradiação; a temperatura local do sólido é a mesma do gás, sendo o gás considerado perfeito para o cálculo da densidade. O modelo fornece correlações do número de *Nusselt* global com o número de *Rayleigh*, distribuição de temperatura e velocidade, bem como a variação do número de *Nusselt* local, permitindo uma avaliação detalhada do isolamento térmico. As equações de conservação de energia e quantidade de movimento e massa foram resolvidas pelo método de diferenças finitas.

As correlações do número de *Nusselt* global com o número de *Rayleigh* nos permite avaliar imediatamente o desempenho do isolamento. No modelo o número de *Nusselt* global é definido como:

$$Nu = \frac{\lambda_{ef}}{\lambda_{gas} + \lambda_{fibra}}$$

onde:  $\lambda_{ef}$  = é a condutividade térmica efetiva da fibra

$\lambda_{\text{gas}}$  - é a condutividade térmica do gás

$\lambda_{\text{fibra}}$  - é a condutividade térmica da fibra.

O número de *Rayleigh* é definido como:

$$Ra = \frac{g d B \beta (T_Q - T_F)}{\alpha \nu}$$

onde:

- B é a permeabilidade da fibra
- $\beta$  é o coeficiente de expansão volumétrica à pressão constante
- $T_Q$  é a temperatura da parede quente
- $T_F$  é a temperatura da parede fria
- g é a aceleração da gravidade
- $\alpha$  é o coeficiente de difusividade térmica
- $\nu$  é a viscosidade cinemática
- d é a espessura do meio poroso

A correlação do número de *Nusselt* global (Nu) versus número de *Rayleigh* (Ra) dividido por um fator geométrico (A), obtida pelo modelo para cilindro na posição horizontal sem paredes intermediárias, é:

$$Nu = 1 \quad \text{para} \quad \frac{Ra}{A} < 10$$

$$Nu = 0,4 \left( \frac{Ra}{A} \right)^{0,5} \quad \text{para} \quad 10 < \frac{Ra}{A} < 200$$

onde:

$$A = \frac{\Pi (d_e + d_i)}{2 (d_e - d_i)}$$

$d_e$  é o diâmetro externo do isolamento

$d_i$  é o diâmetro interno do isolamento

As constantes calculadas pelo método de mínimos quadrados indicaram que o modelo ajusta bem os pontos (Figura 2).

## 1.2 OBJETIVO

Para que a utilização do modelo seja possível, devemos conhecer o valor da permeabilidade e da condutividade térmica efetiva em várias compacta

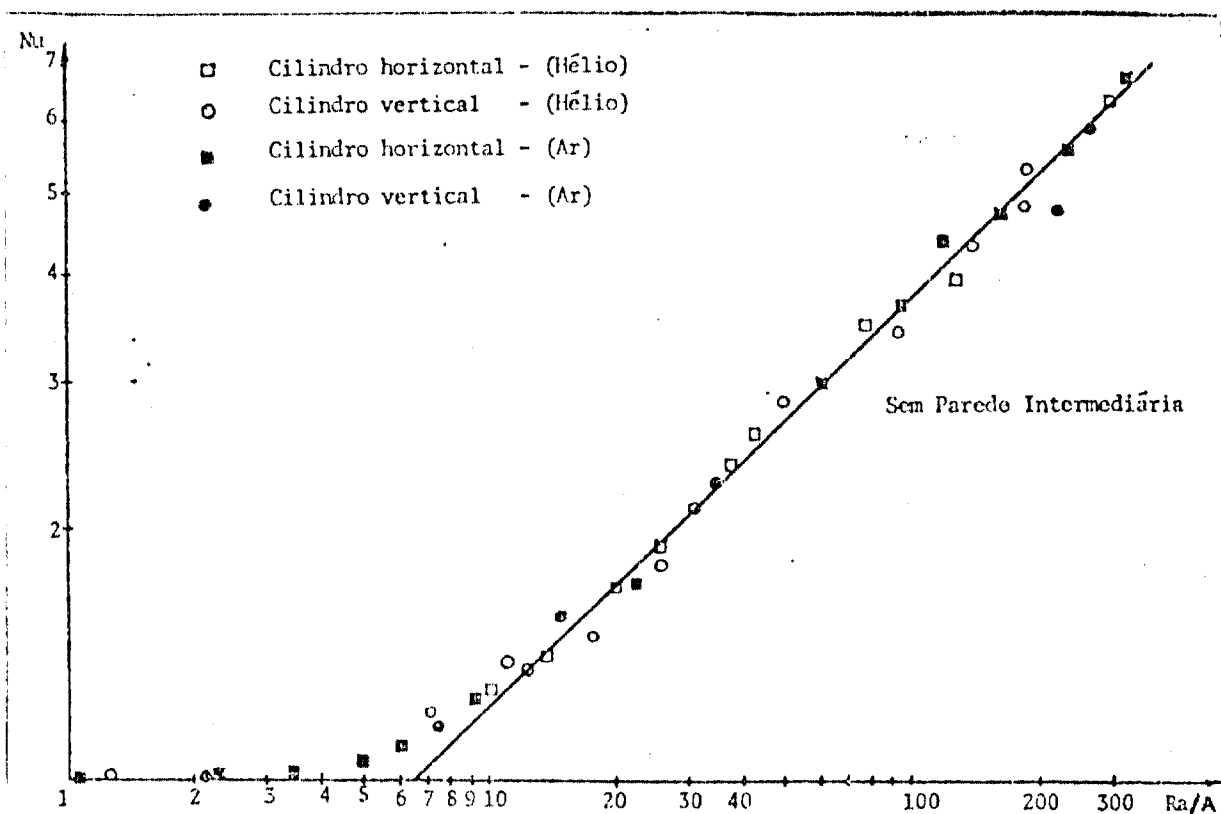


FIGURA 2 - CORRELAÇÃO DO NÚMERO DE NUSSELT GLOBAL PARA CILINDRO NA POSIÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL SEM PAREDES INTERMEDIÁRIAS.

ções da fibra. O objetivo deste trabalho é testar a correlação de *Nusselt* global versus *Rayleigh* do modelo numérico acima descrito, medindo a condutividade térmica efetiva, utilizando fluxo de calor e gradientes de temperaturas radiais e a permeabilidade do isolamento colocado no espaço anular entre dois cilindros concêntricos horizontais. O cilindro interno é um conjunto de dois aquecedores protetores laterais e um aquecedor central, e o cilindro externo é a parede do vaso de pressão (Figura 3 e Figura 4).

### 1.3 TRABALHO ANTERIOR

Foram feitas experiências no IPEN para obter a permeabilidade do Kao wool para compactações de 135, 200, 280 e 400 kg/m<sup>3</sup>, e condutividade térmica efetiva para a compactação de 280 kg/m<sup>3</sup>, utilizando ar e hélio em baixas pressões e potências dissipadas de até 36 watts.<sup>(17)</sup> Foi utilizado o mesmo vaso de pressão utilizado neste trabalho.

### 1.4 HIPÓTESES

O fluxo axial de calor é desprezado em comparação com o fluxo radial quando existe temperaturas menores que 6°C (T = 200°C).

O valor da condutividade térmica da fibra é obtida subtraindo a condutividade térmica do gás da condutividade térmica efetiva para baixos números de *Rayleigh*  $\left(\frac{Ra}{A} < 6\right)$  conforme os resultados do modelo teórico descrito, garantindo a não ocorrência de convecção.

oooooooooooooooooooo  
oooooooooooooooooooo

## CAPÍTULO II

### 1. ESCOLHA DOS MÉTODOS

#### 1.1 ESCOLHA DO METODO DE MEDIR A CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA

Desenvolvendo a formulação, utilizando a Lei de Fourier obtemos para a geometria cilíndrica:

$$Q = \frac{2 \pi \lambda l (T_Q - T_F)}{\ln \left( \frac{d_e}{d_i} \right)} \quad (1)$$

onde:  $Q$  é o fluxo de calor radial total  
 $\lambda$  é a condutividade térmica do meio cilíndrico  
 $d_e$   $d_i$  são respectivamente os diâmetros externo e interno do isolamento  
 $l$  é o comprimento do cilindro

O meio mais simples de medirmos a condutividade térmica efetiva do meio poroso, é assumi-la como constante de maneira a utilizar (1), extrapolando a validade da fórmula para a ocorrência de convecção também, obtemos então

$$\lambda_{ef} = \frac{\ln \left( \frac{d_e}{d_i} \right) Q}{2 \pi l (T_Q - T_F)} \quad (2)$$

A medida da condutividade térmica efetiva depende muito da precisão das medidas de temperaturas. São utilizados termopares para medidas de temperatura. Entre as várias combinações de termo-elementos, o denominado tipo K (NiCr-Ni) é o que mais se adapta ao uso de conversores analógico-digitais, porque sua curva de força eletromotriz versus temperatura é praticamente linear, e sua sensibilidade é uma das maiores, aproximadamente 40  $\mu V/^\circ C$  além de se caracterizar por sua grande estabilidade até 1100 $^\circ C$ .

Como os termopares apresentam tensões elétricas baixas em cada um

dos fios do par termo-elétrico, a mais útil configuração de amplificador é a denominada amplificador diferencial. Apresenta tensões de saída do estágio de amplificação essencialmente proporcional à diferença entre as tensões nos dois terminais de entrada. O amplificador trata-se basicamente de um amplificador operacional para instrumentação 605-K da *Analog-Device*, acrescido de uma fonte  $\pm 15$  V DC. Normalmente são utilizados em aplicações que exigem características ótimas quanto ao efeito da temperatura, linearidade e estabilidade, próprios para usar como *interface* entre fontes de sinais analógicos e o multiplexador (ADF-11) do computador.

## 1.2 ESCOLHA DO MÉTODO DE MEDIR PERMEABILIDADE

Para a medida de permeabilidade é crítica a medida do nível pressão estática do vaso e a medida da queda de pressão com o escoamento do gás dentro do isolamento. Os transdutores de pressão são baseados principalmente nos seguintes métodos de transdução: capacitivo - variação da capacidade de um par de placas fixas de um capacitor com um diafragma equidistante, que sofre deslocamento, com a aplicação da pressão; transformador diferencial - deslocamento do núcleo magnético de um transformador sob ação da pressão, desbalanceando dois enrolamentos secundários simétricos; indutivo - deslocamento sob efeito da pressão de uma armadura de metal entre dois enrolamentos variando por conseguinte a relutância dos mesmos; piezo-eletricidade - tensão mecânica aplicada em cristais assimétricos gera uma corrente elétrica proporcional à pressão aplicada; *strain gage* - variação no comprimento ou na posição de um elemento sensível (extensômetro) causando variação na resistência elétrica que é usada como grandeza termométrica, etc.

O *strain gage* no entanto é mais usado que qualquer tipo de sensor de pressão por apresentar alta precisão e uma boa resposta em frequência. O *strain gage* emprega vários tipos de elementos sensíveis que conseguem uma performance bastante semelhante do que se consegue com sensores que incorporam as últimas tecnologias do estado sólido. No *strain gage* a variação da resistência elétrica é detectada por uma ponte de *Wheatstone* autocompensada, provida de uma escala, que indica o deslocamento do equilíbrio da ponte.

Devido as dificuldades materiais, a medida de perda de carga é feita com um transdutor de uso industrial. O transdutor usa a variação da capacitância de duas placas paralelas com um diafragma no centro, cujo deslocamento sob ação da diferença de pressão acarreta proporcionalmente uma variação na capaci

tância. O sensor é monitorado por um oscilador (32 kHz), a frequência portadora é modulada pela variação na capacitância e acoplada a um retificador (ponte de diodos) e a corrente resultante é proporcional à pressão diferencial. É necessário o uso da onda portadora para diminuir os ruídos eletrônicos.

oooooooooooooooooooo  
oooooooooooooooooooo

## CAPITULO III

### 1. EQUIPAMENTO EXPERIMENTAL

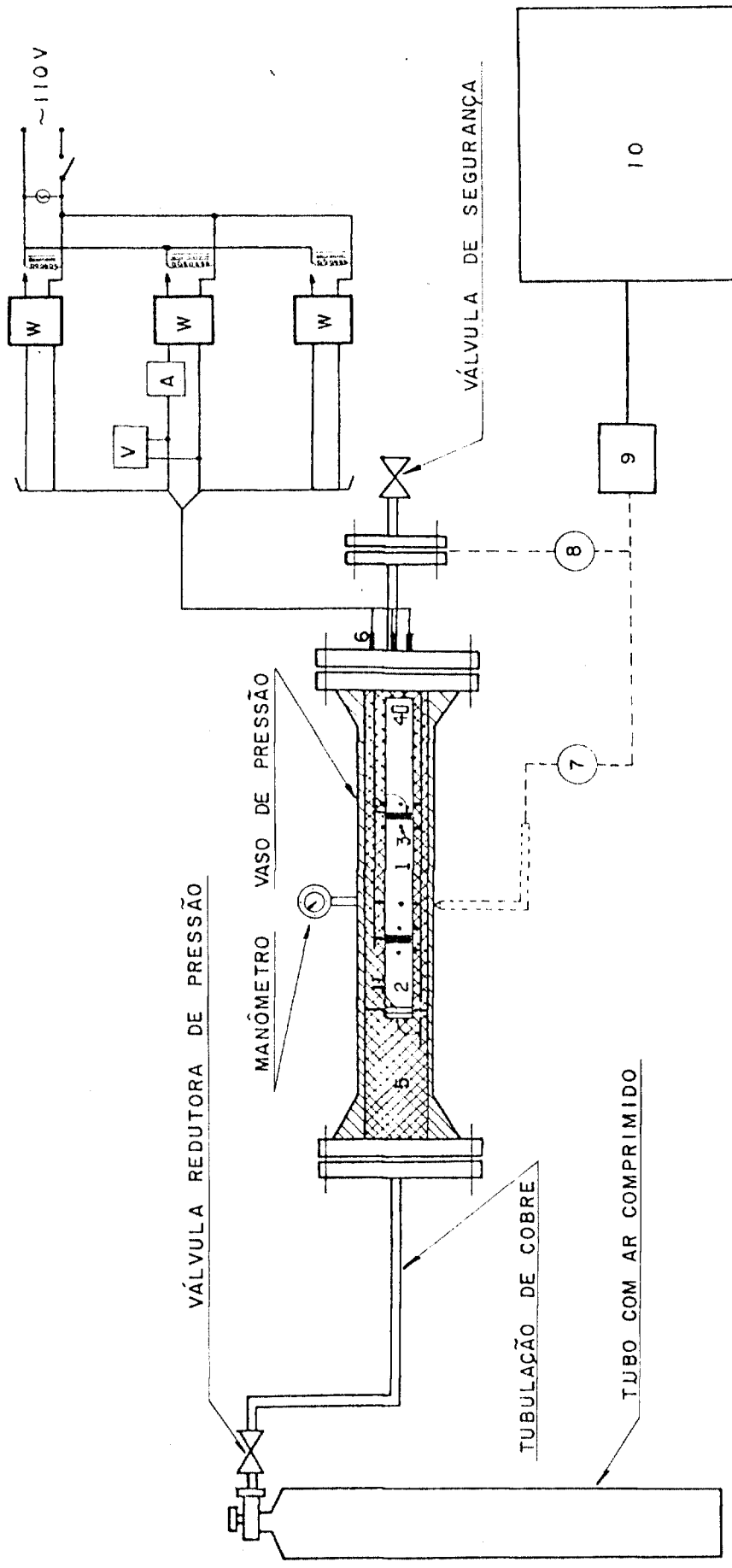
#### 1.1 SECÇÃO DE TESTE

A secção de teste (Figuras 3 e 4) é composta de um vaso de pressão de aço tipo SAE 1020, de comprimento 645 mm e diâmetro 107 mm, com três aquecedores colocados em cilindros de latão, parafusados concentricamente ao cilindro do vaso de pressão em uma das suas tampas. Os três cilindros estão acoplados mecanicamente a um copo de latão de comprimento 50 mm provido de janelas para a saída dos termopares que entram pelo *plug* da tomada de termopares que existe nesta tampa, além de 4 velas NGK rosqueadas à mesma, onde estão soldados os cabos dos aquecedores. As tampas das extremidades do cilindro do vaso de pressão são presas com oito parafusos de 1 1/2" em cada uma. Entre cada aquecedor lateral protetor e o central existe um anel de teflon de espessura 10 mm para prevenir a transferência de calor entre eles.

A vedação das tampas do vaso de pressão é feita por um anel de cobre em cada extremidade, e do *plug* por dois discos de borracha que comprimem os termopares e mais um anel também de borracha. A pressão máxima de projeto que o vaso suporta é de 70Kgf/cm<sup>2</sup>.

As junções quentes dos termopares estão distribuídas em secções transversais ao comprimento dos cilindros, fixas por arames nos cilindros de latão e na superfície exterior do vaso. Os termopares nos cilindros de latão estão acomodados em canaletas longitudinais. Na secção central do aquecedor principal são fixados na superfície do cilindro de latão 4 junções de termopares e mais quatro na superfície externa do vaso separados entre si de 90°, alinhados dois a dois, sendo os únicos utilizados nos cálculos de condutividade térmica efetiva para estimar a diferença de temperaturas da parede quente (aquecedores) e fria (Figura 5). Existem mais quatro secções transversais com três junções de termopares cada uma, fixas nas extremidades de contato entre os aquecedores, separadas entre si de 120°, alinhadas também duas a duas, utilizadas para medir o gradiente de temperatura entre eles.

Na base do *plug* de entrada de termopares está rosqueada uma válvula



- 1- AQUECEDOR CENTRAL (SECÇÃO DE TESTE)
- 2- AQUECEDOR PROTETOR
- 3- TERMOPARES
- 4- COPO SUPORTE DOS AQUECEDORES
- 5- ISOLAMENTO DE FIBRAS (Kao wool)
- 6- BORNES DE ENERGIA
- 7- AMPLIFICADOR DE SINAL DOS TERMOPARES EXTERNOS
- 8- AMPLIFICADOR DE SINAL DOS TERMOPARES INTERNOS
- 9- FONTE FRIA
- 10- COMPUTADOR PDP / 11
- 11 - ANEL DE SUSTENTAÇÃO DOS AQUECEDORES
- 12 - ANEL DE SEPARAÇÃO COM DISCO DE TEFLON

FIGURA 3 - ESQUEMA DO EQUIPAMENTO PARA MEDIR CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA

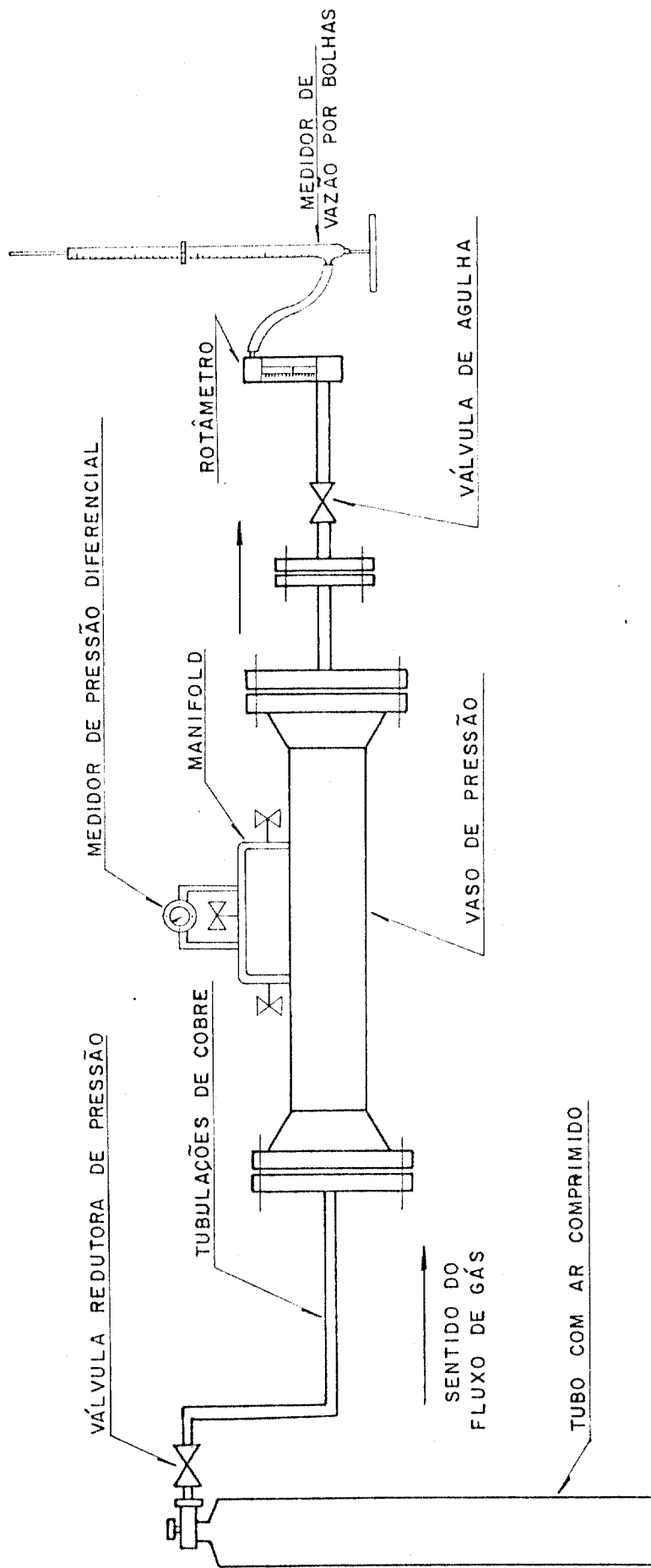


FIGURA 4 - ESQUEMA DO EQUIPAMENTO PARA MEDIR PERMEABILIDADE

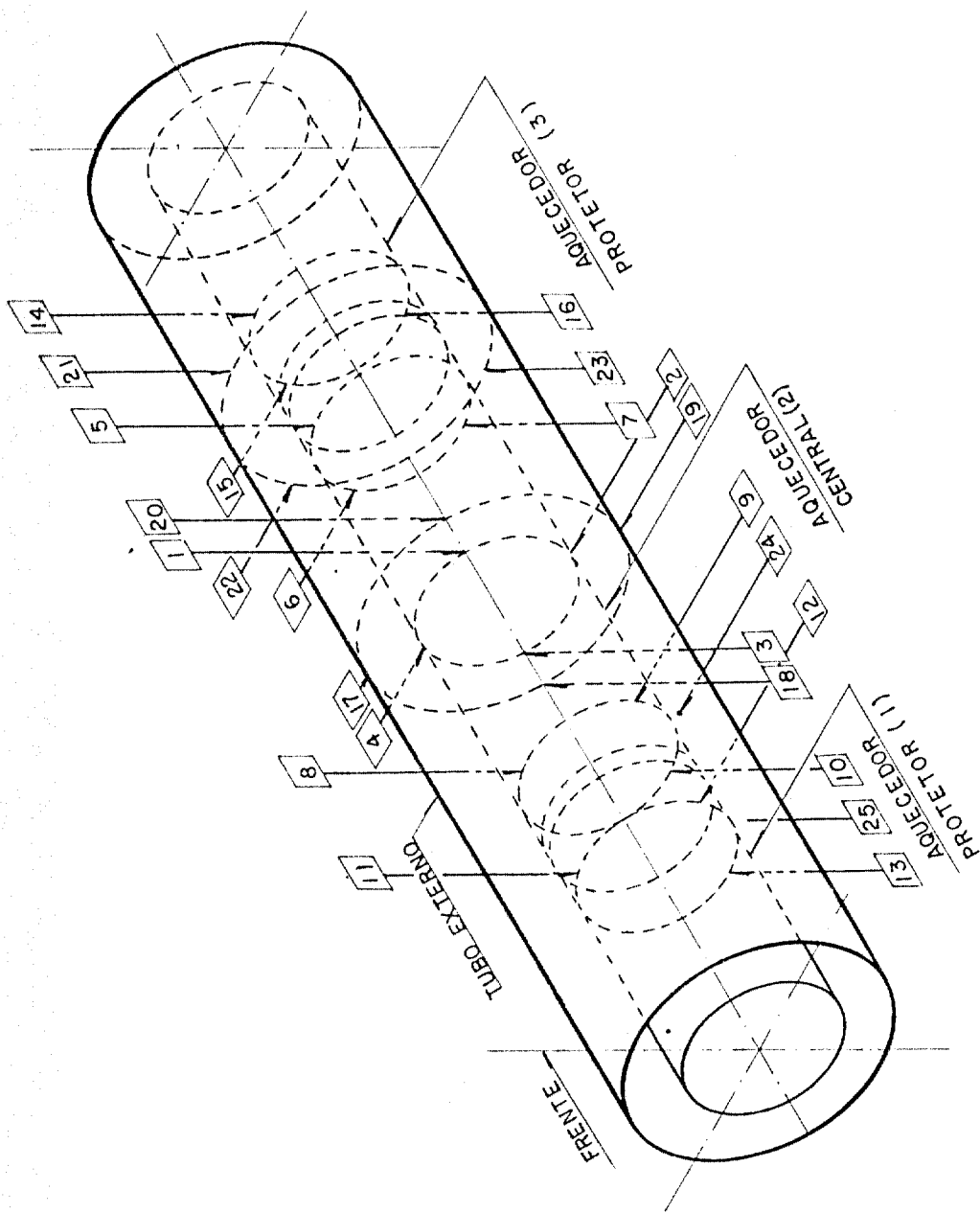


FIGURA 5 - POSICIONAMENTO DOS TERMOPARES NOS AQUECEDORES

de agulha para controlar a vazão do gás quando da realização das medidas de permeabilidade. São empregados tubos de gás com válvula redutora, tendo um manômetro para pressões altas (300 bar) e outro para pressões baixas (80 bar), conectada por uma mangueira de cobre ao vaso de pressão. O vaso de pressão tem no ponto médio do cilindro de aço uma tomada de pressão, onde é rosqueado um transdutor de pressão, e mais duas laterais equidistantes do ponto médio separadas de 210 mm, para acoplamento de uma válvula "manifold" usada na medida de pressão diferencial.

A alimentação dos aquecedores é feita independentemente (Figura 3) através de 3 variacs em paralelo, conectados a três transformadores que também isolam os cabos de alimentação comuns aos aquecedores impedindo a ocorrência de curto-circuitos. Os cabos dos aquecedores dentro do vaso são cobertos com tela de teflon para garantir o isolamento elétrico mesmo em temperaturas em torno de 400°C.

## 1.2 INSTRUMENTAÇÃO E MATERIAL UTILIZADO

### 1.2.1 MEDIDA DE PERMEABILIDADE

- 1 tubo de ar comprimido com 140 kgf/cm<sup>2</sup>.
- 1 medidor de pressão diferencial de marca *Fisher Controls Co.* com faixa de leitura para a perda de carga de 0 a 5" para uma pressão máxima de 2000 psi.
- 1 rotâmetro LAMDA com uma escala de 0,1 a 1 m<sup>3</sup>/h.
- 1 rotâmetro de marca OMEL tipo RO SG com uma escala de 0,01 a 0,1 m<sup>3</sup>/h para temperatura máxima de 100°C.
- 1 mangueira de cobre com diâmetro 1/4" ligando tubo de gás à válvula redutora.
- 1 mangueira de cobre com diâmetro 1/4" ligando a válvula redutora com a entrada do vaso de pressão.
- 1 mangueira de cobre com diâmetro 1/4" ligando a válvula de agulha com o rotâmetro.
- 1 multímetro digital marca HEWLET PACKARD 3465-B.
- 2 socadores de fibra.
- 1 proveta graduada de 10 em 10 ml com fim da escala em 200 ml.
- 1 cronômetro JAQUET.
- 1 tubo elástico de borracha de 40 cm de comprimento conectando a proveta com o rotâmetro.

- 1 transdutor de pressão KYOWA-PG 50 KA para 50 kgf/cm<sup>2</sup>.
- 1 manômetro BETZ (AVA).

### 1.2.2 MEDIDA DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA

- 1 tubo de ar comprimido 140 kgf/cm .
- 25 termopares NiCr-Ni tipo AV-NCB com diâmetro 1,6 mm.
- 3 resistências tipo EBLAC G-1 110 volts e 300 watts.
- 1 válvula de agulha marca SHORITZU tipo sSs de 1/4" para pressão máxima de 800 lbs.
- 1 válvula redutora de pressão marca EDELGAS tipo DE 38/50.
- 3 transformadores com 2,88 espiras/volt com corrente máxima no secundário de 2,09 amperes e no primário 2,46 amperes e vetor de indução magnética de 6000 tesla.
- 3 varivolts tipo VM-115 para corrente máxima de 11 amperes e 1,5 quilovolt ampere.
- 1 disjuntor termo-magnético tipo CEMASTOP para 110-550 V/ 50-60 Hertz com capacidade de 15 amperes.
- 1 chave interruptora simples tipo CS301 para corrente 20A e tensão de 250 volts AC
- 3 fusíveis protetores dos transformadores modelo SF para corrente de 4A.
- 2 fontes frias marca Debresistor modelo ICELL MKII, frequências de 50/60 Hz, tensões de 210/250 volts.
- 1 bomba de vácuo marca PLEIFER tipo PH3Nr para vazão de 3 m<sup>3</sup>/h e potência 0,185 KW.
- 20 cabos com conectores tipo BNC para ligação computador/amplificador.
- 25 cabos de ligação fonte fria amplificador com conectores.
- 1 vacuômetro modelo 56M com faixa de operação 0 a -76cm Hg.
- 20 amplificadores tipo PT61 com integrado ANALOG DEVICE 605 K.
- 1 computador PDP 11/45 - DEC (64 Kbits).
- 1 conversor analógico digital (12 Kbits) - ADF-DEC.
- 1 terminal de vídeo DEC.
- 1 impressora DEC.
- 1 estabilizador de tensão (CA) BRASELE ELETRÔNICA S/A 115V.
- 1 testador de peso morto - DESGRANGES ET HUOT tipo 5400 FN(1 - 400 bar).
- 4 velas NGK com varetas de cobre soldadas em seus eletrodos

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 2.1 CALIBRAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

#### 2.1.1 CALIBRAÇÃO DOS TERMOPARES

As tabelas publicadas para termopares tipo K que fornecem as temperaturas correspondentes para determinada força eletromotriz, fornecidas pelo fabricante, permite o ajuste desses pontos por uma equação de forma parabólica:

$$E = A + BT + CT^2$$

O termo E é a força eletromotriz nos terminais do termopar quando a junção fria está a zero graus centígrados. Os termos A, B e C são coeficientes constantes obtidos na correlação dos pontos da tabela. Esta equação está no programa em FORTRAN IV denominado LEI, que faz as leituras das temperaturas nos termopares.

#### 2.1.2 CALIBRAÇÃO DOS AMPLIFICADORES DIFERENCIAIS

Consiste no ajuste dos ganhos de cada amplificador, para que a sua saída seja compatível com o conversor analógico/digital do computador. A calibração dos ganhos dos amplificadores é feita ajustando a resistência de ajuste de ganho.

Usa-se um voltímetro digital (DYNANCO INSTRUMENTS LTD) para medir as tensões de entrada e saída dos amplificadores. A tensão de entrada é fornecida por uma fonte estabilizada (HEWLETT-PACKARD), utilizando um divisor de tensão para obter 9 mV no terminal de entrada dos amplificadores. Obtem-se o ganho, que é inserido no programa em FORTRAN IV denominado LEI. Ajusta-se também a resistência de OFF SET para diminuir o ruído eletrônico abaixo de 1mV, com os terminais da entrada dos amplificadores em curto-circuito.

#### 2.1.3 CALIBRAÇÃO DO TRANSDUTOR DE PRESSÃO

Para calibrar o transdutor de pressão usamos o testador de peso morto (DEGRANGES ET HUOT). Esse instrumento usando a lei de Pascoal para um fluido, aplica uma força por meio de um peso aferido em uma certa área (pressão), que se quer calibrar. Devemos entretanto encher totalmente o reservatório de óleo por meio de um pistão manual. Adicionando pesos à uma plataforma (pistão de medição) podemos produzir várias pressões. O pistão deverá estar le

vantado da sua mesa quando então lhe é comunicado um movimento de rotação, que diminui bastante o atrito estático. O pistão só se levantará de sua mesa quando o reservatório estiver completamente cheio.

#### 2.1.4 CALIBRAÇÃO DO MEDIDOR DE PRESSÃO DIFERENCIAL

Usa-se um manômetro (BETZ) de coluna de água destilada em forma de U, com extremidades de diâmetros diferentes. Existe uma escala presa a uma boia que acompanha o deslocamento do nível de água na extremidade de maior diâmetro, devido ser aí a variação do nível de água menor, pois o volume deslocado sob pressão nas duas extremidades é o mesmo. Um visor provido de uma tela iluminada onde está gravada uma escala que é colocada paralela e justaposta ao percurso da escala provida de boia, para evitar erros de paralaxe. Uma das extremidades está à pressão atmosférica e outra está conectada com o tradutor, em paralelo com uma conjugação de um tubo de ar comprimido provido de uma válvula redutora sensível e uma coluna de mercúrio em U, usados conjuntamente para produzir pressões até da ordem de  $8000 \text{ N/m}^2$ . A precisão do manômetro é estimada na metade de sua menor divisão ( $\pm 0,49 \text{ N/m}^2$ ). Através do parafuso de ajuste do fim de escala (SPAN), fixou-se o menor valor possível como fim de escala, do transdutor que é de  $1245,4 \text{ N/m}^2$ , para melhorar a precisão que corresponde a 0,2% do fim de escala ( $\pm 2,49 \text{ N/m}^2$ ).

## 2.2 MEDIDAS DE PERMEABILIDADE

Para fazer as medidas de permeabilidade, devemos tirar uma das tampas do vaso de pressão, para isso solta-se os oito parafusos com duas chaves fixas, coloca-se no interior do vaso lâ de caolim com o socador, para que a massa de fibra correspondente a uma compactação de  $137 \text{ kg/m}^3$  seja totalmente inserida no vaso. Coloca-se novamente a tampa com o anel de vedação de cobre. Acopla-se o medidor de pressão diferencial (FISHER CONTROLS CO.) às tomadas de pressão do vaso providas de anéis de vedação cravados, através da válvula *manifold*. Uma mangueira de cobre liga a válvula de agulha à um rotâmetro (OMEL) e deste, uma mangueira de borracha à uma proveta graduada em volume até 200 ml de diâmetro interno 0,02 m e altura 0,5 m. Um tubo de gás é ligado à válvula redutora e a uma das tampas do vaso de pressão por mangueiras de cobre. A seguir pressuriza-se o vaso à um nível desejado, procedendo-se a seguir a abertura da válvula de cabeça (central) da *manifold* para a *zeragem* do medidor de pressão diferencial, anotando o valor da corrente para queda de pressão nula para esta pressão. Deve-se repetir este procedimento a cada mudança de nível de pressão.

A seguir fecha-se a válvula central, permanecendo as laterais da *manifold* abertas. Abre-se a válvula de agulha, a válvula redutora, a válvula do tubo de gás e a do rotâmetro. Quando o flutuador do rotâmetro parar no nível de vazão desejado, provoca-se o aparecimento de uma bolha na proveta preenchida parcialmente com água e sabão com uma *chupeta* de borracha presa na base da mesma. A película da bolha, formada pelo gás passando pela água e sabão, percorre o volume aferido em um período de tempo medido por um cronômetro. Com o valor de vazão obtido divide-se pela área transversal do vaso de pressão à passagem do gás e pela pressão do vaso admitindo-se que o gás é um gás ideal, obtendo-se então a velocidade média do gás dentro do vaso de pressão.

A medida de perda de carga é feita simultaneamente ao acionamento do cronômetro. A perda de carga é obtida da leitura da corrente saída num multímetro digital em série com o medidor de pressão diferencial. O valor da corrente é convertido em valor de perda de pressão utilizando a reta de calibração do medidor de pressão diferencial.

Os valores de perda de carga, velocidade média do gás no interior do vaso, para diversas vazões a cada pressão escolhida são correlacionados por uma equação de reta para cada pressão, o valor da inclinação contém a informação sobre a permeabilidade, pois da lei da *Darcy* abaixo:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\mu v}{B}$$

onde:  $\Delta P$  - perda de carga ( $N/m^2$ )  
 $l$  - comprimento no qual ocorre perda de carga (0,21 m)  
 $\mu$  - viscosidade dinâmica ( $N s/m^2$ )  
 $v$  - velocidade média do gás ( $\frac{m}{s}$ )  
 $B$  - permeabilidade do meio poroso ( $m^2$ )

obtemos então:  $\Delta P = a + bv$

onde:  $B = \frac{\mu l}{b}$

A constante  $a$  é obtida, quando correlacionamos por uma equação de reta os vários pontos experimentais. Em algumas medidas com vazões altas, foi utilizado um rotâmetro calibrado, por não ser mais possível medir o tempo do deslocamento da bolha no tubo do medidor de vazão utilizando o cronômetro, ob

servando-se contudo que essas vazões estejam dentro do limite de aplicabilidade da Lei de Darcy.

### 2.3 MEDIDAS DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA

A fibra é colocada no espaço anular entre os cilindros de latão e a parede interna do vaso de pressão. Os termopares são fixados nos cilindros dos aquecedores e no cilindro do vaso de pressão, conectados às fontes frias e aos amplificadores. Os aquecedores são ligados à rede através de um estabilizador de tensão (BRASELE). Após serem energizados a um nível de potência escolhido, atinge-se o estado estacionário das temperaturas entre 7 a 48 horas dependendo da potência. Concomitantemente com a estabilização das temperaturas é feito um controle manual dos aquecedores protetores, ajustando suas potências periodicamente de modo a alcançarem o estado estacionário, com diferenças de temperaturas entre os aquecedores menores que 6°C. Nestas condições pode-se desprezar o fluxo de calor axial. A monitoração das temperaturas é feita através do terminal de vídeo do computador PDP-11, utilizando o programa LEI (Fortran IV) que lê via terminal de vídeo do computador, o número de termopares utilizados, intervalo e unidade de tempo para fazer os cálculos dos valores médio, instantâneo e o desvio padrão das temperaturas dentro do vaso de pressão. O histórico das temperaturas é obtido, utilizando um programa em FORTRAN IV chamado PRIN, que além de chamar o LEI, imprime as temperaturas médias, instantâneas e os desvios padrões no terminal da impressora do computador. Para o cálculo da condutividade térmica efetiva média é utilizado um outro programa em FORTRAN IV, denominado PRINT, que faz a leitura via terminal de vídeo da temperatura ambiente, potência dos aquecedores, gás de operação e pressão estática e chama também o programa PRIN.

O cálculo da condutividade térmica efetiva é feito utilizando:

$$\lambda_{ef(1)} = \frac{0,377585 \cdot Q}{DT(1)}$$

A constante geométrica foi obtida substituindo  $d_e$  (107mm),  $d_i$  (65mm) e  $l$  (210mm) em (2),  $Q$  é a potência dissipada em WATTS no aquecedor central e  $DT(1)$  é a diferença de temperatura entre os 4 pares de pontos alinhados na superfície do aquecedor central e no cilindro obtendo-se então 4 condutividades térmicas efetivas, depois efetua-se a media (Apêndice B).

Para medir a condutividade térmica da fibra numa determinada temperatura, utiliza-se o mesmo dispositivo experimental utilizado na medida de condu

tividade térmica efetiva. Segundo os resultados numéricos de Welter<sup>(19)</sup> a condutividade térmica efetiva obtida para números de *Rayleigh* menores que 38,6, refere-se somente à condução através do contato entre as fibras e através do gás, não se formando correntes de convecção. Após garantir a não ocorrência de convecção, basta subtrair a condutividade térmica do gás naquelas condições para poder avaliar a condutividade térmica da fibra. Utilizamos a pressão atmosférica, para obtermos os pontos experimentais de baixo número de *Rayleigh* (Apêndice B).

.....  
.....

## CAPÍTULO IV

### 1. RESULTADOS

No Apendice B estão todos os dados experimentais obtidos, que serão resumidos aqui. Na Tabela I apresentamos: potência do aquecedor central; temperatura média do vaso; diferença de temperatura entre as paredes quente e fria; pressão estática do vaso; condutividades térmicas efetiva do gás e da fibra; permeabilidade do meio poroso; o número de *Rayleigh* ( $Ra$ ) dividido pela constante geométrica ( $A$ ); e o número de *Nusselt* ( $Nu$ ). Na figura 6 apresentamos a correlação experimental do número de *Nusselt* ( $Nu$ ) com o número de *Rayleigh* ( $Ra$ ).

### 2. ANÁLISE DE RESULTADOS

2.1. Nas experiências para a determinação das condutividades térmicas efetivas do isolamento poroso sob pressão do gás, vários valores dos números de *Nusselt* foram superiores à 1, indicando que nesses casos houve a formação de correntes de convecção.

Após essa série de experiências, realizou-se uma outra série com o isolamento à pressão atmosférica, para a determinação da condutividade térmica da fibra, nesta série, os 4 valores de condutividade térmica efetiva encontrados em cada experiência, apresentaram diferenças entre si de 2,2 a 7%.

Para permitir uma acomodação das fibras, pois nas experiências onde houve o aparecimento das correntes de convecção, o movimento do gás poderia ter alterado a distribuição das fibras, fez-se vácuo dentro do vaso e a seguir este foi pressurizado à 30  $Kgf/cm^2$ . Repetiu-se em seguida a série de experiências à pressão atmosférica e constatou-se que a variação dos 4 valores de condutividade térmica efetiva não ultrapassou 1,2% e ficaram acrescidos em média em 20% em relação aos valores de condutividade térmica efetiva da série de experiências anterior, à pressão atmosférica (vide Apêndice B).

Para obtermos valores de números de *Nusselt* ( $Nu$ ) altos o suficiente para testarmos o modelo teórico, adotou-se a menor compactação possível das

TABELA 1

POTENCIA (W)	T (°C)	$\Delta T$ (°C)	P ( $\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$ )	$\lambda_{\text{gas}}$ ( $\frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{K}}$ )	$\lambda_{\text{ef}}$ ( $\frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{K}}$ )	$\lambda_{\text{fibra}}$ ( $\frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{K}}$ )	B ( $\text{m}^2$ ) $\times 10^{-9}$	Ra/A	Nu
70,74	217,5	262,5	1,39	0,03979	0,10179	0,0616	3,5	0,0	1,0
71,14	215,1	258,2	4,09	0,03964	0,10409	0,06115	3,0	0,4	1,0
71,01	216,0	259,5	2,00	0,03970	0,10336	0,06125	3,4	0,1	1,0
70,3	211,2	256,4	2,39	0,03993	0,10357	0,06115	3,3	0,1	1,0
71,26	211,9	253,8	5,00	0,03944	0,10607	0,06135	2,8	0,3	1,0
69,97	213,0	255,5	2,19	0,03951	0,10344	0,06180	3,4	1,0	1,0
70,46	208,1	249,5	5,69	0,03918	0,10668	0,06052	2,7	0,8	1,0
69,91	205,0	242,6	6,00	0,03898	0,10887	0,05980	2,7	0,9	1,1
70,83	204,0	245,3	6,50	0,03898	0,10906	0,05950	2,6	1,0	1,1
70,07	194,7	223,8	9,00	0,03830	0,11830	0,05705	2,2	1,7	1,2
68,51	180,0	200,4	11,20	0,03714	0,12921	0,05295	1,9	2,4	1,1
40,13	119,7	120,2	15,00	0,03218	0,12611	0,03835	1,5	4,0	1,7
42,39	141,5	156,8	10,69	0,03468	0,10210	0,04400	2,0	2,7	1,2
70,06	155,4	147,9	22,31	0,03565	0,17955	0,04735	1,6	7,4	2,1
52,42	127,4	119,6	22,76	0,03365	0,16573	0,04030	1,6	8,5	2,2
39,64	106,1	96,0	20,56	0,03223	0,15606	0,03525	1,6	7,0	2,3
42,37	109,2	98,5	23,16	0,03239	0,16255	0,03580	1,6	9,0	2,3
70,05	142,3	129,3	26,32	0,03484	0,2056	0,04407	1,6	10,4	2,6
40,73	100,9	84,6	27,28	0,03179	0,18207	0,03395	1,6	11,9	2,7
52,53	117,5	99,9	28,58	0,03299	0,19909	0,03792	1,6	12,6	2,8
69,95	133,4	108,3	33,35	0,03413	0,24490	0,04132	1,6	15,5	3,2
40,91	92,7	69,4	35,40	0,03116	0,22331	0,03230	1,6	18,4	3,5
52,32	106,4	81,3	36,20	0,03222	0,24399	0,03545	1,6	18,8	3,6
40,91	88,7	63,1	41,82	0,03092	0,24578	0,03190	1,6	24,3	3,9
69,02	123,5	92,3	42,13	0,03341	0,28412	0,03815	1,6	23,7	3,9
52,5	102,3	73,3	42,73	0,03189	0,27191	0,03445	1,6	25,1	4,1
69,58	121,0	86,8	45,73	0,03324	0,3046	0,03885	1,6	27,1	4,2
40,10	85,7	58,0	46,54	0,03070	0,26246	0,03130	1,6	29,2	4,2

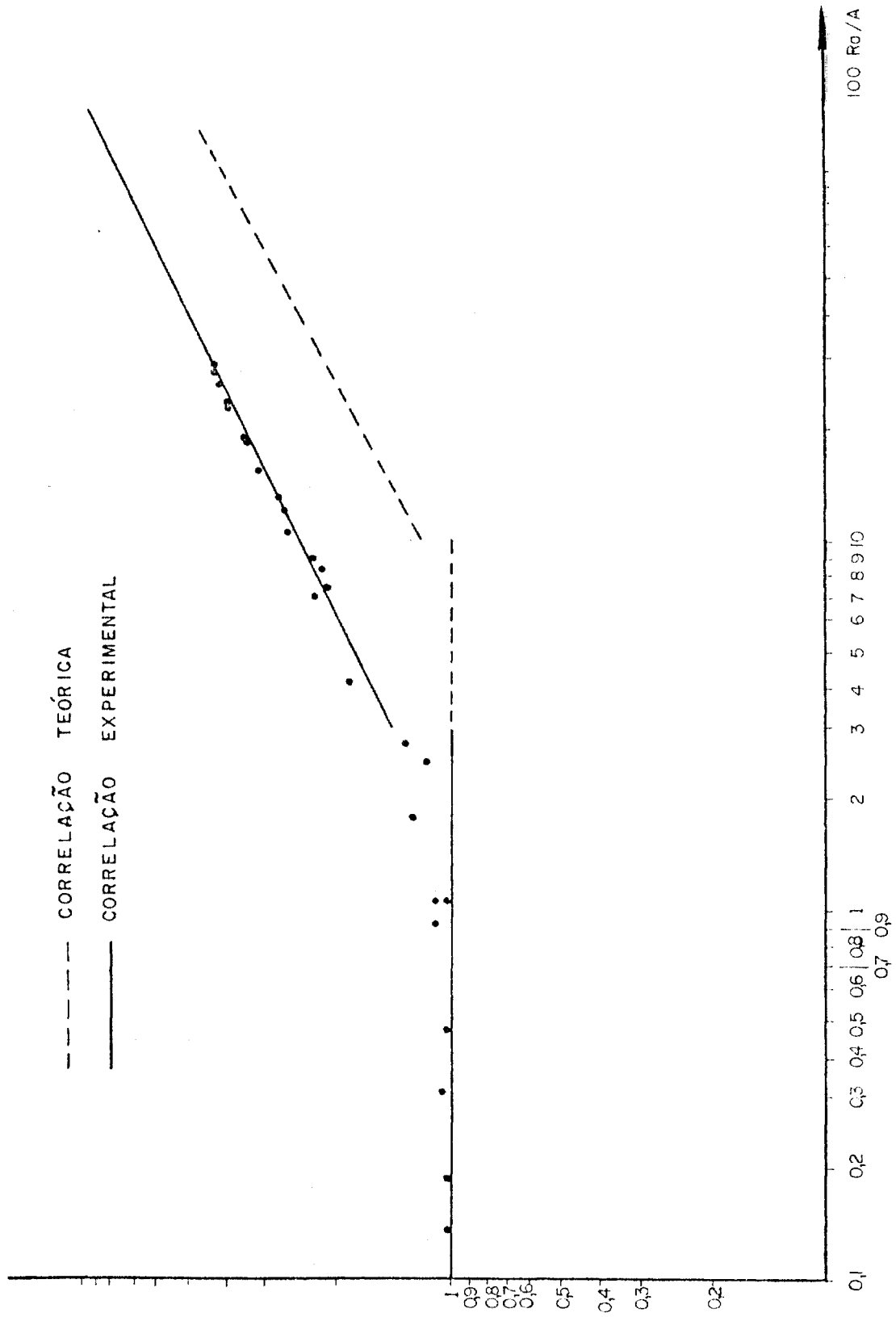


FIGURA 6 - CORRELAÇÃO EXPERIMENTAL DO NÚMERO DE NUSSELT GLOBAL PARA CILINDRO NA POSIÇÃO HORIZONTAL SEM PAREDES INTERMEDIÁRIAS.

fibras em virtude das nossas limitações na potência dissipada pelos aquecedores e na pressão interna suportada pelo vaso de pressão. Devido a isso as fibras ficaram frouxamente ligadas entre si, cortadas em pequenos pedaços, o que facilitou a sua mobilidade com o movimento do gás.

As correntes de convecção, segundo o modelo teórico, são desenvolvidas, nos planos transversais ao comprimento dos aquecedores. O movimento do gás resultante é a ascensão com o aquecimento junto às paredes dos aquecedores, seguido do resfriamento e descida pelas paredes do vaso de pressão.

Adotando-se a média entre os valores de condutividade térmica efetiva das duas séries de experiências à pressão atmosférica, os valores de condutividade térmica da fibra resultantes, não apresentaram faixas de variações superiores a  $0,0035 \frac{W}{m^{\circ}K}$  para temperaturas entre 60 e 220°C. Nos testes de reprodutibilidade das medidas de condutividade térmica efetiva, quando a fibra foi recompactada dentro do vaso de pressão, esse limite não foi ultrapassado.

Na literatura só foram encontrados resultados experimentais de condutividade térmica efetiva para temperaturas médias; densidades de compactação das fibras; razão do comprimento do aquecedor para espessura do isolamento e pressões do gás diferentes dos utilizados no presente trabalho.

O erro estimado nos cálculos do número de *Nusselt* é de  $\pm 0,21$  proveniente principalmente da variação da condutividade térmica da fibra (Apêndice A).

2.2 A máxima dispersão dos dados nos testes de reprodutibilidade para a obtenção da permeabilidade para as pressões de 30 e  $1,7 \frac{kgf}{cm}$ , foram respectivamente  $\pm 0,7 \times 10^{-9}$  e  $\pm 3,9 \times 10^{-9} m^2$ , expressos em termos de permeabilidade (vide Figuras 8,11).

Adotando as recomendações do fabricante, o erro atribuído ao medidor de pressão diferencial, 0,2% do fim de escala do instrumento, é de  $\pm 2,49 \frac{N}{m^2}$ , com isso podemos atribuir para o número de *Rayleigh* (Ra) dividido pela constante geométrica (A), usando como exemplos os valores de 25,12 e 0,19, erros de  $\pm 61,04$  e  $\pm 0,48$  respectivamente, para um valor de perda de carga correspondente a  $1 \frac{N}{m^2}$  (Apêndice A).

A calibração do medidor de pressão diferencial, feita com o manômetro BETZ, confirmou plenamente o erro atribuído ao medidor, além de possibilitar a redução do fim de escala do instrumento para  $1245,4 \frac{N}{m^2}$ .

As fibras provenientes das experiências para obtenção da condutividade térmica efetiva foram usadas nas experiências para obtenção da permeabilidade tentando reproduzir as condições físicas e de compactação das fibras. Essas fibras continham bastante material embaraçado, por já terem sido usadas e tiveram que ser misturadas com fibras aparentemente nas mesmas condições e de outra procedência, para preencher o espaço deixado pelos aquecedores que são retirados nas experiências para obtenção da permeabilidade. A inexistência de movimentos do gás provocados por correntes de convecção nestas experiências não foi favorável também à reprodução exata da distribuição das fibras.

O embaraçamento das fibras corresponde a um aumento do diâmetro médio da fibra, pois contribuem diferentemente para a vazão do gás e igualmente para o peso da fibra. *Furber & Davidson*<sup>(7)</sup> mediram variações da permeabilidade em função do diâmetro médio da fibra e o efeito no valor de permeabilidade da fuga do gás pelas bordas do material isolante. Tanto para a variação do diâmetro médio da fibra de  $10^{-6}$  a  $10^{-5}$  m, como também para a fuga do gás pelas bordas em 1% da área total de escoamento, o valor numérico da permeabilidade aumentou em média 100 vezes.

A vazão do gás nas experiências para obtenção da permeabilidade se desenvolve em planos perpendiculares aos dos movimentos do gás nas experiências para obtenção de condutividades térmicas efetivas. Testes de permeabilidade indicaram um decréscimo em 62% no valor numérico da permeabilidade, com o aumento da pressão interna do vaso de pressão até  $15,0 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$ , indicando uma acomodação na direção da vazão do gás destas experiências. Variações em 30% na densidade de compactação são possíveis<sup>(7)</sup>; podendo os testes de permeabilidade se referirem a áreas de permeabilidades diferentes conectadas em série ou em paralelo.

Para garantir um perfeito ajuste da fibra, evitando a fuga do gás pelas paredes do vaso de pressão, uma fina camada de fibra foi colada às paredes do vaso de pressão. No entanto essa camada de fibra e cola pode ter criado um problema a mais, pois ela reduz a área transversal ao escoamento tendendo a aumentar a velocidade do gás. Os testes de permeabilidade acusaram valores 10 vezes maiores em média do que os valores encontrados na bibliografia<sup>(7, 17)</sup>. Considerando todos os fatores expostos e também as dificuldades de se comparar resultados experimentais quando não se conhece o valor do diâmetro médio da fibra, decidiu-se usar esses valores medidos no cálculo do número de *Rayleigh*, pois eles ajustam melhor o modelo numérico com as experiências. Isto se justifica de certo modo, pois o mesmo processo de cálculo e utilizando o mesmo modelo físico para geometria retangular, excelente concordância foi obtida com as experiências<sup>(14, 17)</sup>.

### 3. CONCLUSÃO

Não houve concordância do modelo teórico com as medidas realizadas. A correlação experimental obtida foi a seguinte:

$$Nu = 1 \quad \text{para} \quad \frac{Ra}{A} < 3$$

$$Nu = 0,8 \left( \frac{Ra}{A} \right)^{0,5} \quad \text{para} \quad 3 \leq \frac{Ra}{A} < 30$$

Comparando com a correlação teórica obtida pelo modelo numérico:

$$Nu = 1 \quad \text{para} \quad \frac{Ra}{A} < 10$$

$$Nu = 0,4 \left( \frac{Ra}{A} \right)^{0,5} \quad \text{para} \quad 10 \leq \frac{Ra}{A} < 200$$

Notamos que somente o coeficiente constante 0,5 foi confirmado pela experiência, o que também concorda com outras medidas realizadas <sup>(17)</sup>. O outro coeficiente e os números de *Rayleigh* divididos pela constante geométrica onde são válidas as correlações, apresentaram erros que pela sua magnitude indicam que seus valores foram afetados principalmente pela incerteza nos valores da permeabilidade. Concluimos portanto que o modelo sô será avaliado corretamente com os valores de permeabilidade mais confiáveis. Resumindo, os fatores experimentais que mais contribuíram para a discrepância da correlação teórica da experimental foram: a dificuldade de reproduzir a compactação e as condições físicas da fibra das experiências para obtenção da condutividade térmica efetiva nas experiências para obtenção de permeabilidade e também porque as medas de perda de carga terem sido feitas com equipamento industrial de baixa precisão para as nossas necessidades

### 4. O TRABALHO FUTURO

Novas experiências deverão ser feitas com compactações da ordem de 200  $\frac{Kg}{m^3}$ , para diminuir as dispersões das medidas de permeabilidade e condutividade térmica da fibra, pois compactações mais altas aumentam a perda de carga do gás dentro do isolamento melhorando a precisão das medidas e também o material isolante apresenta-se como um bloco mais rígido nessa compactação. Deverá também ser adotado um medidor de pressão diferencial mais sensível.

APÊNDICE A

ANÁLISE DE ERROS

## APÊNDICE A

### 1. INTRODUÇÃO

Os números de *Nusselt* e *Raleigh* são obtidos por associação de grandezas físicas. Tem-se portanto uma propagação de erros experimentais. Se uma grandeza  $V$  é função de outras grandezas:

$$V = f(a, b, c, \dots, k)$$

onde  $S_a, S_b, S_c, \dots, S_k$  são desvios padrões de  $a, b, c, \dots, k$  respectivamente, o desvio padrão resultante que afeta  $V$  é dado por:

$$\Delta V = \pm \left[ \left( \frac{\partial V}{\partial a} \right)^2 S_a^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial b} \right)^2 S_b^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial c} \right)^2 S_c^2 + \dots + \left( \frac{\partial V}{\partial k} \right)^2 S_k^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

O mesmo tratamento é válido quando se tratar de incertezas de medidas, onde os desvios padrões são substituídos pela incerteza associada a cada grandeza física.

$$\delta V = \pm \left[ \left( \frac{\partial V}{\partial a} \right)^2 \delta a^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial b} \right)^2 \delta b^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial c} \right)^2 \delta c^2 + \dots + \left( \frac{\partial V}{\partial k} \right)^2 \delta k^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

onde  $\delta a, \delta b, \delta c, \dots, \delta k$  são incertezas associadas às grandezas  $a, b, c, \dots, k$ .

Com essa ferramenta podemos associar um erro aos números de *Nusselt* e *Rayleigh*.

Para avaliar como os erros associados na medida de pressão e temperatura afetam as grandezas físicas que tem maior dependência da pressão e temperatura usamos as correlações<sup>(1)</sup>:

$$\lambda_{\text{gas}} = \frac{A T^{\frac{1}{2}} 2,414 \times 10^{-2}}{1 + \frac{B 10^{-C/T}}{T} \times 5,77 \times 10^{-5}}$$

onde  $A = 0,6325 \times 10^{-5}$

$$B = 245,4$$

$$C = 12$$

$$\mu = \frac{A T^{3,2} \cdot 10^{-7}}{T + B}$$

onde  $A = 145,8$

$$B = 110,4$$

$$\rho = \frac{P}{2,92699 \times 10^{-3} T}$$

para pressão em bar e temperatura em graus Kelvin

Utilizando (2) obtemos respectivamente:

$$\delta \lambda_{\text{gás}} = \pm \left[ \left[ 7,6343 \times 10^{-8} T^{-1/2} \left( 1 + \frac{1,416 \times 10^{-2} 10^{-12}/T}{T} \right) - 2,162 \times 10^{-9} T^{1/2} \left( \frac{10^{-12}/T \times \frac{12}{T^2} - 10^{-12}/T}{T^2} \right) \right]^2 \delta T^2 \right]^{1/2}$$

$$\delta \mu = \pm \left[ \left( \frac{218,7 T^{0,5} \times 10^{-7} (T + 110,4) - 145,8 T^{3/2} \times 10^{-7}}{(T + 110,4)^2} \right)^2 \delta T^2 \right]^{1/2}$$

$$\delta \rho = \pm \left[ \left( \frac{1}{2,92699 \times 10^{-3} T} \right)^2 \delta P^2 + \left( \frac{-P}{2,92699 \times 10^{-3} T^2} \right)^2 \delta T^2 \right]^{1/2}$$

## 2. ERROS ASSOCIADOS À INSTRUMENTAÇÃO

O erro associado ao transdutor de pressão devido à histerese e ao efeito de temperatura é 0,2% do fim da escala utilizada. Como a ponte de *Wheatstone* é auto-compensada só imputamos erro na leitura da escala graduada, na ordem de  $\pm 0,09$  atm.

Os termopares apresentam deficiências principalmente quanto ao envelheci

mento. O envelhecimento de termopares tipo K é muito lento em atmosferas oxídantes e para temperaturas menores que  $1200^{\circ}\text{C}$ . As pressões a que foram submetidos os termopares não afetaram significativamente, pois aferições de força eletromotriz <sup>(6)</sup> para pressões de 50 K bar, o desvio constatado foi de  $\pm 10^{\circ}\text{K}$ .

Apesar das tabelas dos fabricantes fornecerem um desvio de  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ , até  $400^{\circ}\text{C}$ , os erros admitidos foram menores porque o computador faz 120 leituras por minuto, sendo utilizados as temperaturas médias e o desvio padrão.

O medidor de pressão diferencial associa devido à histerese e ao efeito de temperatura também 0,2% do fim de escala que é de 5 polegadas de água,  $\pm 2,49 \text{ N/m}^2$  é o erro admitido.

Foi feito um teste de comportamento dinâmico dos amplificadores diferenciais <sup>(13)</sup> que indicou para ganho médio utilizado de 300, estabilidade de ganho até 200 KHZ e flutuações permissíveis de temperatura de  $54 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$  na saída do amplificador. Os testes indicam um desvio de linearidade dos amplificadores da ordem de 0,01% para ganhos de 1 até 1000.

O erro devido ao multímetro digital é da ordem de  $\pm 0,05 \text{ mA}$  e  $\pm 0,005 \text{ V}$ . O desvio de potência, devido à variação da tensão provinda do estabilizador não foi maior que  $\pm 0,066 \text{ WATTS}$ .

O erro cometido na medida da vazão, pelo medidor de vazão por bolhas, é principalmente associado à leitura do cronômetro, com desvio máximo de  $\pm 0,094$  segundos para 20 leituras efetuadas para a máxima vazão que é o caso mais crítico.

O erro cometido na medida de temperatura na parede interna do vaso de pressão em virtude da resistência térmica, para a potência máxima de 50 W, usando

$$\lambda_{\text{aço}} = \frac{50 \text{ W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}} \quad (\text{condutividade térmica do aço})$$

e a espessura de 0,002 m do vaso, foi no máximo  $\delta T = \pm 0,03^{\circ}\text{C}$ . Para avaliarmos o erro cometido nas medidas de comprimento adotamos a metade da menor divisão de um paquímetro

$$\delta l = \pm \frac{1}{20} \text{ mm} = \pm 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

### 3. ANÁLISE DA CORRELAÇÃO DE NUSSELT E RAYLEIGH

Podemos escrever o número de *Nusselt* na forma geral

$$\text{Nu} = \frac{c \frac{Q_1}{\Delta T_1}}{c \frac{Q_2}{\Delta T_2} - \lambda_2 + \lambda_1}$$

onde

$$c = \ln \left( \frac{d_e}{d_i} \right) \times (2\pi l)^{-1}$$

o índice 1 refere às condições onde é calculado o número de *Nusselt* e *Rayleigh*;

o índice 2 se refere às condições de baixo número de *Rayleigh* para efeito de avaliação da condutividade térmica da fibra.

Aplicando [2] obtemos:

$$\begin{aligned} \text{SNu} = & \pm \left[ \left( \frac{\frac{c}{\Delta T_1}}{c \frac{Q_2}{\Delta T_2} - \lambda_2 + \lambda_1} \right)^2 \delta Q_1^2 + \left( \frac{\frac{-c Q_1}{\Delta T_1^2}}{c \frac{Q_2}{\Delta T_2} - \lambda_2 + \lambda_1} \right)^2 \delta \Delta T_1^2 + \right. \\ & + \left( \frac{\frac{-c^2 Q_2}{\Delta T_2^2} \frac{Q_1}{\Delta T_1}}{\left( \frac{c Q_2}{\Delta T_2} - \lambda_2 + \lambda_1 \right)^2} \right)^2 \delta \Delta T_2^2 + \left( \frac{\frac{-c^2 Q_1}{\Delta T_2 \Delta T_1}}{\left( \frac{c Q_2}{\Delta T_2} - \lambda_2 + \lambda_1 \right)^2} \right)^2 \delta Q_2^2 + \\ & \left. + \left( \frac{\frac{-c Q_1}{\Delta T_1}}{\left( \frac{c Q_2}{\Delta T_2} - \lambda_2 + \lambda_1 \right)^2} \right)^2 \delta \lambda_2^2 + \left( \frac{\frac{-c Q_1}{\Delta T_1}}{\left( \frac{c Q_2}{\Delta T_2} - \lambda_2 + \lambda_1 \right)^2} \right)^2 \delta \lambda_1^2 \right]^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

Aplicando [2] para número de *Rayleigh* obtemos:

$$\delta \frac{Ra}{A} = \pm \left[ \left( \frac{g \Delta T_1 \beta_1 B \rho_1^2 c_{p1}}{\mu_1 \lambda_1 A} \right)^2 \left( \frac{\delta g^2}{g^2} + \frac{\delta \Delta T_1^2}{\Delta T_1^2} + \frac{\delta \mu_1^2}{\mu_1^2} + \frac{\delta B^2}{B^2} + \frac{\delta \beta_1^2}{\beta_1^2} + \frac{\delta l^2}{l^2} + \frac{\delta c_{p1}^2}{c_{p1}^2} + \frac{2 \delta \rho_1^2}{\rho_1^2} + \frac{\delta A^2}{A^2} + \frac{\delta \lambda_1^2}{\lambda_1^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

APENDICE B

DADOS EXPERIMENTAIS

## 1. CORRELAÇÕES DOS DADOS DE PERMEABILIDADE

1.1 Correlação da velocidade média do gás com a queda de pressão no comprimento  $l = 0,21$  m.

1.1.1 Pressão :  $1,7 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$  (Figura 8 )

r : 0,6150

a : 0,4201

b : 987,352

B :  $\frac{\mu l}{b} = 4,16 \times 10^{-9} \text{ m}^2$

1.1.2 Pressão :  $4,0 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$  (Figura 9 )

r : 0,9587

a : -0,0440

b : 1990,8162

B :  $\frac{\mu l}{b} = 2,06 \times 10^{-9} \text{ m}^2$

1.1.3 Pressão :  $5,5 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$  (Figura 10)

r : 0,5921

a : 0,2999

b : 1429,8367

B :  $\frac{\mu l}{b} = 2,87 \times 10^{-9} \text{ m}^2$

1.1.4 Pressão :  $30,5 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$  (Figura 11)

a : 0,0105

b : 2594,793

B :  $\frac{\mu l}{b} = 1,58 \times 10^{-9} \text{ m}^2$

1.2 Correlação dos valores de permeabilidade com a pressão interna do vaso (P).

$$B = 3,8 \times 10^{-9} e^{-0,06 P} \text{ m}^2 \quad \text{para } P \leq 15,0 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$B = 1,58 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \quad \text{para } P > 15,0 \text{ Kgf/cm}^2$$

2. Apresentamos a seguir os pontos experimentais em forma gráfica da queda de pressão no comprimento  $l = 0,21$  m versus velocidade média do gás den

tro do isolamento para pressões internas do vaso de pressão de 1,7 Kgf/cm<sup>2</sup>, 4,0 Kgf/cm<sup>2</sup>, 5,5 Kgf/cm<sup>2</sup>, 30,5 Kgf/cm<sup>2</sup> e também as listagens impressas pelo computador para o cálculo de condutividade térmica efetiva e também o gráfico da condutividade térmica da fibra em função da temperatura média.

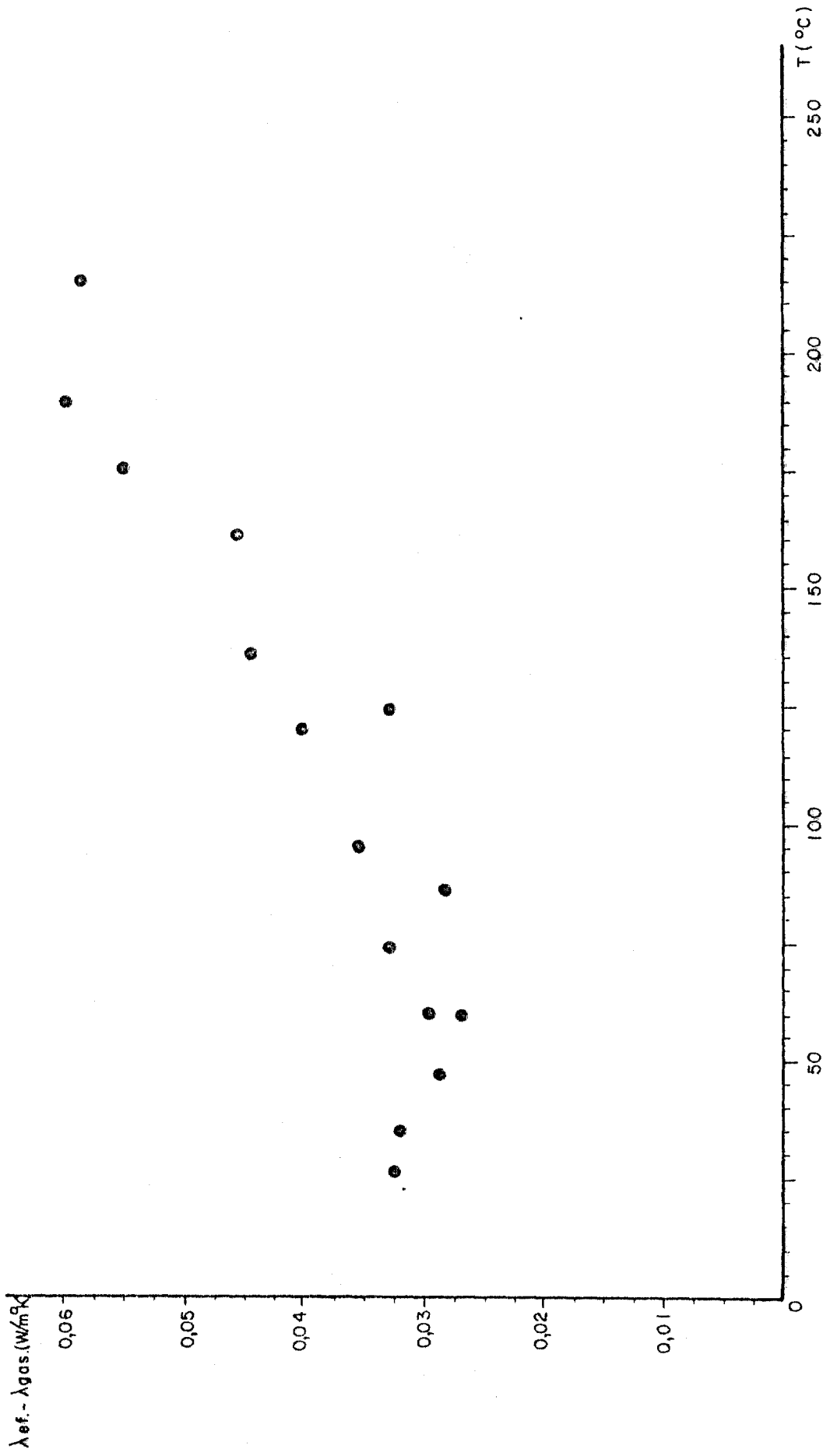


FIGURA 7 - CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE FIBRA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

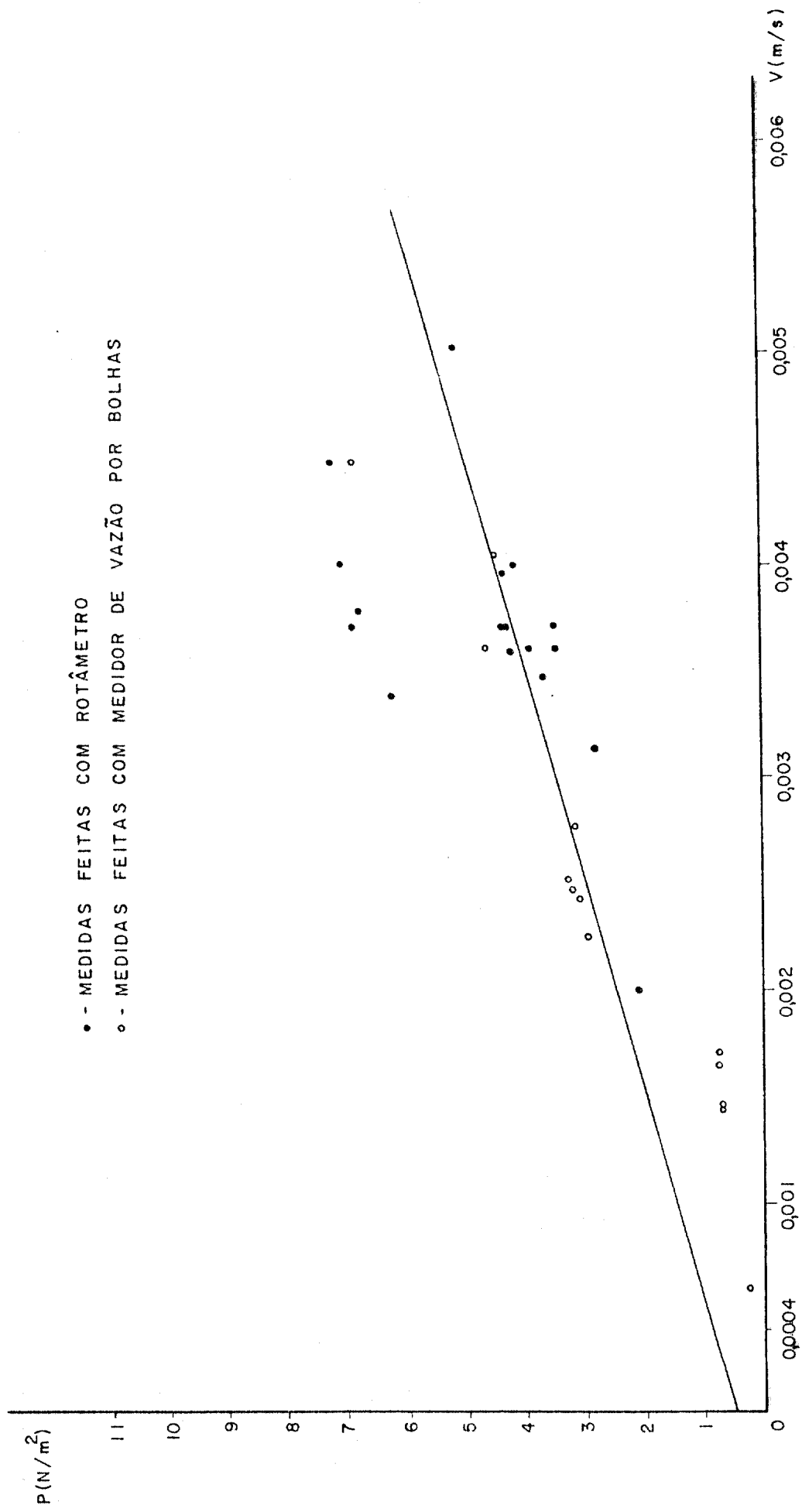


FIGURA 8 - PERMEABILIDADE PARA A PRESSÃO DE 1,7 Kgf/cm<sup>2</sup>

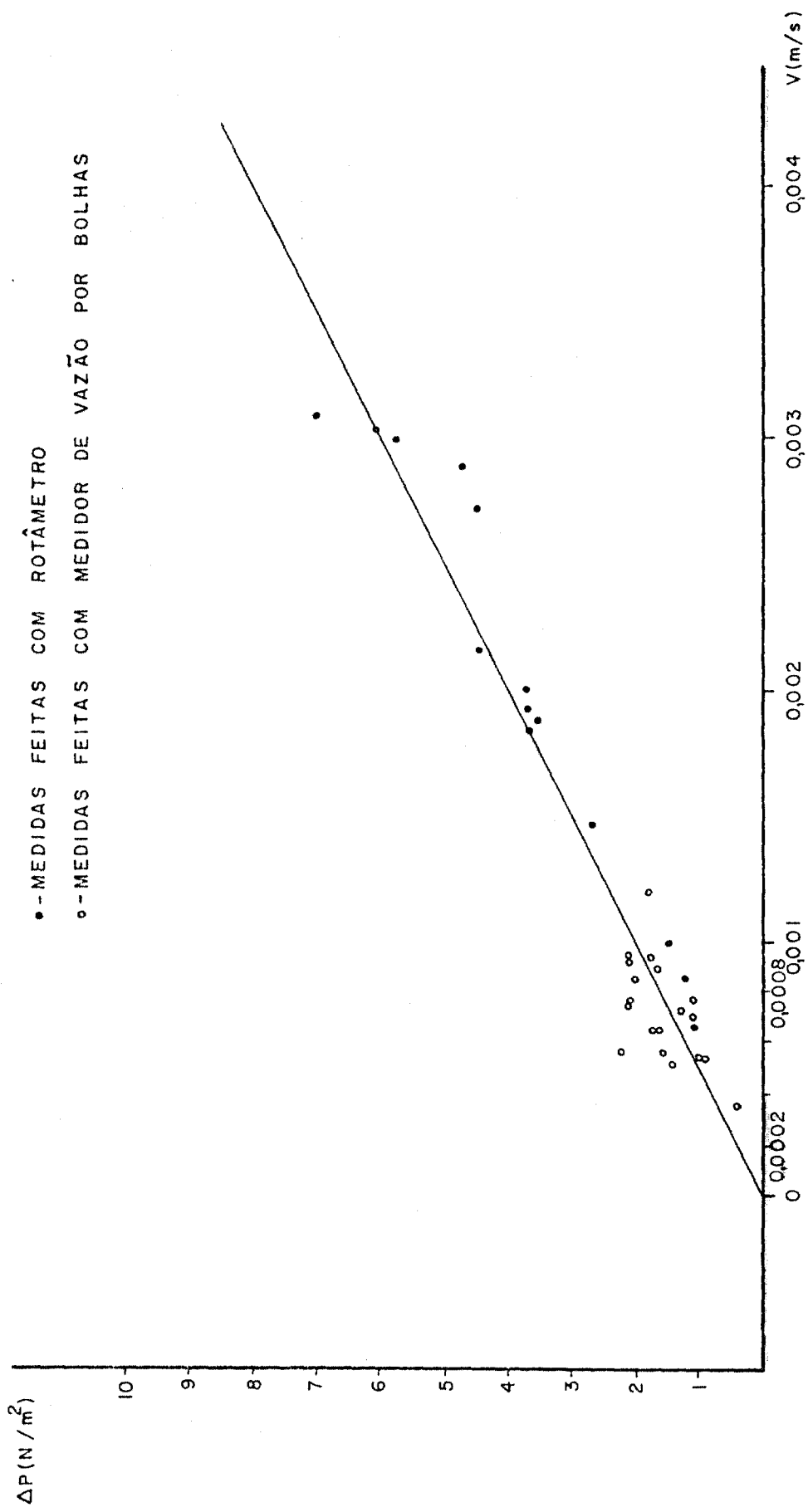


FIGURA 9 - PERMEABILIDADE PARA A PRESSÃO DE 4,0 Kgf/cm<sup>2</sup>

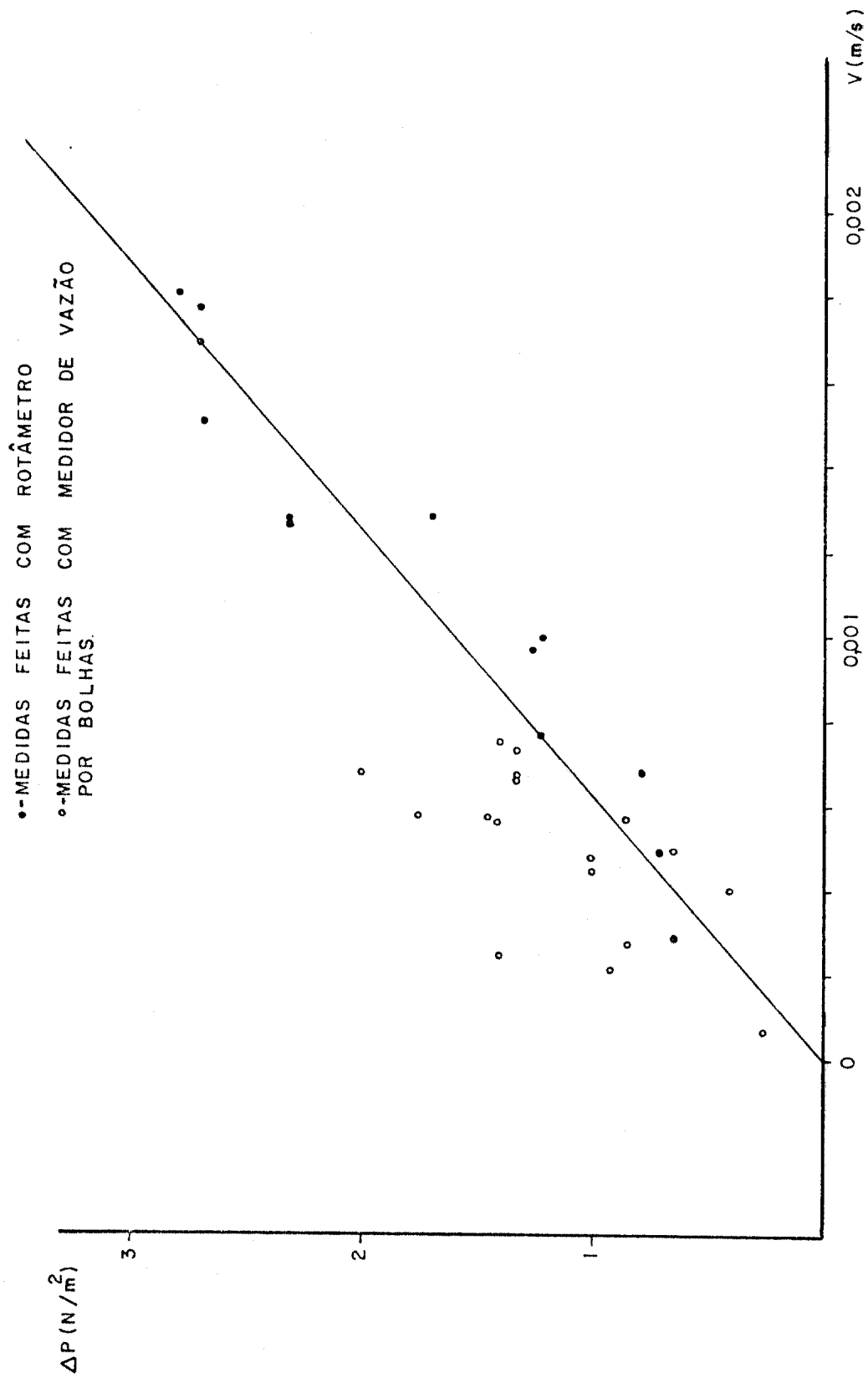
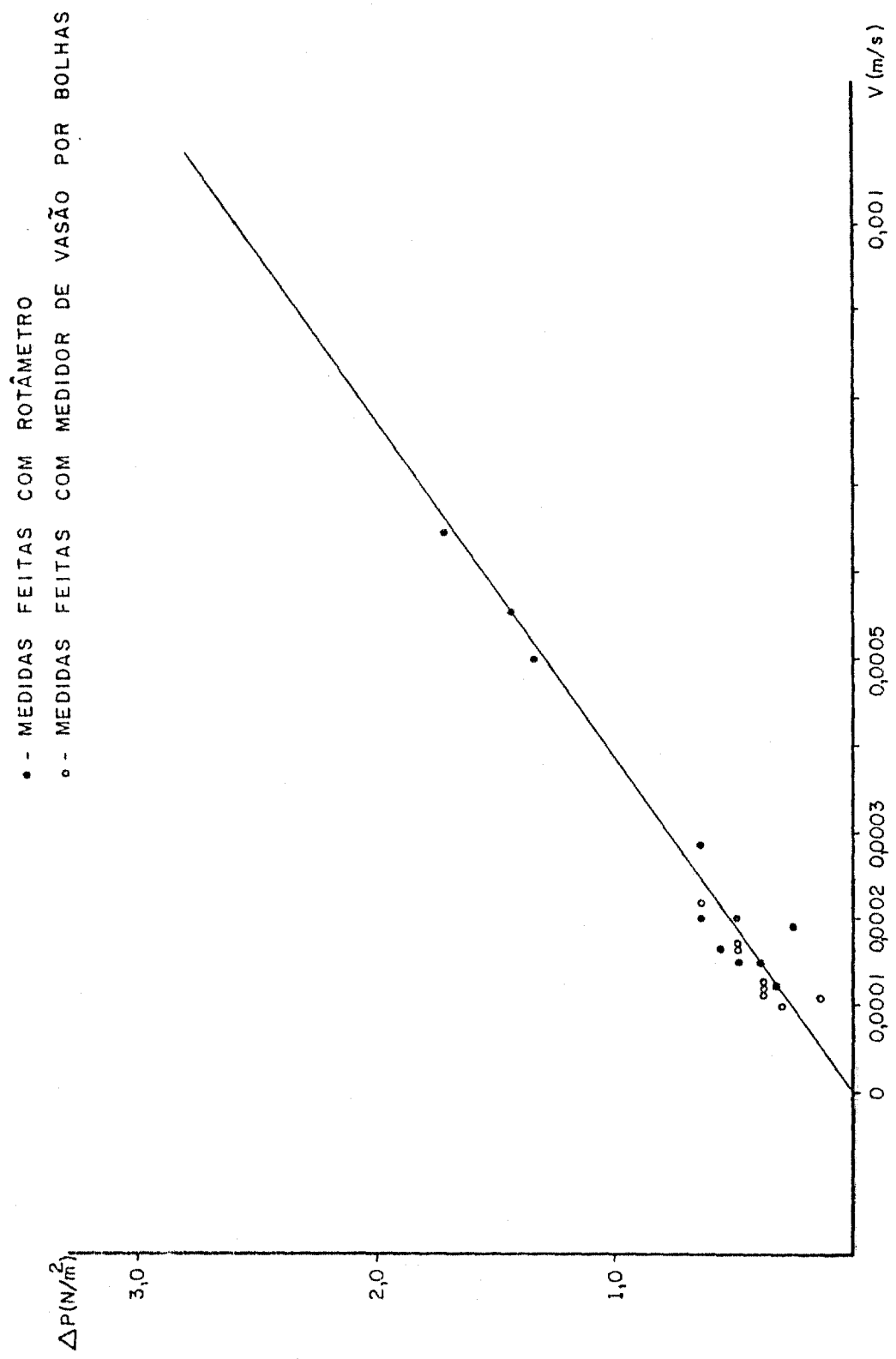


FIGURA 10 - PERMEABILIDADE PARA A PRESSÃO DE 5,5 Kgf/cm<sup>2</sup>



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
 I. P. E. N.

FIGURA 11 - PERMEABILIDADE PARA A PRESSÃO DE 30,5 Kgf/cm<sup>2</sup>

RUN PRINT

&gt;

DATA : 26-MAR-81

HORA: 10:44:53

N = 2981

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR  
 DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>  
 PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 46,4 kgf/cm<sup>2</sup>  
 TEMPERATURA AMBIENTE : 26.0 C  
 POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 40.10 WATTS  
 DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 47.30 VOLTS  
 DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 29.20 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 114.84	T( 2)= 114.98	T( 3)= 114.07
114.63+/-0.751	115.91+/-0.914	113.25+/-0.841
T( 4)= 113.85	T( 5)= 114.51	T( 6)= 115.95
115.11+/-1.878	114.42+/-1.888	115.51+/-1.826
T( 7)= 115.09	T( 8)= 117.60	T( 9)= 113.26
116.37+/-1.926	116.24+/-1.839	114.40+/-1.875
T(10)= 117.36	T(11)= 117.65	T(12)= 114.91
116.92+/-1.919	116.66+/-1.898	116.47+/-1.901
T(13)= 118.91	T(14)= 117.26	T(15)= 114.61
110.40+/-47.49	117.60+/-1.861	116.02+/-1.787
T(16)= 117.30	T(17)= 54.58	T(18)= 52.87
116.62+/-1.920	55.16+/-0.575	53.13+/-0.457
T(19)= 56.53	T(20)= 62.55	
55.30+/-0.403	63.33+/-0.832	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.29527 KEF(2)= 0.24993

KEF(3)= 0.25197 KEF(4)= 0.25268

KEFMED = 0.26246 W/M C

PRINT -- STOP

$T_Q = 114,73 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $T_F = 56,73 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $T = 85,73 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 58,0 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $\beta = 2,786 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1}$   
 $\eta = 2,113 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$

$C_p = 1057,23 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$   
 $\rho = 46,86 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$   
 $\lambda_{\text{gás}} = 3,070 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$   
 $Nu = 4,23$   
 $Ra/A = 29,23$

RUN PRINT

DATA : 25-MAR-81

HORA: 13:22:57

N = 4795

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 41,7 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 27,0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 40,91 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 47,60 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 29,10 VOLTS

## \*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 120,79	T( 2)= 121,17	T( 3)= 118,64
120,14+/-0,961	121,55+/-0,809	118,91+/-1,049
T( 4)= 121,59	T( 5)= 119,04	T( 6)= 121,64
120,75+/-0,890	120,02+/-0,859	121,23+/-1,057
T( 7)= 122,20	T( 8)= 120,82	T( 9)= 120,91
122,04+/-*****	121,93+/-1,409	120,31+/-1,541
T(10)= 121,79	T(11)= 123,05	T(12)= 122,89
122,67+/-1,638	122,75+/-1,512	122,49+/-1,527
T(13)= 121,65	T(14)= 123,11	T(15)= 122,52
123,24+/-0,815	122,85+/-1,015	121,33+/-1,160
T(16)= 120,31	T(17)= 56,40	T(18)= 53,48
121,86+/-1,072	55,61+/-0,772	53,62+/-0,854
T(19)= 55,92	T(20)= 64,38	
55,85+/-1,081	63,73+/-0,753	

## \*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0,27399 KEF(2)= 0,23523

KEF(3)= 0,23667 KEF(4)= 0,23722

KEFMED = 0,24578 W/M C

PRINT -- STOP

$$\begin{aligned}
 T_Q &= 120,34 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_F &= 57,20 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T &= 88,77 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \Delta T &= 63,10 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \beta &= 2,763 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1} \\
 \eta &= 2,126 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_p &= 1051,55 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \\
 \rho &= 41,56 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \\
 \lambda_{\text{gás}} &= 3,092 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}} \\
 Nu &= 3,91 \\
 Ra/A &= 24,33
 \end{aligned}$$

RUN PRINT

DATA : 24-MAR-81

HORA: 13:23:05

N = 4135

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 35,3 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 27.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 40.91 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 48.20 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 29.40 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 127.91 127.09+/-0.794	T( 2)= 127.17 128.66+/-1.753	T( 3)= 126.77 126.06+/-1.646
T( 4)= 128.53 127.91+/-1.613	T( 5)= 126.13 127.17+/-1.572	T( 6)= 129.84 128.49+/-1.580
T( 7)= 128.69 129.28+/-1.753	T( 8)= 128.45 129.10+/-1.542	T( 9)= 128.56 127.67+/-1.635
T(10)= 128.74 130.01+/-1.764	T(11)= 131.63 130.18+/-1.672	T(12)= 129.28 130.00+/-1.599
T(13)= -1.58 98.10+/-71.86	T(14)= 131.79 130.46+/-1.595	T(15)= 127.22 129.01+/-1.478
T(16)= 129.95 129.42+/-1.624	T(17)= 57.41 56.52+/-0.335	T(18)= 52.87 54.38+/-0.638
T(19)= 57.96 56.46+/-0.970	T(20)= 64.38 64.55+/-0.634	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.24711	KEF(2)= 0.21404
KEF(3)= 0.21562	KEF(4)= 0.21645
KEFNED = 0.22331	W/M C

PRINT -- STOP

T <sub>Q</sub> = 127,43 °C	Cp = 1045,32 $\frac{J}{Kg \cdot ^\circ K}$
T <sub>F</sub> = 57,98 °C	$\rho$ = 35,02 $\frac{Kg}{m^3}$
T = 92,70 °C	$\lambda_{g\acute{a}s}$ = 3,116 x 10 <sup>-2</sup> $\frac{W}{m \cdot ^\circ K}$
$\Delta T$ = 69,45 °C	Nu = 3,52
$\beta$ = 2,732 x 10 <sup>-3</sup> (°K) <sup>-1</sup>	Ra/A = 18,44
$\eta$ = 2,142 x 10 <sup>-5</sup> $\frac{Kg}{s \cdot m}$	

RUN PRINT

DATA 30-APR-61 HORA 15:36:37

N = 4644

TIPO DE GAS DE OPERAÇÃO BF

DENSIDADE COMPACTADA DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSÃO ESTÁTICA DE OPERAÇÃO : 42,7 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 27,0 °C

POTÊNCIA DISSIPADA-AQ CENTRAL : 52,50 WATTS

DIFERENÇA POTENCIAL-AQ LATERAL 1 : 51,30 VOLTS

DIFERENÇA POTENCIAL-AQ LATERAL 2 : 31,30 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T(1)= 138,59	T(2)= 139,32	T(3)= 138,66
138,43+/-1,268	140,40+/-1,225	137,25+/-1,124
T(4)= 138,62	T(5)= 139,03	T(6)= 140,55
139,76+/-1,292	138,50+/-1,301	139,88+/-1,321
T(7)= 140,04	T(8)= 142,59	T(9)= 137,39
140,97+/-1,197	140,71+/-1,158	138,84+/-1,252
T(10)= 142,83	T(11)= 141,20	T(12)= 138,64
141,68+/-1,284	140,59+/-1,193	139,65+/-1,126
T(13)= 186,89	T(14)= 138,43	T(15)= 138,54
172,84+/-10,93	139,94+/-1,418	138,08+/-1,332
T(16)= 139,37	T(17)= 59,03	T(18)= 60,79
138,59+/-1,122	60,19+/-1,225	59,08+/-1,284
T(19)= 71,44	T(20)= 73,52	
71,71+/-1,228	71,50+/-1,654	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0,29610	KEF(2)= 0,28861
KEF(3)= 0,25370	KEF(4)= 0,24923
KEFMED = 0,27191	W/M °C

PRINT -- STOP

T <sub>Q</sub> = 138,98 °C	Cp = 1049,35 $\frac{J}{Kg \cdot ^\circ K}$
T <sub>F</sub> = 65,62 °C	$\rho = 41,06 \frac{Kg}{m^3}$
T = 102,3 °C	$\lambda_{g\acute{a}s} = 3,189 \times 10^{-2} \frac{W}{m \cdot ^\circ K}$
$\Delta T = 73,36 \text{ } ^\circ C$	Nu = 4,10
$\beta = 2,664 \times 10^{-3} (^\circ K)^{-1}$	Ra/A = 25,12
$\eta = 2,183 \times 10^{-5} \frac{Kg}{s \cdot m}$	

RUN PRINT

DATA : 23-MAR-81

HORA: 14:49:40

N = 7619

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 27,2 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 27.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 40.73 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 49.70 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 29.60 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 142.54	T( 2)= 144.72	T( 3)= 142.81
142.77+/-1.161	144.61+/-1.107	142.09+/-0.383
T( 4)= 142.98	T( 5)= 143.21	T( 6)= 145.59
143.70+/-1.123	143.09+/-1.250	144.56+/-1.233
T( 7)= 144.69	T( 8)= 146.30	T( 9)= 144.01
145.35+/-1.126	145.33+/-1.288	143.90+/-0.948
T(10)= 144.09	T(11)= 147.37	T(12)= 145.20
146.11+/-2.425	145.64+/-1.130	145.32+/-2.006
T(13)= 145.85	T(14)= 145.07	T(15)= 146.00
145.28+/-2.143	146.00+/-2.037	144.30+/-1.262
T(16)= 144.38	T(17)= 57.01	T(18)= 55.72
144.79+/-0.894	57.34+/-0.974	55.14+/-1.101
T(19)= 56.73	T(20)= 65.20	
57.57+/-1.195	64.58+/-0.955	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.19677 KEF(2)= 0.17638

KEF(3)= 0.17696 KEF(4)= 0.17816

KEFMED = 0.18207 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 143,29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 58,61 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 100,95 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 84,68 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,673 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,177 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1036,96 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^{\circ}\text{K}}$$

$$\rho = 26,39 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,179 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{K}}$$

$$\text{Nu} = 2,76$$

$$\text{Ra/A} = 11,94$$

RUN PRINT

&gt;

DATA : 29-APR-81

HORA: 16:14:24

N = 27031

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 36,1 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 28.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 52.32 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL--AQ. LATERAL 1: 51.70 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL--AQ. LATERAL 2: 32.50 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 149.05	T( 2)= 149.34	T( 3)= 143.61
146.41+/-1.533	148.71+/-1.564	145.57+/-1.833
T( 4)= 150.49	T( 5)= 145.76	T( 6)= 147.47
147.92+/-1.965	146.94+/-2.141	148.24+/-1.746
T( 7)= 151.57	T( 8)= 146.30	T( 9)= 148.83
149.41+/-1.759	149.12+/-2.240	147.31+/-2.279
T(10)= 149.34	T(11)= 148.77	T(12)= 148.78
150.07+/-1.693	148.30+/-2.025	147.91+/-1.714
T(13)= 388.64	T(14)= 152.91	T(15)= 146.00
355.18+/-*****	149.74+/-1.997	147.97+/-2.635
T(16)= 148.78	T(17)= 61.46	T(18)= 56.33
148.40+/-0.601	60.41+/-1.543	59.21+/-1.821
T(19)= 74.70	T(20)= 70.27	
72.03+/-1.555	71.42+/-1.476	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.26354 KEF(2)= 0.25773

KEF(3)= 0.22886 KEF(4)= 0.22584

KEFMED = 0.24399 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 147,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 65,77 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 106,46 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 81,38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,634 \times 10^{-3} \text{ } (^\circ\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,202 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1043,85 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 34,44 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gas}} = 3,222 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$\text{Nu} = 3,60$$

$$\text{Ra/A} = 18,80$$

137 kg/m<sup>3</sup>  
 PRESSAO ESTÁTICA DE OPERACAO : 20,5 kgf/cm<sup>2</sup>  
 TEMPERATURA AMBIENTE : 27.0 °C  
 POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 39.64 WATTS  
 DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 50.40 VOLTS  
 DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 29.70 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 152.60	T( 2)= 157.04	T( 3)= 153.88
153.67+/-0.412	155.49+/-0.276	153.20+/-0.992
T( 4)= 153.26	T( 5)= 155.56	T( 6)= -1.58
154.52+/-0.980	153.87+/-0.851	-1.07+/-2.105
T( 7)= 157.63	T( 8)= 156.51	T( 9)= 154.43
156.28+/-0.812	156.29+/-2.097	155.27+/-0.832
T(10)= 158.56	T(11)= 156.12	T(12)= 158.11
157.21+/-0.591	157.44+/-1.295	157.11+/-1.225
T(13)= 158.44	T(14)= 155.93	T(15)= 157.49
156.74+/-0.768	157.14+/-0.874	155.37+/-0.957
T(16)= 154.98	T(17)= 56.20	T(18)= 56.73
154.71+/-0.767	57.23+/-0.747	54.82+/-0.947
T(19)= 55.92	T(20)= 63.37	
57.09+/-0.929	63.44+/-0.956	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.16596 KEF(2)= 0.15219  
 KEF(3)= 0.15220 KEF(4)= 0.15391

KEFMED = 0.15606 W/M C

PRINT --- STOP

RUN PRINT

T <sub>Q</sub> = 154,22 °C	Cp = 1011,52 $\frac{J}{Kg \cdot ^\circ K}$
T <sub>F</sub> = 58,15 °C	$\rho = 19,64 \frac{Kg}{m^3}$
T = 106,19 °C	$\lambda_{g\acute{a}s} = 3,223 \times 10^{-2} \frac{W}{m \cdot ^\circ K}$
$\Delta T = 96,07 \text{ } ^\circ C$	Nu = 2,31
$B = 2,636 \times 10^{-3} (^\circ K)^{-1}$	Ra/A = 7,04
$\eta = 2,2017 \times 10^{-5} \frac{W}{s \cdot m}$	

RUN PRINT

DATA : 23-APR-81

HORA: 13:16:28

N = 26028

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 23,1 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 26.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 42.37 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 50.10 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 29.40 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 157.92	T( 2)= 161.07	T( 3)= 155.86
158.46+/-1.004	159.63+/-0.480	157.02+/-1.486
T( 4)= 159.38	T( 5)= 158.50	T( 6)= 158.36
158.84+/-1.232	157.96+/-1.056	159.75+/-1.392
T( 7)= 162.47	T( 8)= 158.91	T( 9)= 158.84
160.52+/-1.674	160.38+/-2.299	159.26+/-2.509
T(10)= 161.49	T(11)= 158.11	T(12)= 160.09
161.19+/-0.492	160.38+/-1.266	158.82+/-1.079
T(13)= 350.23	T(14)= 161.54	T(15)= 158.98
305.10+/-36.84	160.37+/-0.734	158.40+/-0.753
T(16)= 157.98	T(17)= 57.21	T(18)= 52.87
158.86+/-0.783	56.00+/-1.292	54.69+/-1.474
T(19)= 64.91	T(20)= 64.38	
64.62+/-1.147	64.13+/-1.248	

+++ CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA +++

KEF(1)= 0.16967 KEF(2)= 0.16847

KEF(3)= 0.15641 KEF(4)= 0.15564

KEFMED = 0.16255 W/M C

PRINT --- STOP

$$T_Q = 158,49 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 59,93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 109,21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 98,56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,62 \times 10^{-3} (\text{ } ^\circ\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,211 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1032,31 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 21,94 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,239 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$Nu = 2,38$$

$$Ra/A = 9,05$$

RUN PRINT

DATA : 08-MAY-81

HORA: 16:16:19

N = 1520

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 45,7 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 30.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 69.58 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 58.90 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 35.50 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 164.22	T( 2)= 167.41	T( 3)= 161.77
163.59+/-3.989	166.52+/-4.455	162.53+/-4.340
T( 4)= 166.08	T( 5)= 164.17	T( 6)= 165.26
165.49+/-5.598	164.32+/-4.451	165.67+/-4.473
T( 7)= 167.51	T( 8)= 165.70	T( 9)= 164.24
167.12+/-4.515	166.66+/-4.513	164.45+/-4.423
T(10)= 166.94	T(11)= 164.46	T(12)= 165.45
167.96+/-4.500	165.21+/-4.491	165.51+/-4.426
T(13)= 198.15	T(14)= 167.16	T(15)= 164.08
197.90+/-5.645	166.16+/-4.513	164.06+/-4.448
T(16)= 164.37	T(17)= 71.37	T(18)= 68.09
164.65+/-1.459	70.73+/-2.245	69.15+/-2.330
T(19)= 85.29	T(20)= 84.67	
85.44+/-2.577	85.22+/-2.539	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.33538 KEF(2)= 0.32415

KEF(3)= 0.28149 KEF(4)= 0.27737

KEFMED = 0.30460 W/M C

PRINT -- STOP

$$\begin{aligned}
 T_Q &= 164,53 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_F &= 77,64 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T &= 121,09 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \Delta T &= 86,89 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \beta &= 2,537 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1} \\
 \eta &= 2,262 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_p &= 1050,2 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \\
 \rho &= 41,73 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \\
 \lambda_{\text{gás}} &= 3,324 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}} \\
 Nu &= 4,22 \\
 Ra/A &= 27,17
 \end{aligned}$$

DATA : 28-APR-81

HORR. 15.03.53

N = 14596

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 28,5 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 28.0 C

POTENCIA DISSIPADA-AQ. CENTRAL : 52.53 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 54.80 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 32.20 VOLTS

## \*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 168.35	T( 2)= 167.22	T( 3)= 166.51
169.11+/-1.209	168.38+/-1.911	165.22+/-0.673
T( 4)= 164.90	T( 5)= 166.91	T( 6)= 168.82
167.43+/-1.460	166.45+/-1.503	168.18+/-0.968
T( 7)= 167.71	T( 8)= 170.89	T( 9)= 165.83
169.20+/-1.313	169.05+/-1.102	167.53+/-1.259
T(10)= 170.91	T(11)= 170.41	T(12)= 166.83
169.97+/-0.925	170.85+/-1.754	167.36+/-0.612
T(13)= 502.71	T(14)= 166.96	T(15)= 168.11
361.15+/-*****	168.88+/-1.850	166.89+/-1.408
T(16)= 166.76	T(17)= 60.45	T(18)= 61.80
167.32+/-1.574	62.28+/-1.180	61.00+/-1.363
T(19)= 71.44	T(20)= 72.91	
74.10+/-1.308	73.14+/-1.023	

## \*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.20677 KEF(2)= 0.21047

KEF(3)= 0.19040 KEF(4)= 0.18871

KEFMED = 0.19909 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 167,54 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 67,61 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 117,58 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 99,93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,559 \times 10^{-3} \text{ (} ^\circ\text{K)}^{-1}$$

$$\eta = 2,247 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1036,38 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 26,44 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,299 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$Nu = 2,81$$

$$Ra/A = 12,64$$

RUN PRINT  
>

DATA : 07-MAY-81

HORA: 16:25:08

N = 23448

TIPO DE GAS DE OPERAÇÃO : AR

DENSIDADE COMPACTAÇÃO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSÃO ESTÁTICA DE OPERAÇÃO : 142,1 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 28.0 C

POTÊNCIA DISSIPADA-AQ. CENTRAL : 69.02 WATTS

DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 59.90 VOLTS

DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 35.50 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 169.72	T( 2)= 171.82	T( 3)= 167.49
169.46+/-1.334	171.50+/-1.363	167.55+/-0.876
T( 4)= 170.61	T( 5)= 168.47	T( 6)= 171.32
170.41+/-1.720	169.35+/-1.676	170.73+/-1.722
T( 7)= 171.94	T( 8)= 171.29	T( 9)= 169.83
172.16+/-1.161	171.77+/-0.708	169.54+/-1.092
T(10)= 171.75	T(11)= 171.01	T(12)= 170.40
172.94+/-1.733	171.10+/-2.050	170.43+/-1.178
T(13)= 244.02	T(14)= 172.57	T(15)= 169.60
243.67+/-2.531	171.75+/-2.203	169.66+/-0.887
T(16)= 170.55	T(17)= 70.15	T(18)= 68.09
170.20+/-1.168	70.36+/-1.113	68.85+/-1.403
T(19)= 85.49	T(20)= 84.06	
85.60+/-1.297	84.88+/-1.119	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.30822 KEF(2)= 0.30350

KEF(3)= 0.26417 KEF(4)= 0.26058

KEFMED = 0.26412 W/M C

PRINT --- STOP

$$\begin{aligned}
 T_Q &= 169,73 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_F &= 77,42 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T &= 123,58 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \Delta T &= 92,31 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \beta &= 2,520 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1} \\
 \eta &= 2,272 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_p &= 1047,24 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \\
 \rho &= 38,23 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \\
 \lambda_{\text{gás}} &= 3,341 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}} \\
 Nu &= 3,97 \\
 Ra/A &= 23,7
 \end{aligned}$$

RUN PRINT

&gt;

DATA : 19-MAR-81

HORA: 16:02:14

N = 8343

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 15,05 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 27.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 40.13 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 53.50 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 30.10 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 179.74	T( 2)= 179.68	T( 3)= 179.30
179.10+/-0.370	181.30+/-0.710	179.00+/-0.334
T( 4)= 180.05	T( 5)= 179.01	T( 6)= -0.51
179.97+/-0.991	179.40+/-0.792	-1.12+/-0.608
T( 7)= 180.60	T( 8)= 182.85	T( 9)= 181.60
182.28+/-1.576	182.31+/-1.665	181.39+/-1.746
T(10)= 182.19	T(11)= 186.46	T(12)= 183.85
182.89+/-2.143	185.18+/-1.670	184.93+/-1.674
T(13)= 183.97	T(14)= 181.77	T(15)= 177.23
184.17+/-1.492	181.32+/-1.800	179.10+/-1.840
T(16)= 179.92	T(17)= 59.44	T(18)= 55.92
179.44+/-1.758	59.22+/-0.948	56.55+/-0.835
T(19)= 60.21	T(20)= 62.76	
58.83+/-0.881	63.65+/-0.686	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.13131 KEF(2)= 0.12378

KEF(3)= 0.12380 KEF(4)= 0.12554

KEFMED = 0.12611 W/M C

PRINT --- STOP

$$T_Q = 179,84 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 59,56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 119,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 120,28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,545 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,253 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1025,03 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 13,62 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,218 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$\text{Nu} = 1,78$$

$$\text{Ra/A} = 4,06$$

RUN PRINT

DATA : 27-APR-81

HORA. 15:39:37

N = 7358

TIPO DE GAS DE OPERAÇÃO : AR

DENSIDADE COMPACTAÇÃO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSÃO ESTATICA DE OPERAÇÃO : 22,7 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 28.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 52.42 WATTS

DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 56.10 VOLTS

DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 32.50 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 188.37	T( 2)= 188.49	T( 3)= 186.38
188.23+/-1.378	188.51+/-2.532	185.49+/-2.530
T( 4)= 185.16	T( 5)= 187.59	T( 6)= 188.84
187.40+/-2.733	186.44+/-2.516	188.62+/-2.916
T( 7)= 188.24	T( 8)= 190.81	T( 9)= 186.38
189.53+/-2.597	189.32+/-2.570	188.15+/-2.538
T(10)= 190.12	T(11)= 189.82	T(12)= 186.22
190.22+/-2.318	190.02+/-2.722	187.39+/-2.487
T(13)= 279.08	T(14)= 187.77	T(15)= 187.61
281.82+/-4.976	189.23+/-1.066	186.84+/-1.559
T(16)= 187.67	T(17)= 61.67	T(18)= 63.43
187.28+/-1.149	63.23+/-1.258	61.68+/-1.381
T(19)= 72.25	T(20)= 71.90	
73.41+/-1.263	72.74+/-1.306	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.17147	KEF(2)= 0.17204
KEF(3)= 0.15994	KEF(4)= 0.15948
KEFMED = 0.16573	W/M C

PRINT -- STOP

T<sub>Q</sub> = 187,42 °C

T<sub>F</sub> = 67,77 °C

T = 127,48 °C

ΔT = 119,65 °C

β = 2,496 x 10<sup>-3</sup> (°K)<sup>-1</sup>

η = 2,285 x 10<sup>-5</sup>  $\frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$

Cp = 1032,99  $\frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$

ρ = 20,55  $\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

λ<sub>gás</sub> = 3,365 x 10<sup>-2</sup>  $\frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$

Nu = 2,24

Ra/A = 8,56

RUN PRINT

DATA . 11-MAY-81

HORA. 15:50:28

N = 23195

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 33,3 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 31.0 C

POTENCIA DISSIPADA-AQ. CENTRAL : 69.95 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 61.00 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 36.10 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 187.00	T( 2)= 188.49	T( 3)= 186.77
187.46+/-3.587	189.37+/-5.202	185.42+/-4.026
T( 4)= 186.73	T( 5)= 189.34	T( 6)= 188.01
188.15+/-4.983	187.07+/-4.159	188.99+/-2.675
T( 7)= 190.05	T( 8)= 181.74	T( 9)= 185.99
190.14+/-3.025	189.93+/-2.349	187.82+/-1.248
T(10)= 193.24	T(11)= 188.04	T(12)= 188.40
191.02+/-4.277	189.21+/-3.845	187.98+/-1.966
T(13)= 252.09	T(14)= 188.17	T(15)= 189.09
253.17+/-2.941	189.75+/-5.584	187.52+/-3.059
T(16)= 187.08	T(17)= 72.59	T(18)= 71.94
187.97+/-3.860	72.34+/-1.896	70.58+/-2.299
T(19)= 87.12	T(20)= 87.91	
87.26+/-3.488	86.82+/-3.719	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.26237 KEF(2)= 0.25878

KEF(3)= 0.23010 KEF(4)= 0.22015

KEFMED 0.21490 W/M C

PRINT STOP

$$\begin{aligned}
 T_Q &= 187,6 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_F &= 79,24 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T &= 133,42 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \Delta T &= 108,35 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \beta &= 2,459 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1} \\
 \eta &= 2,313 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_p &= 1039,93 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \\
 \rho &= 29,58 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \\
 \lambda_{\text{gás}} &= 3,410 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}} \\
 Nu &= 3,24 \\
 Ra/A &= 15,53
 \end{aligned}$$

NON PRINT

DATA : 13 / 07 / 81

HORA : 09:02:37

N = 12740

TIPO DE GAS DE OPERAÇÃO : AR

DENSIDADE COMPACTAÇÃO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSÃO ESTÁTICA DE OPERAÇÃO : 26,3 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 26,0 C

POTÊNCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 70,05 WATTS

DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 62,40 VOLTS

DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 36,20 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T(1)= 205,01	T(2)= 209,59	T(3)= 204,23
204,96+/-0,000	208,97+/-1,735	205,29+/-0,812
T(4)= 209,67	T(5)= 208,48	T(6)= 208,80
207,72+/-1,188	208,61+/-1,181	209,04+/-1,386
T(7)= 211,10	T(8)= 207,98	T(9)= 210,05
209,95+/-1,429	208,71+/-0,998	207,96+/-1,589
T(10)= 211,14	T(11)= 208,79	T(12)= 207,72
210,96+/-1,706	208,87+/-2,257	207,52+/-2,151
T(13)= 345,35	T(14)= 238,91	T(15)= 204,73
381,37+/-19,31	238,50+/-2,675	205,62+/-2,196
T(16)= 208,34	T(17)= 72,37	T(18)= 69,30
206,17+/-2,204	72,13+/-1,442	69,36+/-1,636
T(19)= 88,92	T(20)= 84,67	
85,41+/-1,602	84,60+/-1,247	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0,21985 KEF(2)= 0,21417

KEF(3)= 0,19467 KEF(4)= 0,19371

KEFMED = 0,20560 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 206,99 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 77,63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 142,31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 129,36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,408 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,348 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1034,73 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 22,87 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,473 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$\text{Nu} = 2,61$$

$$\text{Ra/A} = 10,46$$

RUN PRINT

DATA : 22-APR-81

HORA : 16:43:35

N = 10195

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 10,7 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 27,0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 42,39 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 55,70 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 31,70 VOLTS

++ TEMPERATURAS ++

T( 1)= 221,99 220,35+/-1,118	T( 2)= 220,55 221,23+/-1,264	T( 3)= 217,93 218,79+/-1,158
T( 4)= 221,79 219,73+/-1,817	T( 5)= 217,32 219,06+/-1,619	T( 6)= 222,49 222,30+/-1,120
T( 7)= 223,50 222,60+/-1,522	T( 8)= 220,38 222,42+/-1,365	T( 9)= 220,36 221,93+/-2,622
T(10)= 223,80 222,96+/-2,961	T(11)= 223,33 222,15+/-2,484	T(12)= 218,14 219,89+/-2,640
T(13)= 218,95 219,10+/-3,418	T(14)= 221,84 222,36+/-1,346	T(15)= 217,80 219,56+/-1,716
T(16)= 221,78 220,35+/-1,120	T(17)= 60,05 61,92+/-1,342	T(18)= 59,57 60,07+/-1,543
T(19)= 65,93 64,98+/-1,410	T(20)= 64,38 65,73+/-1,371	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0,10337 KEF(2)= 0,10249

KEF(3)= 0,10069 KEF(4)= 0,10147

KEFMED = 0,10210 W/M C

PRINT -- STOP

*220,02*

T<sub>Q</sub> = 220,02 °C  
T<sub>F</sub> = 63,17 °C  
T = 141,59 °C  
ΔT = 156,85 °C  
β = 3,468 x 10<sup>-2</sup> (°K)<sup>-1</sup>  
η = 2,345 x 10<sup>-5</sup>  $\frac{Kg}{s \cdot m}$

C<sub>p</sub> = 1023,37  $\frac{J}{Kg \cdot °K}$   
ρ = 9,38  $\frac{Kg}{m^3}$   
λ<sub>gás</sub> = 3,468 x 10<sup>-2</sup>  $\frac{W}{m \cdot °K}$   
Nu = 1,29  
Ra/A = 2,73

RUN PRINT

DATA 14-MAY-81

HORA 15:59:32

N = 23875

TIPO DE GAS DE OPERAÇÃO : AR

DENSIDADE COMPACTAÇÃO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSÃO ESTATICA DE OPERAÇÃO : 22,3 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 30,0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 70,06 WATTS

DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 64,60 VOLTS

DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 37,30 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 228,23	T( 2)= 231,01	T( 3)= 228,86
228,12+/-1,329	231,23+/-0,640	227,59+/-0,496
T( 4)= 228,62	T( 5)= 229,33	T( 6)= 231,80
229,89+/-0,647	228,63+/-1,506	231,55+/-2,013
T( 7)= 231,49	T( 8)= 232,44	T( 9)= 230,45
232,36+/-1,466	232,13+/-1,902	230,70+/-1,619
T(10)= 232,09	T(11)= 230,21	T(12)= 228,94
233,25+/-1,973	230,17+/-2,134	229,67+/-2,452
T(13)= 224,97	T(14)= 233,16	T(15)= 229,37
224,99+/-2,552	232,49+/-1,722	229,56+/-3,083
T(16)= 230,67	T(17)= 74,81	T(18)= 73,15
229,98+/-1,626	75,75+/-1,340	73,37+/-1,374
T(19)= 87,94	T(20)= 87,71	
88,78+/-1,358	88,13+/-0,961	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0,18987 KEF(2)= 0,18579

KEF(3)= 0,17162 KEF(4)= 0,17171

KEFMED = 0,17955 W/M C

PRINT --- STOP

$$T_Q = 229,47 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 81,51 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 155,49 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 147,96 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,333 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,400 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1032,52 \frac{\text{j}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 18,76 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,565 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$Nu = 2,16$$

$$Ra/A = 7,41$$

RUN PRINT

&gt;

DATA : 10-JUN-81

HORA: 14:16:23

N = 11474

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 11,2 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 26.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 68.51 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 67.81 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 38.62 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 276.34	T( 2)= 278.90	T( 3)= 276.10
278.62+/-3.234	282.63+/-3.431	279.08+/-*****
T( 4)= 277.98	T( 5)= 275.79	T( 6)= 280.84
280.61+/-1.943	279.33+/-1.463	283.43+/-2.607
T( 7)= 279.39	T( 8)= 281.25	T( 9)= 280.49
283.62+/-1.850	283.72+/-1.785	283.03+/-1.625
T(10)= 281.18	T(11)= 282.24	T(12)= 279.75
284.78+/-1.986	283.83+/-1.549	283.44+/-2.586
T(13)= 273.94	T(14)= 281.76	T(15)= 275.66
277.56+/-2.572	283.49+/-2.215	280.17+/-1.349
T(16)= 277.69	T(17)= 71.78	T(18)= 69.30
280.77+/-3.493	76.66+/-3.251	73.55+/-3.311
T(19)= 81.42	T(20)= 79.40	
84.27+/-3.174	84.86+/-3.293	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.13357 KEF(2)= 0.13047

KEF(3)= 0.12592 KEF(4)= 0.12689

KEFMED = 0.12921 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 280,23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 79,83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 180,03 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 200,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,207 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,496 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1027,8 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 8,96 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,731 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$\text{Nu} = 1,43$$

$$\text{Ra/A} = 2,47$$

RUN PRINT

&gt;

DATA : 31-JAN-78

HORA: 17:25:34

N = 2116

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 9,0 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 26.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 70.07 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 69.81 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 38.50 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 304.11	T( 2)= 306.74	T( 3)= 306.23
304.70+/-3.073	309.19+/-2.591	305.66+/-3.231
T( 4)= 303.86	T( 5)= 304.72	T( 6)= 310.31
306.90+/-3.087	305.62+/-3.136	310.24+/-3.518
T( 7)= 307.24	T( 8)= 311.37	T( 9)= 308.10
310.34+/-3.233	310.57+/-3.219	309.82+/-3.016
T(10)= 309.06	T(11)= 312.74	T(12)= 308.48
311.46+/-3.132	311.36+/-7.327	311.13+/-5.829
T(13)= 304.53	T(14)= 310.62	T(15)= 304.39
304.99+/-5.602	310.42+/-5.813	307.00+/-5.567
T(16)= 308.00	T(17)= 78.24	T(18)= 77.20
307.50+/-3.355	80.92+/-3.167	77.71+/-3.274
T(19)= 84.07	T(20)= 84.27	
85.50+/-3.142	87.07+/-3.267	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.12163 KEF(2)= 0.11833

KEF(3)= 0.11612 KEF(4)= 0.11713

KEFMED = 0.11830 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 306,61 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 82,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 194,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 223,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,138 \times 10^{-3} \text{ (} ^\circ\text{K)}^{-1}$$

$$\eta = 2,551 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1028,72 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 6,96 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,830 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$\text{Nu} = 1,24$$

$$\text{Ra/A} = 1,75$$

RUN PRINT

DATA : 12-JUN-81

HORA: 15:06:42

N = 7983

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 6,0 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 26.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 69.91 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 69.64 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 40.11 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 323.70	T( 2)= 325.48	T( 3)= 322.97
324.19+/-2.871	329.08+/-2.178	325.60+/-1.941
T( 4)= 326.17	T( 5)= 321.14	T( 6)= 329.07
326.64+/-1.663	325.44+/-2.043	330.46+/-2.046
T( 7)= 327.71	T( 8)= 327.34	T( 9)= 329.35
330.53+/-2.226	330.56+/-2.674	329.96+/-1.898
T(10)= 327.23	T(11)= 329.19	T(12)= 326.66
331.49+/-1.879	329.46+/-3.115	329.36+/-2.050
T(13)= 318.44	T(14)= 330.57	T(15)= 321.39
322.96+/-1.209	329.63+/-2.301	326.25+/-1.064
T(16)= 324.55	T(17)= 83.49	T(18)= 75.18
326.99+/-1.596	83.57+/-2.833	80.51+/-2.978
T(19)= 83.87	T(20)= 82.04	
84.06+/-2.954	86.94+/-3.087	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.11131 KEF(2)= 0.10778

KEF(3)= 0.10775 KEF(4)= 0.10865

KEFMED = 0.10887 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 326,37 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 83,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 205,04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 242,67 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,092 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,589 \times 10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$C_p = 1028,67 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 4,53 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,898 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$Nu = 1,10$$

$$Ra/A = 0,91$$

DATA : 19-JUN-81

HORA: 15:49:41

N = 8716

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 6,5 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 21.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 70.83 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 0.68 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 40.70 VOLTS

## \*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 324.85 324.67+/-1.340	T( 2)= 328.66 329.49+/-0.771	T( 3)= 327.00 325.96+/-3.871
T( 4)= 330.01 326.97+/-3.612	T( 5)= 325.91 325.86+/-3.667	T( 6)= 333.96 330.94+/-3.755
T( 7)= 333.01 330.88+/-3.257	T( 8)= 331.62 331.10+/-3.139	T( 9)= 333.63 330.43+/-4.049
T(10)= 332.13 331.95+/-3.802	T(11)= 331.51 329.53+/-2.508	T(12)= 331.68 329.32+/-3.678
T(13)= 323.95 323.01+/-3.846	T(14)= 333.10 329.38+/-3.298	T(15)= 326.57 325.87+/-3.777
T(16)= 329.22 327.01+/-4.049	T(17)= 82.28 81.20+/-1.275	T(18)= 79.63 78.17+/-1.382
T(19)= 83.66 81.55+/-1.255	T(20)= 85.28 84.62+/-1.326	

## \*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.11146 KEF(2)= 0.10792

KEF(3)= 0.10798 KEF(4)= 0.10887

KEFMED = 0.10906 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 326,77 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 81,38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 204,07 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 245,30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,096 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,586 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1030,4 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 4,88 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,892 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$\text{Nu} = 1,10$$

$$\text{Ra/A} = 0,91$$

RUN PRINT

DATA : 24-JUN-81

HORA: 14:00:36

N = 11396

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO 4,1 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 25.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 71.14 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 70.38 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 40.93 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 344.76	T( 2)= 349.39	T( 3)= 346.56
341.99+/-1.734	346.98+/-1.732	343.56+/-2.094
T( 4)= 346.68	T( 5)= 345.87	T( 6)= 352.03
344.40+/-1.508	343.47+/-1.479	348.72+/-2.539
T( 7)= 350.65	T( 8)= 352.00	T( 9)= 350.14
348.71+/-2.451	349.00+/-2.152	348.11+/-2.595
T(10)= 351.86	T(11)= 352.72	T(12)= 352.29
349.74+/-2.860	349.89+/-2.255	350.02+/-2.613
T(13)= 346.98	T(14)= 351.03	T(15)= 347.23
343.34+/-3.067	348.17+/-2.406	344.74+/-2.528
T(16)= 349.20	T(17)= 88.93	T(18)= 86.10
345.82+/-2.520	86.98+/-2.391	83.80+/-2.471
T(19)= 86.51	T(20)= 90.34	
84.70+/-2.408	88.57+/-2.485	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.10604 KEF(2)= 0.10246

KEF(3)= 0.10346 KEF(4)= 0.10440

KEFMED = 0.10409 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 344,21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 86,01 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 215,12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 258,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,048 \times 10^{-3} \text{ (} ^\circ\text{K)}^{-1}$$

$$\eta = 2,626 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1029,73 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 3,04 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,964 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$Nu = 1,03$$

$$Ra/A = 0,46$$

RUN PRINT

DATA : 16-JUN-81

HORA: 16:46:37

N = 8510

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 5,7 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 24.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 70.46 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 70.50 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 40.77 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 335.01	T( 2)= 338.38	T( 3)= 336.41
330.73+/-5.191	335.67+/-4.362	332.19+/-4.293
T( 4)= 336.53	T( 5)= 335.04	T( 6)= 342.49
333.14+/-5.227	332.06+/-4.796	337.15+/-4.967
T( 7)= 339.68	T( 8)= 341.53	T( 9)= 340.82
337.18+/-5.101	337.25+/-5.050	336.59+/-4.705
T(10)= 340.68	T(11)= 336.92	T(12)= 335.73
338.18+/-4.787	333.70+/-4.479	333.62+/-4.914
T(13)= 328.44	T(14)= 342.27	T(15)= 335.67
327.18+/-5.309	336.46+/-5.090	333.09+/-5.161
T(16)= 337.95	T(17)= 87.92	T(18)= 82.46
334.00+/-5.044	83.81+/-3.223	80.54+/-3.392
T(19)= 87.33	T(20)= 88.92	
82.70+/-3.214	86.51+/-3.299	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.10899 KEF(2)= 0.10522

KEF(3)= 0.10577 KEF(4)= 0.10675

KEFMED = 0.10668 W/M C

PRINT -- STOP

$$\begin{aligned}
 T_Q &= 332,93 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_F &= 83,39 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T &= 208,16 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \Delta T &= 249,54 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \beta &= 2,078 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1} \\
 \eta &= 2,601 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_p &= 1029,05 \frac{\text{j}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \\
 \rho &= 4,30 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \\
 \lambda_{\text{gás}} &= 3,918 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}} \\
 Nu &= 1,07 \\
 Ra/A &= 0,13
 \end{aligned}$$

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
 I. P. E. N.

RUN PRINT

&gt;

DATA : 17-JUN-81

HORA: 14:52:14

N = 5027

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 2,4 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 24.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 70.30 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 68.83 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 41.61 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 337.30	T( 2)= 343.23	T( 3)= 341.39
337.29+/-1.852	342.30+/-3.275	338.84+/-1.833
T( 4)= 338.45	T( 5)= 342.27	T( 6)= 343.31
339.70+/-1.970	338.80+/-1.894	343.82+/-5.376
T( 7)= 342.23	T( 8)= 344.83	T( 9)= 341.60
343.88+/-5.259	343.78+/-5.242	343.28+/-5.219
T(10)= 345.15	T(11)= 343.09	T(12)= 340.94
344.80+/-5.333	343.31+/-5.272	343.43+/-5.275
T(13)= 336.80	T(14)= 340.51	T(15)= 339.59
336.76+/-5.228	342.91+/-5.236	339.65+/-5.268
T(16)= 339.70	T(17)= 82.48	T(18)= 81.65
340.67+/-5.319	84.18+/-1.925	81.17+/-2.104
T(19)= 79.39	T(20)= 85.89	
81.28+/-1.884	85.64+/-1.943	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.10553 KEF(2)= 0.10174

KEF(3)= 0.10306 KEF(4)= 0.10393

KEFMED = 0.10357 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 339,53 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 83,07 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 211,29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 256,46 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,065 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,612 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1027,81 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 1,80 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,939 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$\text{Nu} = 1,03$$

$$\text{Ra/A} = 0,18$$

RUN PRINT

DATA : 23-JUN-81

HORA: 13:28:20

N = 16021

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 5,0 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 25.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 71.26 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 70.26 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 40.57 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 339.79	T( 2)= 342.86	T( 3)= 341.77
336.71+/-4.138	341.64+/-1.038	338.23+/-0.459
T( 4)= 340.56	T( 5)= 339.99	T( 6)= 346.76
339.04+/-2.906	338.16+/-2.210	343.36+/-3.508
T( 7)= 344.19	T( 8)= 346.77	T( 9)= 344.90
343.33+/-3.210	343.62+/-2.713	342.69+/-1.998
T(10)= 346.17	T(11)= 347.72	T(12)= 344.98
344.36+/-2.604	344.05+/-1.965	344.15+/-2.682
T(13)= 339.04	T(14)= 345.58	T(15)= 341.86
337.60+/-4.608	342.64+/-4.019	339.25+/-4.245
T(16)= 342.42	T(17)= 88.93	T(18)= 83.47
340.29+/-3.736	85.67+/-2.993	82.39+/-3.091
T(19)= 88.34	T(20)= 89.53	
84.42+/-3.032	87.82+/-3.077	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.10816 KEF(2)= 0.10465

KEF(3)= 0.10522 KEF(4)= 0.10624

KEFMED = 0.10607 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 338,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 85,07 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 211,99 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 253,83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,066 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,615 \times 10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$C_p = 1029,17 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 2,52 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,943 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$\text{Nu} = 1,05$$

$$\text{Ra/A} = 0,30$$

DATA : 15-JUN-81

HORR: 13:21:52

N<sub>ser</sub> = 2405

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR  
 DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>  
 PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 2,2 kgf/cm<sup>2</sup>  
 TEMPERATURA AMBIENTE : 26.0 C  
 POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 69.97 WATTS  
 DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 69.32 VOLTS  
 DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 40.72 VOLTS

## \*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 335.77 338.60+/-2.467	T( 2)= 340.43 343.59+/-2.355	T( 3)= 336.41 340.24+/-2.824
T( 4)= 338.64 341.04+/-2.517	T( 5)= 336.37 340.02+/-2.810	T( 6)= 341.48 345.32+/-3.012
T( 7)= 342.62 345.26+/-2.784	T( 8)= 341.14 345.26+/-2.799	T( 9)= 342.77 344.68+/-2.660
T(10)= 342.51 346.16+/-2.937	T(11)= 343.28 346.47+/-2.631	T(12)= 344.02 346.56+/-2.910
T(13)= 335.17 339.90+/-2.963	T(14)= 342.46 344.97+/-2.915	T(15)= 338.15 341.64+/-3.096
T(16)= 338.34 342.61+/-2.959	T(17)= 84.29 86.35+/-2.727	T(18)= 79.83 83.39+/-2.783
T(19)= 80.61 83.67+/-2.665	T(20)= 85.48 87.73+/-2.794	

## \*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.10536      KEF(2)= 0.10169  
 KEF(3)= 0.10291      KEF(4)= 0.10378  
 KEFMED = 0.10344 W/M C

PRINT -- STOP

$$\begin{aligned}
 T_Q &= 340,86 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_F &= 85,28 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T &= 213,08 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \Delta T &= 255,57 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \beta &= 2,057 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1} \\
 \eta &= 2,618 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_p &= 1028,01 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \\
 \rho &= 1,63 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \\
 \lambda_{\text{gás}} &= 3,951 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}} \\
 Nu &= 1,02 \\
 Ra/A &= 1,05
 \end{aligned}$$

RUN PRINT

&gt;

DATA : 25-JUN-81

HORA: 13:40:04

N = 8714

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 1,137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 2,0 kgf/cm<sup>2</sup> )

TEMPERATURA AMBIENTE : 26,0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 71,01 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 70,32 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 40,77 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 341,32 343,52+/-2,542	T( 2)= 344,91 348,57+/-3,184	T( 3)= 340,05 345,15+/-2,693
T( 4)= 344,58 345,93+/-2,613	T( 5)= 339,42 345,03+/-2,448	T( 6)= 346,35 350,32+/-2,969
T( 7)= 346,93 350,32+/-2,697	T( 8)= 344,25 350,46+/-2,839	T( 9)= 347,81 349,68+/-2,729
T(10)= 346,17 351,31+/-3,308	T(11)= 348,68 352,89+/-2,580	T(12)= 350,18 353,03+/-3,223
T(13)= 339,65 346,36+/-3,406	T(14)= 347,33 349,17+/-3,013	T(15)= 339,80 345,82+/-3,239
T(16)= 342,61 346,85+/-3,313	T(17)= 84,29 87,28+/-2,933	T(18)= 77,61 84,35+/-2,988
T(19)= 82,64 84,85+/-2,909	T(20)= 83,46 88,48+/-3,000	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0,10518 KEF(2)= 0,10172

KEF(3)= 0,10286 KEF(4)= 0,10371

KEFMED = 0,10336 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 345,79 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 86,24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 216,02 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 259,55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,178 \times 10^{-3} \text{ } (^\circ\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,629 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1029,41 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 1,48 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,970 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$Nu = 1,02$$

$$Ra/A = 0,13$$

DATA : 29-JUN-81

HORA: 16:45:50

N = 762

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : 1,4 kgf/cm<sup>2</sup>

TEMPERATURA AMBIENTE : 26.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 70.74 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 68.70 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 40.02 VOLTS

## \*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 344.00	T( 2)= 349.20	T( 3)= 344.84
346.47+/-2.516	351.59+/-2.631	348.23+/-2.609
T( 4)= 346.68	T( 5)= 345.31	T( 6)= 349.60
348.96+/-2.516	347.96+/-2.634	353.57+/-2.997
T( 7)= 351.23	T( 8)= 350.06	T( 9)= 351.11
353.41+/-2.781	353.65+/-2.672	352.74+/-2.526
T(10)= 350.43	T(11)= 347.14	T(12)= 347.10
354.02+/-2.403	349.90+/-2.754	350.26+/-2.838
T(13)= 339.24	T(14)= 350.25	T(15)= 344.96
343.43+/-2.965	352.53+/-2.905	349.05+/-2.915
T(16)= 347.07	T(17)= 85.30	T(18)= 81.45
350.30+/-13.09	87.91+/-1.688	85.20+/-1.495
T(19)= 81.02	T(20)= 84.67	
83.60+/-1.486	88.19+/-2.703	

## \*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.10346 KEF(2)= 0.09972

KEF(3)= 0.10160 KEF(4)= 0.10237

KEFMED = 0.10179 W/M C

$$T_Q = 348.81 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 86,22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 217,52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 262,59 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2,038 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{K})^{-1}$$

$$\eta = 2,635 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{s m}}$$

$$C_p = 1028,41 \frac{\text{J}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 1,03 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,979 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m } ^\circ\text{K}}$$

$$Nu = 1,003$$

$$Ra/A = 0,06$$

DATA : 26-AUG-81

HORA: 10:39:43

N = 6587

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR  
 DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>  
 PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : ATMOSFERICA  
 TEMPERATURA AMBIENTE : 2.2 C  
 POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 3.25 WATTS  
 DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 14.41 VOLTS  
 DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 8.55 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 44.27	T( 2)= 46.12	T( 3)= 44.56
45.44+/-2.253	45.93+/-2.303	45.70+/-2.401
T( 4)= 44.96	T( 5)= 45.18	T( 6)= 45.22
45.62+/-2.223	45.45+/-2.330	46.36+/-2.659
T( 7)= 46.45	T( 8)= 45.37	T( 9)= 45.00
46.34+/-2.362	46.55+/-2.413	45.96+/-2.184
T(10)= 46.13	T(11)= 45.08	T(12)= 46.03
46.50+/-2.215	46.44+/-2.131	45.26+/-2.515
T(13)= 39.76	T(14)= 45.97	T(15)= 45.53
40.54+/-2.644	46.14+/-2.488	45.43+/-2.634
T(16)= 45.34	T(17)= 25.34	T(18)= 23.56
45.91+/-2.492	24.82+/-2.180	24.76+/-2.260
T(19)= 24.97	T(20)= 24.64	
24.74+/-2.147	25.00+/-2.264	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.06008 KEF(2)= 0.05794

KEF(3)= 0.05863 KEF(4)= 0.05903

KEFMED = 0.05892 W/M C

PRINT --- STOP

$T_Q = 45,67 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $T_F = 24,83 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $T = 35,25 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\lambda_{\text{gás}} = 2,688 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 3,203 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

RUN PRIN1

DATA: 09-APR-81

HORA: 16:30:08

N = 16504

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : ATMOSFERICA

TEMPERATURA AMBIENTE : 27.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 5.27 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 18.80 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 16.80 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 62.89	T( 2)= 66.23	T( 3)= 64.81
64.49+/-1.581	65.56+/-1.439	65.33+/-1.309
T( 4)= 65.40	T( 5)= 65.07	T( 6)= 65.41
65.39+/-1.704	65.16+/-1.549	66.16+/-1.694
T( 7)= 67.15	T( 8)= 65.28	T( 9)= 65.54
66.35+/-1.596	66.16+/-1.703	65.84+/-1.392
T(10)= 66.14	T(11)= 62.84	T(12)= 65.99
66.28+/-1.441	65.06+/-1.678	65.52+/-1.458
T(13)= 89.10	T(14)= 66.36	T(15)= 66.70
60.46+/-37.89	65.92+/-1.691	64.94+/-1.728
T(16)= 62.79	T(17)= 31.85	T(18)= 29.48
65.39+/-1.564	30.22+/-1.445	30.29+/-1.666
T(19)= 28.67	T(20)= 30.97	
30.00+/-1.461	30.31+/-1.479	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.05825 KEF(2)= 0.05598

KEF(3)= 0.05681 KEF(4)= 0.05660

KEFMED = 0.05691 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 65,19 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 30,21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 47,70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 2,786 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 2,905 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

RUN PRINT

DATA : 25-AUG-81

HORA: 14:47:08

N = 9272

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : ATMOSFERICA

TEMPERATURA AMBIENTE : 24.0 C

POTENCIA DISSIPADA-AQ. CENTRAL : 1.31 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 9.33 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 5.52 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)=	29.43	T( 2)=	28.68	T( 3)=	28.68
	31.69+/-2.344		31.96+/-2.405		31.95+/-2.461
T( 4)=	30.69	T( 5)=	27.84	T( 6)=	30.72
	31.82+/-2.409		31.65+/-2.497		32.29+/-2.766
T( 7)=	28.55	T( 8)=	31.32	T( 9)=	29.31
	32.29+/-2.568		32.53+/-2.582		31.93+/-2.306
T(10)=	28.84	T(11)=	31.93	T(12)=	27.64
	32.49+/-2.432		31.77+/-2.499		31.74+/-2.686
T(13)=	25.01	T(14)=	30.43	T(15)=	27.33
	27.09+/-2.811		32.33+/-2.701		31.76+/-2.836
T(16)=	31.50	T(17)=	20.25	T(18)=	20.50
	32.19+/-2.647		23.29+/-2.382		23.27+/-2.495
T(19)=	21.27	T(20)=	19.94		
	23.61+/-2.388		23.65+/-2.460		

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.06150 KEF(2)= 0.05926

KEF(3)= 0.05701 KEF(4)= 0.05803

KEFMED = 0.05895 W/M C

PRINT --- STOP

$$T_Q = 31,85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 23,45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 27,61 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 2,629 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 3,265 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

RUN PRINT

DATA : 10-APR-81

HORA: 16:46:55

N = 3160

TIPO DE GAS DE OPERAÇÃO : AR  
 DENSIDADE COMPACTAÇÃO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>  
 PRESSÃO ESTÁTICA DE OPERAÇÃO : ATMOSFERICA  
 TEMPERATURA AMBIENTE : 26.0 C  
 POTENCIA DISSIPADA-AQ. CENTRAL : 7.94 WATTS  
 DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1 : 23.40 VOLTS  
 DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2 : 16.60 VOLTS

## \*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)=	85.83	T( 2)=	88.03	T( 3)=	86.60
	85.75+/-1.117		87.55+/-1.053		86.94+/-1.000
T( 4)=	86.78	T( 5)=	87.66	T( 6)=	87.45
	87.21+/-1.292		86.88+/-1.115		88.17+/-1.198
T( 7)=	88.62	T( 8)=	88.76	T( 9)=	87.62
	88.40+/-1.164		88.15+/-1.168		87.86+/-1.114
T(10)=	89.47	T(11)=	87.39	T(12)=	86.88
	88.37+/-1.142		87.49+/-0.932		87.24+/-1.148
T(13)=	82.32	T(14)=	87.90	T(15)=	87.36
	82.16+/-0.740		88.21+/-1.113		86.98+/-0.947
T(16)=	86.87	T(17)=	33.27	T(18)=	33.35
	87.52+/-1.017		33.25+/-0.906		33.18+/-1.062
T(19)=	32.36	T(20)=	33.83		
	32.69+/-0.955		33.13+/-0.899		

## \*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.05594      KEF(2)= 0.05468  
 KEF(3)= 0.05579      KEF(4)= 0.05558  
 KEFMED = 0.05549 W/M C

PRINT -- STOP

$T_Q$  = 87,11 °C  
 $T_F$  = 33,05 °C  
 $T$  = 60,08 °C

$\lambda_{\text{gás}}$  =  $2,877 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$

$\lambda_{\text{ef}} = \lambda_{\text{gás}}$  =  $2,713 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$

RUN PRINT

&gt;

DATA : 11-AUG-81

HORA: 11:14:44

N = 2111

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : ATMOSFERICA

TEMPERATURA AMBIENTE : 22.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 9.58 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 25.47 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 16.12 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)=	92.40	T( 2)=	94.44	T( 3)=	93.77
	92.25+/-2.009		93.45+/-2.038		92.52+/-2.168
T( 4)=	91.96	T( 5)=	94.38	T( 6)=	93.38
	92.72+/-2.039		92.49+/-2.104		93.95+/-2.357
T( 7)=	94.94	T( 8)=	95.43	T( 9)=	92.68
	94.10+/-2.182		94.30+/-2.175		93.57+/-1.904
T(10)=	95.61	T(11)=	91.01	T(12)=	92.90
	94.27+/-2.115		91.98+/-2.075		91.88+/-2.288
T(13)=	88.04	T(14)=	96.01	T(15)=	97.24
	86.95+/-2.356		96.63+/-2.294		95.15+/-2.376
T(16)=	94.14	T(17)=	31.24	T(18)=	31.11
	96.11+/-1.945		30.99+/-2.022		30.85+/-2.122
T(19)=	31.75	T(20)=	30.36		
	30.62+/-2.068		30.82+/-2.098		

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.05891 KEF(2)= 0.05760

KEF(3)= 0.05868 KEF(4)= 0.05863

KEFMED = 0.05845 W/M C

PRINT -- STOP

$T_Q$  = 92,75 °C  
 $T_F$  = 30,82 °C  
 $T$  = 61,78 °C

$$\lambda_{\text{gás}} = 2,889 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 2,955 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

RUN PRINT

&gt;

DATA : 01-SEP-81

HORA: 15:08:49

N = 18120

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : ATMOSFERICA

TEMPERATURA AMBIENTE : 22.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 13.55 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 29.97 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 16.28 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 116.43	T( 2)= 117.50	T( 3)= 115.26
114.38+/-2.190	115.83+/-2.137	114.64+/-2.191
T( 4)= 117.82	T( 5)= 115.89	T( 6)= 118.90
114.89+/-2.278	114.70+/-2.258	116.50+/-2.051
T( 7)= 118.75	T( 8)= 118.20	T( 9)= 119.30
116.61+/-2.293	116.95+/-2.043	116.11+/-2.538
T(10)= 118.84	T(11)= 118.65	T(12)= 118.90
117.05+/-2.305	116.30+/-2.445	115.72+/-2.386
T(13)= 111.95	T(14)= 118.07	T(15)= 115.46
110.75+/-2.146	114.81+/-1.913	113.16+/-2.478
T(16)= 115.49	T(17)= 38.15	T(18)= 35.79
114.10+/-1.883	34.58+/-2.357	34.26+/-2.359
T(19)= 37.08	T(20)= 36.69	
33.85+/-2.343	34.09+/-2.305	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.06376 KEF(2)= 0.06244

KEF(3)= 0.06368 KEF(4)= 0.06373

KEFMED = 0.06340 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 114,93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 34,19 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 74,56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 2,985 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 3,354 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

DATA : 13-APR-81

HORA: 16:39:07

N = 5215

TIPO DE GAS DE OPERAÇÃO : AR  
 DENSIDADE COMPACTAÇÃO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>  
 PRESSÃO ESTÁTICA DE OPERAÇÃO : ATMOSFÉRICA  
 TEMPERATURA AMBIENTE : 27,0 °C  
 POTÊNCIA DISSIPADA-AQ. CENTRAL : 14,51 WATTS  
 DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 35,20 VOLTS  
 DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 22,20 VOLTS

## \*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 137,01	T( 2)= 133,15	T( 3)= 132,72
135,85+/-1,319	133,47+/-1,143	132,35+/-1,053
T( 4)= 131,70	T( 5)= 131,03	T( 6)= 135,09
132,70+/-1,321	132,38+/-1,321	134,30+/-1,354
T( 7)= 134,16	T( 8)= 134,68	T( 9)= 133,58
134,56+/-1,201	134,45+/-1,286	134,02+/-1,117
T(10)= 132,95	T(11)= 137,22	T(12)= 131,07
134,58+/-1,226	136,00+/-1,264	132,85+/-1,120
T(13)= 132,19	T(14)= 134,00	T(15)= 132,99
89,67+/-61,25	134,59+/-1,394	133,00+/-1,442
T(16)= 134,97	T(17)= 40,38	T(18)= 40,88
133,72+/-1,307	41,16+/-1,195	40,88+/-1,428
T(19)= 38,10	T(20)= 41,59	
39,94+/-1,320	40,70+/-1,284	

## \*\*\* CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0,05760 KEF(2)= 0,05861

KEF(3)= 0,05992 KEF(4)= 0,05988

KEFMED = 0,05900 W/M C

PRINT -- STOP

T<sub>Q</sub> = 133,59 °C  
 T<sub>F</sub> = 40,67 °C  
 T = 87,13 °C

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,077 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{K}}$$

$$\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 2,822 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{K}}$$

RUN PRINT

&gt;

DATA : 13-AUG-81

HORA: 09:24:40

N = 7841

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : ATMOSFERICA

TEMPERATURA AMBIENTE : 22.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 19.51 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 35.90 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 22.04 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 150.82 149.82+/-1.795	T( 2)= 153.19 151.82+/-1.861	T( 3)= 150.33 150.22+/-2.030
T( 4)= 152.27 150.48+/-1.891	T( 5)= 149.49 150.39+/-2.005	T( 6)= 154.60 152.59+/-2.365
T( 7)= 152.98 152.74+/-1.998	T( 8)= 153.31 153.12+/-2.032	T( 9)= 153.83 152.20+/-1.788
T(10)= 152.48 153.21+/-1.754	T(11)= 153.74 152.21+/-1.858	T(12)= 152.75 151.91+/-2.103
T(13)= 147.32 146.78+/-2.240	T(14)= 154.92 153.08+/-2.148	T(15)= 151.32 150.96+/-2.714
T(16)= 154.38 152.11+/-2.606	T(17)= 41.40 40.64+/-1.934	T(18)= 40.88 40.26+/-2.027
T(19)= 40.97 41.10+/-2.209	T(20)= 40.36 39.81+/-1.936	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.06699 KEF(2)= 0.06656

KEF(3)= 0.06703 KEF(4)= 0.06710

KEFMED = 0.06692 W/M C

PRINT --- STOP

 $T_Q = 150,58 \text{ }^\circ\text{C}$  $T_F = 40,45 \text{ }^\circ\text{C}$  $T = 95,51 \text{ }^\circ\text{C}$  $\lambda_{\text{gás}} = 3,140 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$  $\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 3,552 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$

RUN PRINT

DATA : 24-AUG-81

HORA: 13:20:55

N = 12229

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : ATMOSFERICA

TEMPERATURA AMBIENTE : 24.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 27.01 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 42.30 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 32.58 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 189.94	T( 2)= 188.30	T( 3)= 183.43
186.59+/-1.969	189.26+/-1.986	187.27+/-2.249
T( 4)= 186.73	T( 5)= 185.83	T( 6)= 186.76
187.55+/-2.206	187.35+/-2.087	190.23+/-2.603
T( 7)= 189.44	T( 8)= 187.03	T( 9)= 188.58
190.37+/-2.111	190.75+/-2.187	189.73+/-1.967
T(10)= 188.24	T(11)= 190.01	T(12)= 189.78
190.70+/-1.671	192.07+/-2.200	191.97+/-2.373
T(13)= 368.90	T(14)= 188.77	T(15)= 184.44
412.53+/-*****	190.23+/-2.195	187.69+/-2.280
T(16)= 187.28	T(17)= 47.08	T(18)= 45.15
189.06+/-2.162	48.99+/-2.039	48.02+/-2.122
T(19)= 49.78	T(20)= 44.85	
50.57+/-2.258	48.19+/-2.102	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.07372 KEF(2)= 0.07357

KEF(3)= 0.07327 KEF(4)= 0.07364

KEFMED = 0.07355 W/M C

PRINT --- STOP

$$T_Q = 187,67 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 48,94 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 118,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,305 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 4,050 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

DATA : 14-APR-81

HORA: 16:08:28

N = 9149

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : ATMOSFERICA

TEMPERATURA AMBIENTE : 27.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 26.47 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 43.50 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2 : 26.40 VOLTS

## \*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 198.56 198.96+/-*****	T( 2)= 194.99 196.44+/-1.907	T( 3)= 195.80 194.70+/-2.077
T( 4)= 192.82 195.10+/-1.932	T( 5)= 196.74 194.83+/-1.862	T( 6)= 196.54 197.73+/-1.894
T( 7)= 197.27 198.03+/-1.797	T( 8)= 199.76 197.72+/-0.640	T( 9)= 197.33 197.27+/-1.189
T(10)= 197.62 197.84+/-0.523	T(11)= 203.05 200.23+/-1.284	T(12)= 193.92 195.38+/-1.063
T(13)= 195.86 189.01+/-42.49	T(14)= 197.55 197.99+/-1.372	T(15)= 194.59 195.71+/-1.355
T(16)= 198.20 196.65+/-0.446	T(17)= 51.54 52.75+/-0.972	T(18)= 53.48 51.96+/-1.178
T(19)= 51.01 50.42+/-1.034	T(20)= 51.57 52.02+/-0.946	

## \*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.06805 KEF(2)= 0.06848

KEF(3)= 0.07006 KEF(4)= 0.07024

KEFMED = 0.06921 W/M C

PRINT -- STOP

$T_Q = 196,3 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $T_F = 51,79 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $T = 124,05 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,345 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 3,569 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

DATA : 17-AUG-81

HORA: 15:57:02

N = 4471

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : ATMOSFERICA

TEMPERATURA AMBIENTE : 23.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 33.85 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 45.70 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 28.60 VOLTS

## \*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 215.95	T( 2)= 220.74	T( 3)= 217.53
215.04+/-2.032	218.12+/-2.101	215.88+/-2.245
T( 4)= 217.69	T( 5)= 219.65	T( 6)= 220.21
216.22+/-2.141	216.08+/-2.150	219.43+/-2.187
T( 7)= 222.10	T( 8)= 221.96	T( 9)= 219.76
219.48+/-2.274	219.83+/-2.425	218.67+/-2.604
T(10)= 223.18	T(11)= 218.61	T(12)= 219.72
219.82+/-2.606	217.45+/-2.466	217.46+/-2.227
T(13)= 213.55	T(14)= 223.63	T(15)= 219.91
211.73+/-1.981	221.42+/-2.414	218.63+/-2.382
T(16)= 222.37	T(17)= 55.19	T(18)= 55.72
220.07+/-2.136	54.48+/-2.091	53.27+/-2.150
T(19)= 55.51	T(20)= 55.23	
55.36+/-2.368	53.45+/-2.172	

## \*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.07913 KEF(2)= 0.07856

KEF(3)= 0.07863 KEF(4)= 0.07906

KEFMED = 0.07885 W/M C

PRINT --- STOP

$$T_Q = 216,31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 54,14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 135,22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,423 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 4,462 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

DATA : 15-APR-81

HORA: 16:41:27

N = 3030

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : ATMOSFERICA

TEMPERATURA AMBIENTE : 27,5 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 42,21 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1 : 54,50 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2 : 33,10 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 262,03	T( 2)= 259,26	T( 3)= 258,26
262,53+/-1,075	259,52+/-1,531	257,21+/-0,795
T( 4)= 256,26	T( 5)= 258,10	T( 6)= 260,28
257,81+/-4,454	257,23+/-0,935	261,11+/-1,231
T( 7)= 261,74	T( 8)= 261,42	T( 9)= 259,66
261,36+/-1,247	261,07+/-1,218	260,55+/-1,352
T(10)= 261,63	T(11)= 262,73	T(12)= 258,50
261,37+/-1,225	264,20+/-1,209	258,00+/-0,424
T(13)= 257,87	T(14)= 259,48	T(15)= 258,53
258,01+/-1,186	260,11+/-1,244	257,48+/-1,256
T(16)= 257,08	T(17)= 66,72	T(18)= 64,85
258,36+/-1,234	65,96+/-1,111	64,59+/-1,306
T(19)= 62,25	T(20)= 66,01	
62,67+/-1,124	65,08+/-0,975	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0,08076 KEF(2)= 0,08100

KEF(3)= 0,08278 KEF(4)= 0,08311

KEFMED = 0,08191 W/M C

PRINT --- STOP

$$T_Q = 258,59 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 65,02 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 161,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,608 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 4,583 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

DATA : 19-AUG-81

HORA: 09:42:45

N = 14042

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR  
 DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>  
 PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : ATMOSFERICA  
 TEMPERATURA AMBIENTE : 21.0 C  
 POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 52.98 WATTS  
 DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 59.10 VOLTS  
 DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 32.70 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 284.26 281.70+/-1.990	T( 2)= 286.81 285.60+/-2.476	T( 3)= 286.16 282.67+/-1.914
T( 4)= 284.36 283.31+/-2.442	T( 5)= 284.43 283.04+/-2.136	T( 6)= 290.47 287.29+/-2.313
T( 7)= 287.30 287.27+/-2.274	T( 8)= 286.35 287.46+/-3.145	T( 9)= 282.65 286.45+/-3.081
T(10)= 285.29 287.83+/-3.570	T(11)= 284.57 286.40+/-3.000	T(12)= 283.25 286.39+/-3.676
T(13)= 279.70 280.26+/-3.261	T(14)= 283.33 287.80+/-3.449	T(15)= 281.92 284.53+/-3.064
T(16)= 283.37 286.19+/-3.279	T(17)= 63.49 67.53+/-2.616	T(18)= 63.63 65.37+/-2.500
T(19)= 62.86 68.17+/-2.534	T(20)= 64.18 66.39+/-2.388	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.09295      KEF(2)= 0.09205  
 KEF(3)= 0.09210      KEF(4)= 0.09275  
 KEFMED = 0.09246 W/M C

PRINT -- STOP

T<sub>Q</sub> = 283,32 °C  
 T<sub>F</sub> = 66,86 °C  
 T = 175,03 °C

$\lambda_{\text{gás}} = 0,036981 \frac{W}{m^{\circ}K} = 3,698 \times 10^{-2} \frac{W}{m^{\circ}K}$   
 $\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 0,05548 \frac{W}{m^{\circ}K} = 5,548 \times 10^{-2} \frac{W}{m^{\circ}K}$

DENSIDADE DE COMPACTAÇÃO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSÃO ESTÁTICA DE OPERAÇÃO : ATMOSFÉRICA

TEMPERATURA AMBIENTE : 26,0 °C

POTÊNCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 70,22 WATTS

DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 67,80 VOLTS

DIFERENÇA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 40,00 VOLTS

\*\*\* TEMPERATURAS \*\*\*

T( 1)= 354,12 352,94+/-2,701	T( 2)= 361,30 358,22+/-2,478	T( 3)= 356,89 354,80+/-7,176
T( 4)= 352,42 355,34+/-8,109	T( 5)= 355,17 354,41+/-8,155	T( 6)= 358,52 360,11+/-8,334
T( 7)= 357,49 359,97+/-8,222	T( 8)= 361,10 360,04+/-8,257	T( 9)= 356,35 359,26+/-8,214
T(10)= 360,78 360,55+/-8,235	T(11)= 360,03 361,30+/-8,266	T(12)= 359,59 361,87+/-8,316
T(13)= 355,51 355,08+/-8,280	T(14)= 355,89 359,25+/-8,267	T(15)= 355,88 355,88+/-8,256
T(16)= 355,39 357,11+/-8,193	T(17)= 86,71 89,04+/-3,347	T(18)= 86,70 86,32+/-3,867
T(19)= 81,42 84,03+/-2,674	T(20)= 87,91 88,18+/-2,801	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0,10019 KEF(2)= 0,09674

KEF(3)= 0,09880 KEF(4)= 0,09961

KEFMED = 0,09884 W/M °C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 355,32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 86,89 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 221,10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 4,0032 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\lambda_{\text{ef - gás}} = 5,8808 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

RUN PRINT

&gt;

DATA : 20-AUG-81

HORA: 15:00:59

N = 7323

TIPO DE GAS DE OPERACAO : AR

DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 137 kg/m<sup>3</sup>

PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO : ATMOSFERICA

TEMPERATURA AMBIENTE : 23.0 C

POTENCIA DISSIPADA- AQ. CENTRAL : 60.32 WATTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: 62.56 VOLTS

DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: 36.88 VOLTS

\*\* TEMPERATURAS \*\*

T( 1)= 302.96	T( 2)= 308.99	T( 3)= 307.00
303.39+/-1.796	307.64+/-3.144	304.62+/-2.023
T( 4)= 304.24	T( 5)= 307.78	T( 6)= 309.91
305.13+/-2.112	304.62+/-1.972	309.45+/-2.114
T( 7)= 310.20	T( 8)= 311.76	T( 9)= 310.05
309.30+/-2.222	309.55+/-2.084	308.48+/-3.900
T(10)= 312.53	T(11)= 309.06	T(12)= 312.55
309.82+/-4.133	308.99+/-4.198	309.01+/-4.298
T(13)= 303.10	T(14)= 310.62	T(15)= 306.05
302.77+/-4.224	307.32+/-4.242	303.85+/-4.391
T(16)= 306.83	T(17)= 78.04	T(18)= 71.13
305.51+/-3.966	74.72+/-2.200	71.88+/-2.271
T(19)= 79.79	T(20)= 74.33	
74.53+/-2.405	73.42+/-2.255	

\*\*\* CONDUTIVIDADE TERMICA EFETIVA \*\*\*

KEF(1)= 0.09909 KEF(2)= 0.09775

KEF(3)= 0.09790 KEF(4)= 0.09890

KEFMED = 0.09841 W/M C

PRINT -- STOP

$$T_Q = 305,19 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 73,63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 189,41 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{gás}} = 3,795 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\lambda_{\text{ef}} - \lambda_{\text{gás}} = 6,046 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

## APÊNDICE C

### PROGRAMAS UTILIZADOS PARA OS CÁLCULOS

a) PROGRAMA LEI FTN

b) PROGRAMA PRIN FTN

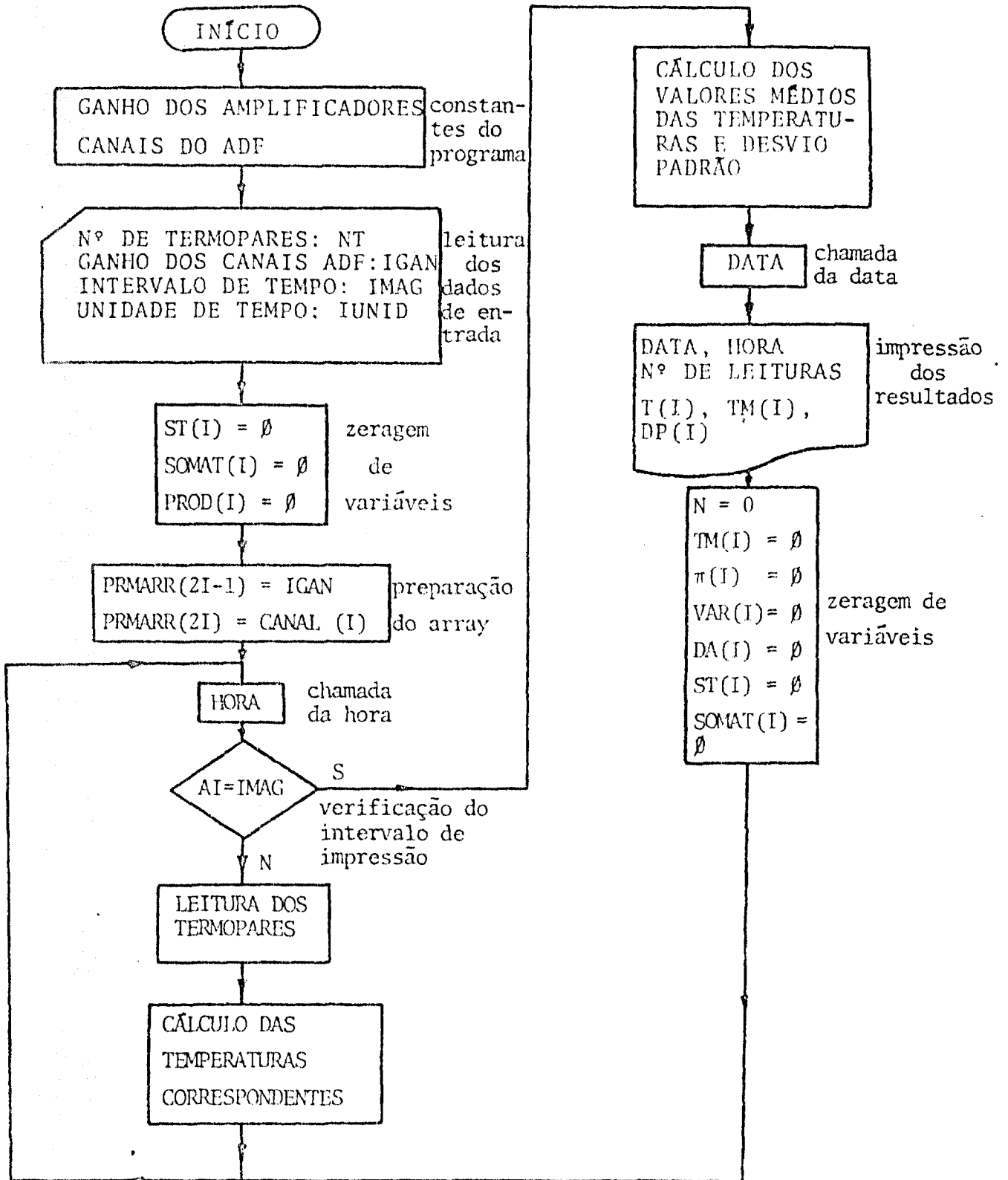


FIGURA 12 - DIAGRAMA DE BLOCOS PARA OS PROGRAMAS LEI E PRIN

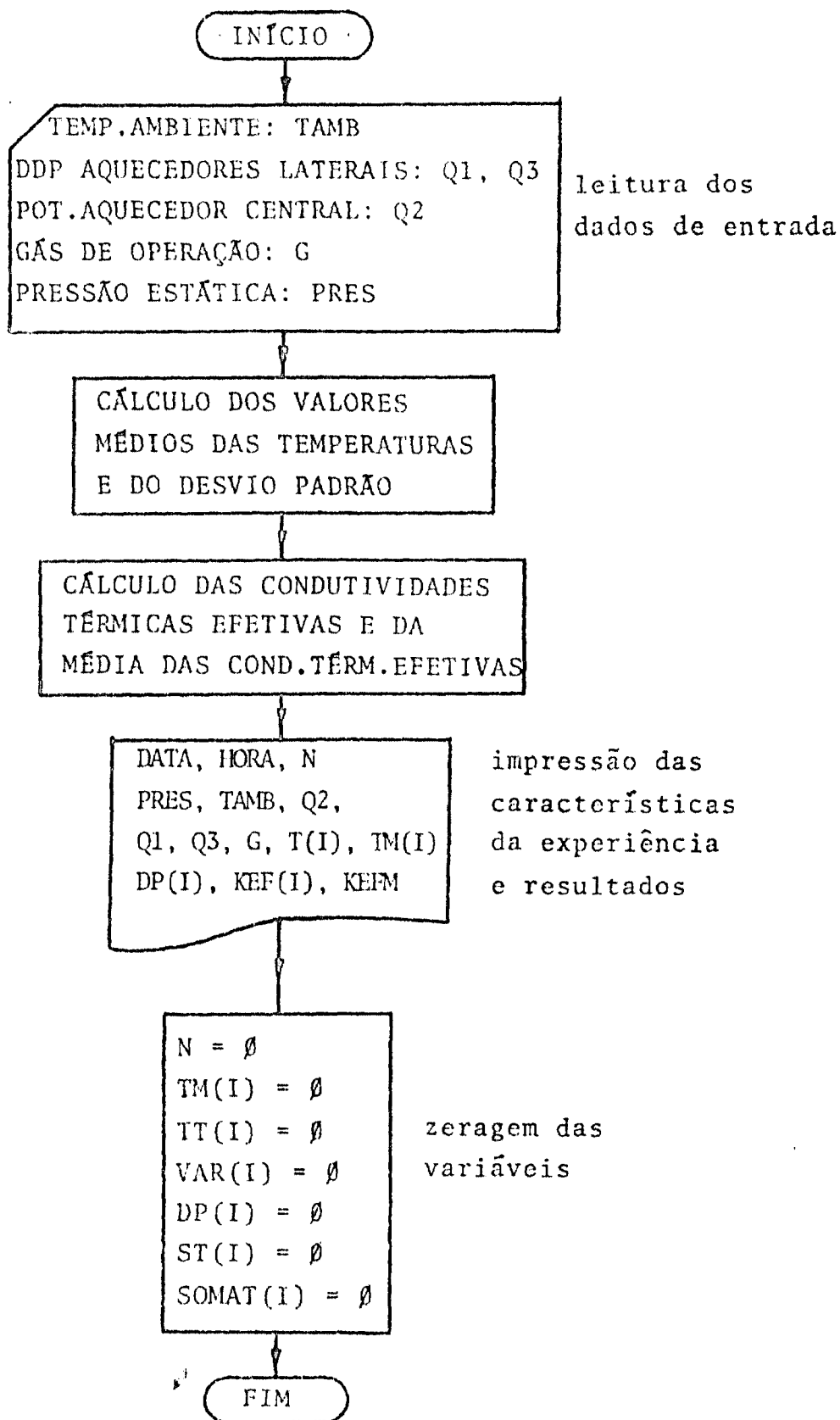


FIGURA 13 - DIAGRAMA DE BLOCOS PARA O PROGRAMA PRINT

```

LIST
NLIST SEQ.COM.SYM
TITLE CMDARR
NLIST

```

```

SUBROUTINE TO EASY THE TASK OF PREPARING AN ARRAY
OF COMMAND WORDS WHEN USING THE ADF-11 SPECIAL DRIVER
UNDER MODE 7.
CALLING SEQUENCE:      CALL CMDARR(CMDARRAY,PRMARRAY,CNT)
CMDARRAY = ARRAY WHERE TO PUT THE COMMAND WORDS FOR ADF.
PRMARRAY = ARRAY WHERE THE GAINS AND CHANNELS COME FROM
CNT = POSITIVE COUNTER GIVING MAX # OF CMD WORDS

```

```

LIST
CMDARR:: MOV      2(R5),R0      ;R0<==OUT PUT ARRAY ADDRESS
MOV      4(R5),R1      ;R1<== INPUT ARRAY ADDRESS
MOV      06(R5),CNT    ;CNT<==POSITIVE COUNTER
1$:      MOV      (R1)+,R2    ;R2<==INPUT GAIN
        ASH      #13,R2     ;POSITION GAIN BITS IN R2
        BIS      (R1)+,R2    ;MERGE CHANNEL BITS
        BIS      #10000,R2   ;MERGE DMA MODE BIT
        MOV      R2,(R0)+    ;STORE COMMAND WORD
        DEC      CNT        ;END OF ARRY?
        BNE     1$         ;NOT YET, CONTINUE LOOPING
        BIS      #1000,-(R0) ;YES, SET FINNAL CHANNEL BIT
        RTS     PC         ;RETURN TO CALLER
CNT:     .WORD   0        ;INTERNAL COUNTER
        .END

```



```

10  FORMAT(1X, '*** CONDUCTIVIDADE TERMICA EFETIVA ***', //)
    CALL BELL
    WRITE(6, 20)
C
20  FORMAT(1X, ' * QUANTOS TERMOPARES SERAO USADOS ?', //)
    CALL BELL
    READ(6, 60) C
    P = 0
    CALL INTFF(P, C, 72, NT)
    WRITE(6, 40)
C
40  FORMAT(1X, ' * ENTRE O GANHO DOS CANAIS DO ADF ', //)
    CALL BELL
    READ(6, 60) C
    P = 0
    CALL INTFF(P, C, 72, IGAN)
    WRITE(6, 41)
C
41  FORMAT(1X, ' * QUANTOS AMPLIFICADORES TERAO GANHO DIFERENTE?', //)
    CALL BELL
    READ(6, 60) C
    P = 0
    CALL INTFF(P, C, 72, NAM)
    IF(NAM.EQ.0) GO TO 45
    DO 45 J=1, NAM
    WRITE(6, 42)
C
42  FORMAT(1X, ' * ENTRE TERMOPAR E GANHO DO AMPLIFICADOR', //)
    CALL BELL
    READ(6, 60) C
    P = 0
    CALL INTFF(P, C, 72, IC)
    CALL REALFF(P, C, 72, GANH)
    DO 43 I=1, NT
    IF(CANAL(I).EQ.IC) AMP(I)=GANH
    CONTINUE
    CONTINUE
    WRITE(6, 50)
C
50  FORMAT(1X, ' * QUAL O INTERVALO DE IMPRESSAO DESEJADO.?', //)
    // '*MAGNITUDE*'
    CALL BELL
    READ(6, 60) C
    FORMAT(72A1)
    P = 0
    CALL INTFF(P, C, 72, IMAG)

```

```

65  FORMAT(1X, ' *QUAL A UNIDADE ? (SEG:2, MIN:3, HOR:4)')
    CALL BELL
    READ(6, 50) C
    P = 0
    CALL INTFF(P, C, 72, IUNID)
    NMC = -NT
    N = 0

C
    DO 70 I=1, NT
      ST(I) = 0
      SOMAT(I) = 0
      PROD(I) = 0
      PRMARR(2*I-1)=IGAN
      PRMARR(2*I)=CANAL(I)
    70 CONTINUE
    CALL INITAD(ISTS)
    CALL CMDARR(CMDAR, PRMARR, NT)

C
    CALL RUN(RAD50(PR), 5, 2, IMAG, IUNID)
    CONTINUE
    CALL TIME(A)
    CALL ADF(7, ISINC, ISPEED, 0, ISTART, IFINAL, BUF, 0, NMC, ISTS, 0, CMDAR)
    CALL ADFRDY
    SCALE = 10. / (2. ** IGAN)
    DO 90 I = 1, NT
      BEUF(I) = (FLOAT(BUF(I)) / 4096.) * SCALE
    90 CONTINUE

C
    CALCULO DAS TEMPERATURAS
    N = N + 1
    DO 100 I = 1, NT
      VOLT = BEUF(I) / AMP(I)
      T(I) = TEMPER(VOLT)
      ST(I) = ST(I) + T(I)
      PROD(I) = T(I) * T(I)
      SOMAT(I) = SOMAT(I) + PROD(I)
    100 CONTINUE

C
    CALL SETEF(33, )
    GO TO 80
    STOP
    END

```



## FORMATOS DE IMPRESSAO

```

40  FORMAT(10X, 'DATA : ', 3F4, 26X, 'HORA: ', 8. /)
45  FORMAT(10X, 'N = ', 18, /)
170  FORMAT(25X, ' ** TEMPERATURAS ** ', / /)
180  FORMAT(2X, 3('T(', 12, ') = ', F6. 2, 10X), /, 2X, 3('+', /-'),
      * F5. 3, 2X)
190  FORMAT(2X, 2('T(', 12, ') = ', F6. 2, 10X), /, 2X, 2('+', /-'),
      * F5. 3, 2X)

```

```

STOP
END

```

```

PROGRAMA "PRIN"
=====

```

```

PROGRAMA PARA IMPRIMIR TEMPERATURAS
(CILINDRO NA POSICAO HORIZONTAL)

```

```

PROGRAMA QUE UTILIZA OS VALORES OBTIDOS PELO PROGRAMA
"LEI. FTN" QUE FAZ A LEITURA DOS TERMOPARES E CHAMA
ESTE PROGRAMA A CADA INTERVALO DE TEMPO DEFINIDO PELO
OPERADOR.

```

```

EDITADO EM JANEIRO DE 1980 POR GERSON ANTONIO RUBIN

```

```

REAL*8 A
INTEGER*4 N
DIMENSION TM(20), TT(20), VAR(20), DP(20), D(3)
COMMON /ADFAR/ ST(20), T(20), SOMAT(20), NT, N, A
CALL WAITFR(33.)

```

FORMATOS DE IMPRESSAO

```

40  FORMAT(10X, 'DATA : ', 3A4, 26X, 'HORA: ', A8, '/')
45  FORMAT(10X, 'N = ', I8, '/')
170  FORMAT(25X, ' ** TEMPERATURAS ** ', '/')
180  FORMAT(2X, 3('T(', I2, ') = ', F6. 2, 10X), /, 2X, 3(7X, F6. 2, '+//'),
    * F5. 3, 2X))
190  FORMAT(2X, 2('T(', I2, ') = ', F6. 2, 10X), /, 2X, 2(7X, F6. 2, '+//'),
    * F5. 3, 2X))

```

STOP  
END

PROGRAMA "PRIN"  
=====

PROGRAMA PARA IMPRIMIR TEMPERATURAS  
(CILINDRO NA POSICAO HORIZONTAL)

PROGRAMA QUE UTILIZA OS VALORES OBTIDOS PELO PROGRAMA  
"LEI.FIN" QUE FAZ A LEITURA DOS TERMOPARES E CHAMA  
ESTE PROGRAMA A CADA INTERVALO DE TEMPO DEFINIDO PELO  
OPERADOR.

EDITADO EM JANEIRO DE 1980 POR GERSON ANTONIO RUBIN

```

REAL*8 A
INTEGER*4 N
DIMENSION TM(20), TT(20), VAR(20), DP(20), D(3)
COMMON /ADFAR/ ST(20), T(20), SOMAT(20), NT, N, A
CALL WAITFR(33.)

```

## C CALCULO DOS VALORES MEDIOS DAS TEMPERATURAS E DO DESVIO PADRAO

```

C DO 101 I=1,NT
C TM(I) = ST(I)/FLOAT(N)
C TT(I) = SOMAT(I)/FLOAT(N)
C VAR(I) = ABS(TT(I) - TM(I))*TM(I)
C DP(I) = SORT(VAR(I))
C CONTINUE

```

101

```

C CALL DATE(D)

```

```

C WRITE(5,40) (D(J),J=1,3), A
C WRITE(5,45) N

```

```

C ..IMPRESSAO DAS TEMPERATURAS

```

```

C WRITE(5,170)
C WRITE(5,180) (I, T(I), I=1, 3), (TM(I), DP(I), I=1, 3)
C WRITE(5,180) (I, T(I), I=4, 6), (TM(I), DP(I), I=4, 6)
C WRITE(5,180) (I, T(I), I=7, 9), (TM(I), DP(I), I=7, 9)
C WRITE(5,180) (I, T(I), I=10, 12), (TM(I), DP(I), I=10, 12)
C WRITE(5,180) (I, T(I), I=13, 15), (TM(I), DP(I), I=13, 15)
C WRITE(5,180) (I, T(I), I=16, 18), (TM(I), DP(I), I=16, 18)
C WRITE(5,190) (I, T(I), I=19, 20), (TM(I), DP(I), I=19, 20)

```

## C FORMATOS DE IMPRESSAO

```

C 40 FORMAT(10X, /, DATA: /, 3A4, 26X, /, HORAS: /, A8, /)
C 45 FORMAT(10X, /, N = /, I8, /)
C 170 FORMAT(25X, /, ** TEMPERATURAS ** /, /)
C 180 FORMAT(2X, 3(T( /, I2, /) = /, F6. 2, 10X), /, 2X, 3(TM, F6. 2, /, /, /,
C * F5. 3, 2X))
C 190 * FORMAT(2X, 2(T( /, I2, /) = /, F6. 2, 10X), /, 2X, 2(TM, F6. 2, /, /, /,
C * F5. 3, 2X))

```

```

C ZERAGEM DAS VARIAVEIS PARA INICIO DE NOVO CICLO DE LEITURAS

```

```

C N = 0
C DO 230 I=1, NT
C TM(I) = 0.
C TT(I) = 0.
C VAR(I) = 0.
C DP(I) = 0.
C ST(I) = 0.
C SOMAT(I) = 0.
C CONTINUE

```

230

STOP







FORMATOS DE IMPRESSAO

```

20  FORMAT(72A1)
34  FORMAT(2A4)
40  FORMAT(10X,'DATA : ',3A4,26X,'HORA: ',A8,/)
45  FORMAT(10X,'N = ',I8,/)
50  FORMAT(10X,'TIPO DE GAS DE OPERACAO      : ',2A4,/)
60  FORMAT(10X,'DENSIDADE COMPACTACAO DA FIBRA : 280 KG/M3',/)
70  FORMAT(10X,'PRESSAO ESTATICA DE OPERACAO   : ',F4.1,' ATM',/)
75  FORMAT(10X,'TEMPERATURA AMBIENTE         : ',F4.1,' C',/)
80  FORMAT(10X,'POTENCIA DISSIPADA-AQ. CENTRAL : ',F6.2,' WATTS',/)
90  FORMAT(10X,'DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 1: ',F6.2,' VOLTS',/)
100  FORMAT(10X,'DIFERENCA POTENCIAL-AQ. LATERAL 2: ',F6.2,' VOLTS',/)
170  FORMAT(25X,' ** TEMPERATURAS ** ',//)
180  FORMAT(2X,3('T(',I2,')= ',F6.2,10X),/,2X,3('7X,F6.2,')+/--',
      * F5.3,2X))
190  FORMAT(2X,2('T(',I2,')= ',F6.2,10X),/,2X,2('7X,F6.2,')+/--',
      * F5.3,2X))
200  FORMAT(/,15X,'*** CONDUCTIVIDADE TERMICA EFETIVA ***',/)
210  FORMAT(15X,2('KEF(',I1,')= ',F10.5,5X),/)
220  FORMAT(25X,'KEFMED = ',F10.5,' W/M C')

```

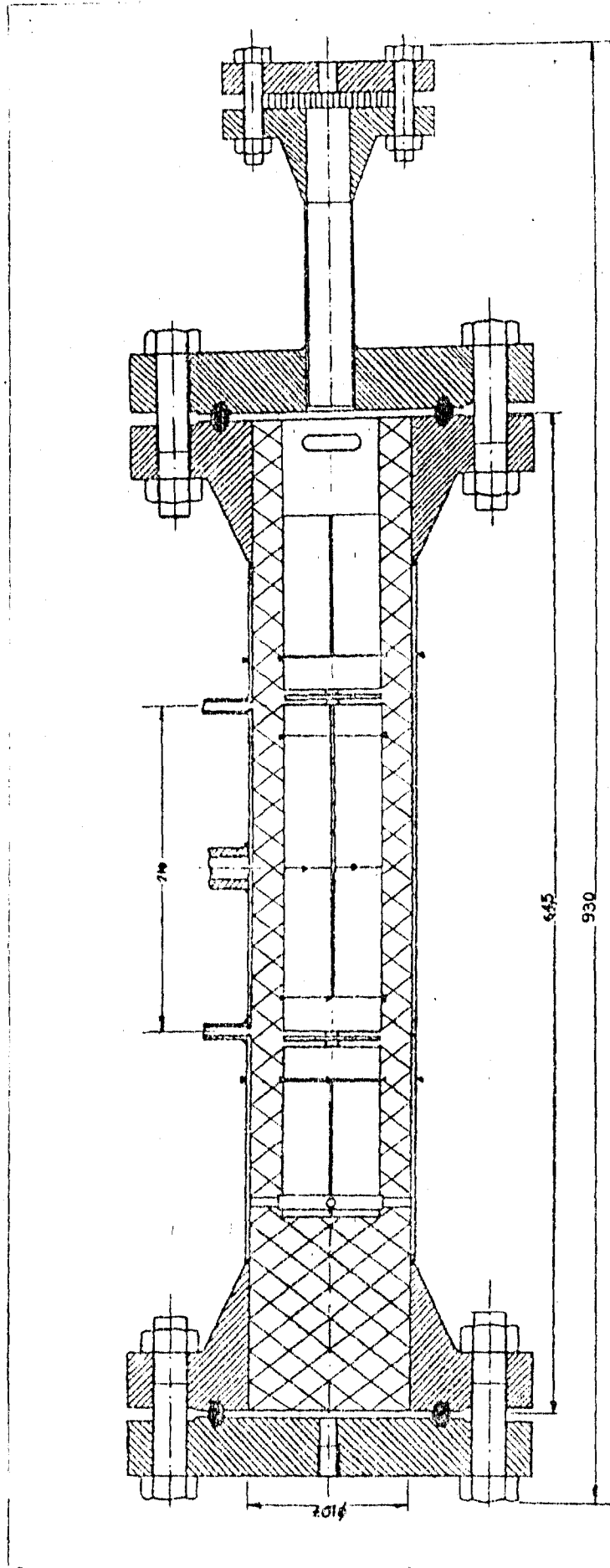
STOP  
END

C

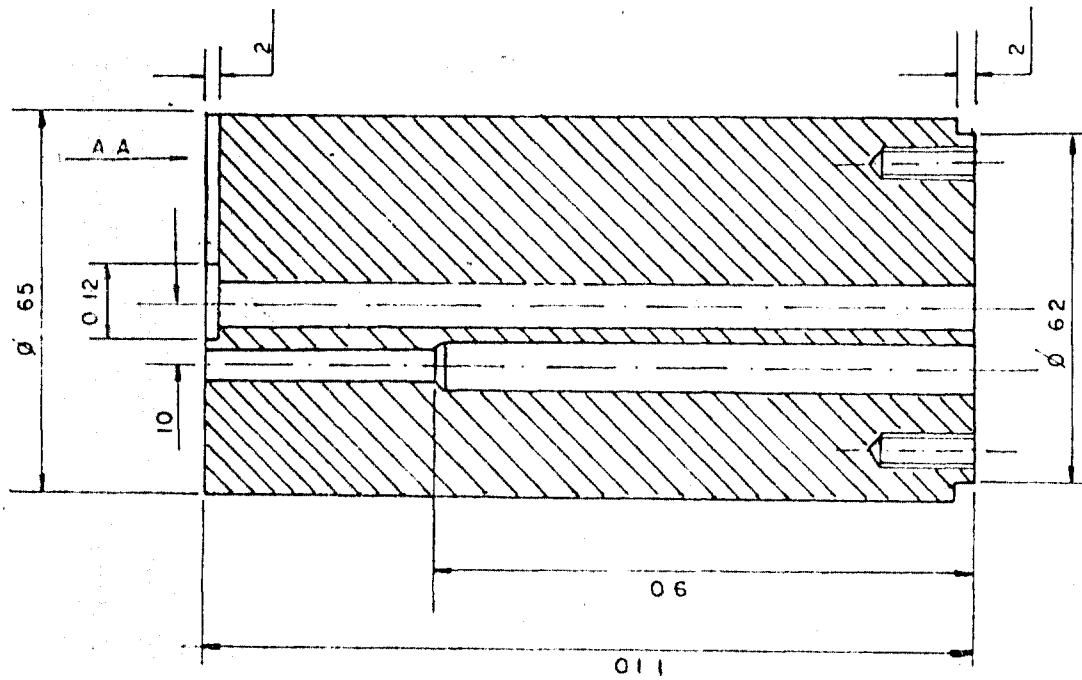
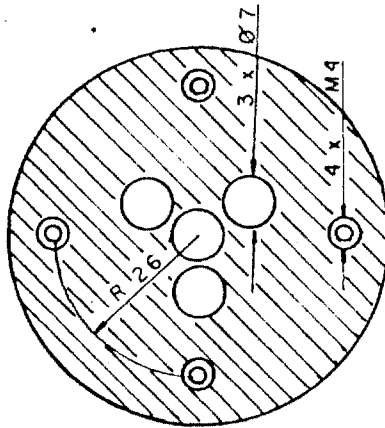
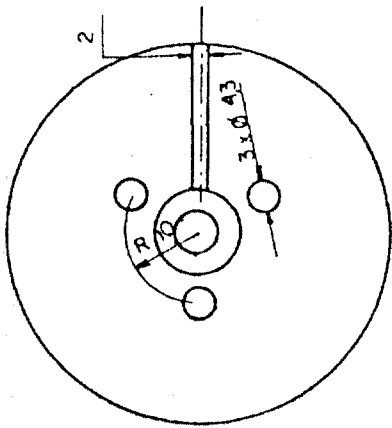
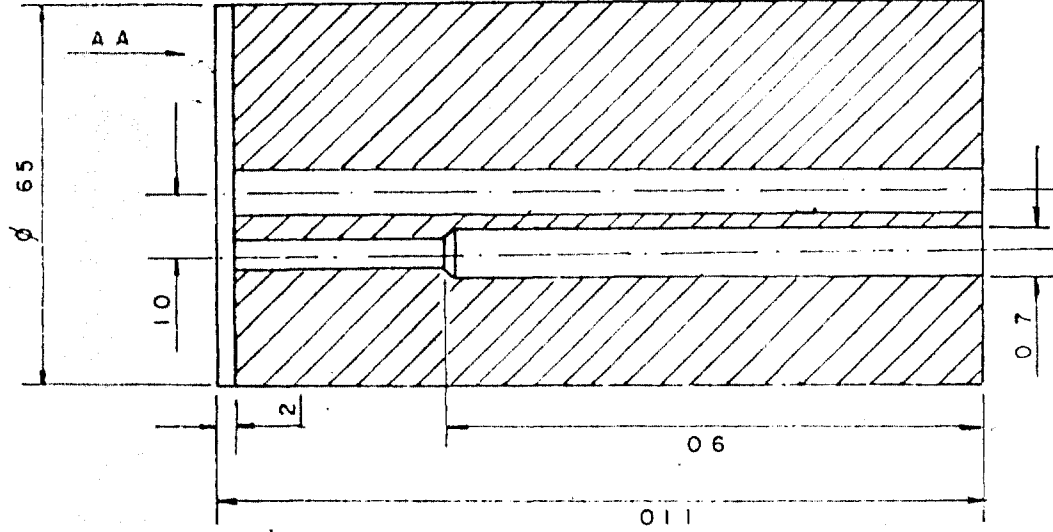
n'

APÊNDICE D

DETALHES DE PROJETO



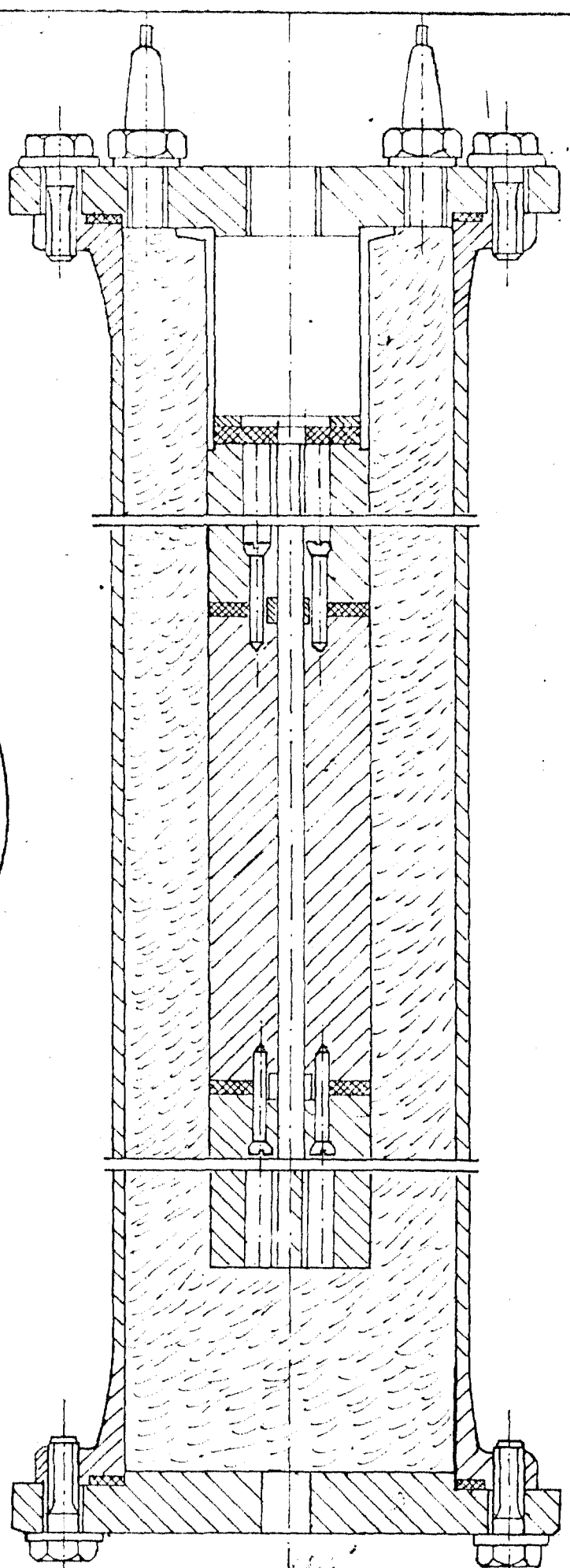
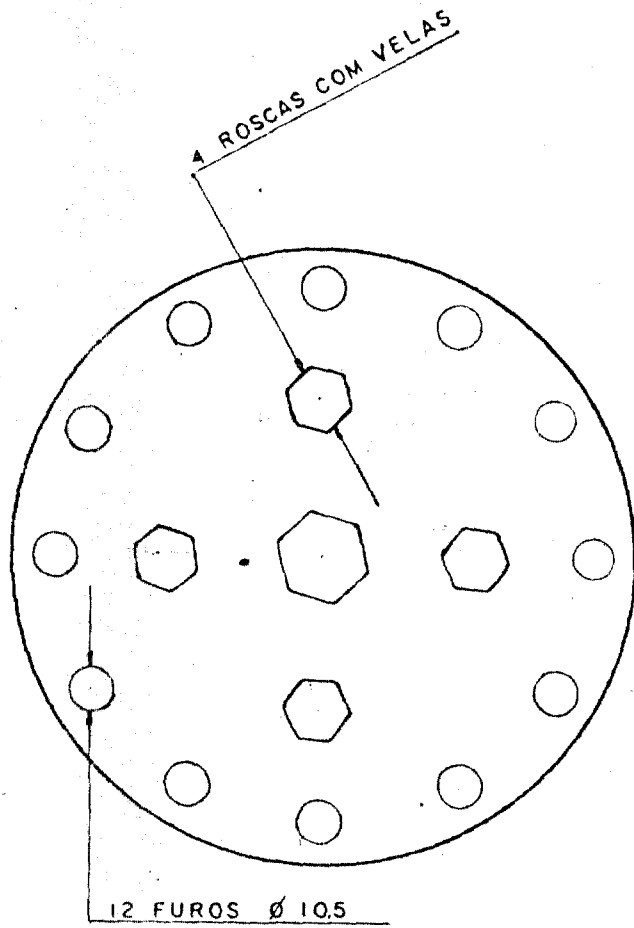
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
I. P. E. N.



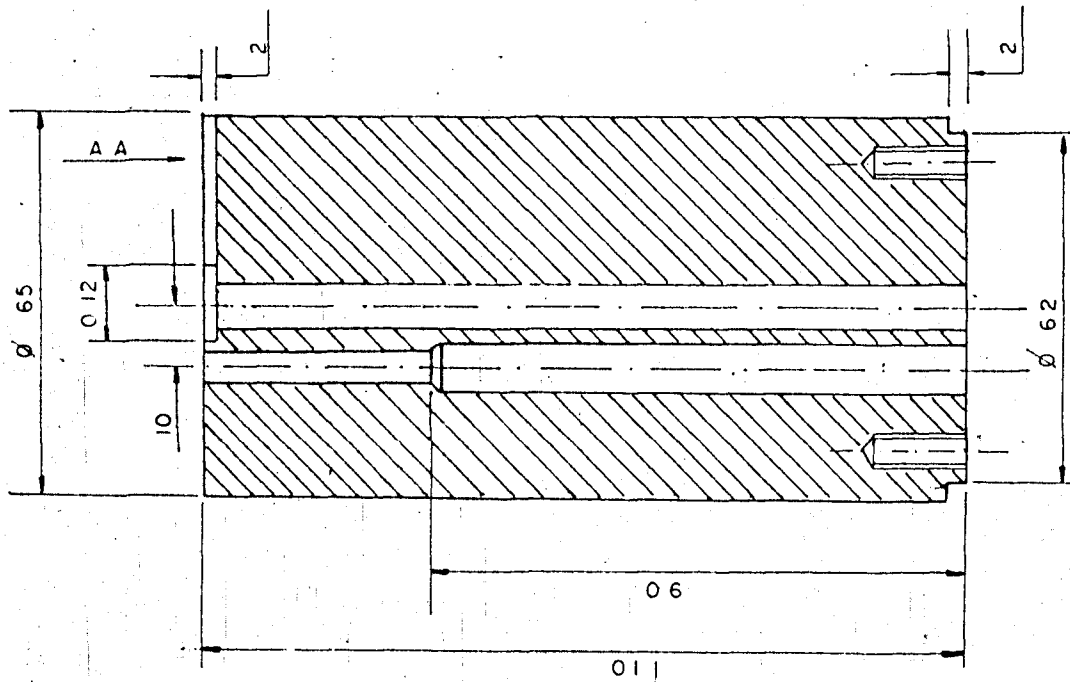
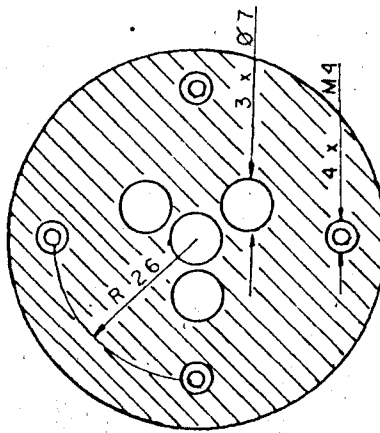
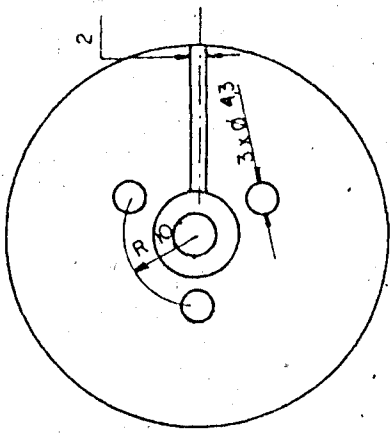
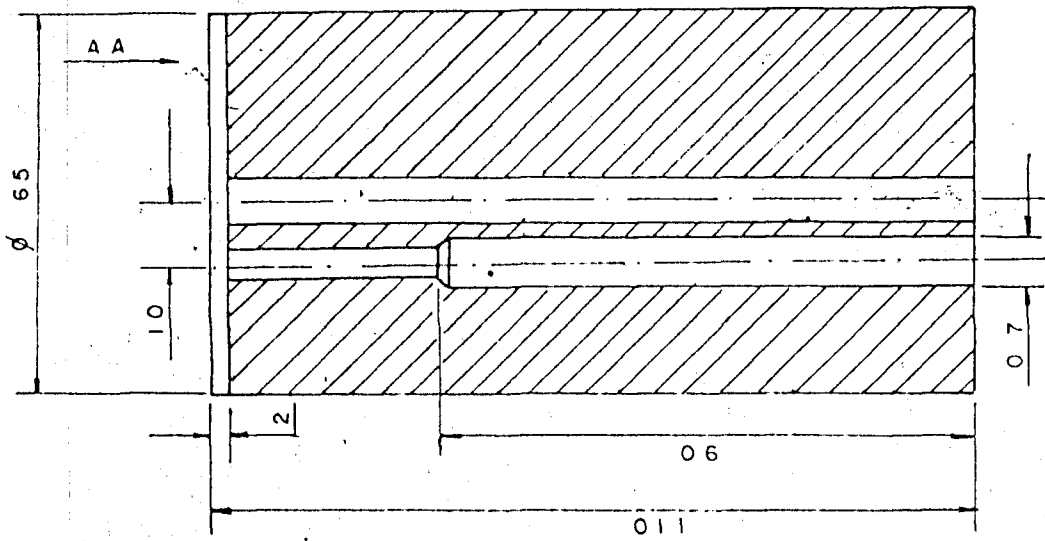
DATA	NOME
	TAKEO

INSTITUTO DE ENERGIA  
ATOMICA CEN AFTR

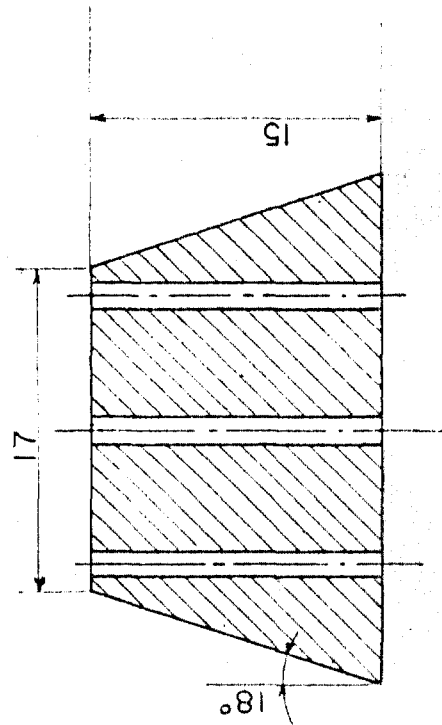
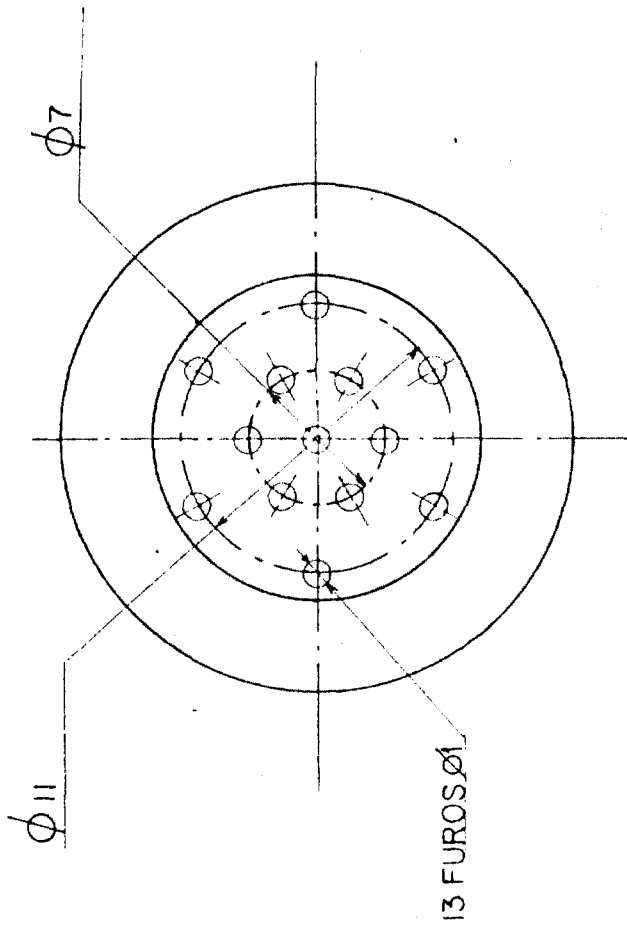
DETALHE DA PARTE SUPERIOR



	DATA	NOME	INSTITUTO DE ENERGIA ATOMICA - CEN - AFTR -
DES	25.8.76	TAKEO	
COP			
VISTO			
SEÇÃO DE TESTE PARA ME DIDAS DE ISOLAMENTO TER MICO FIBROSO			



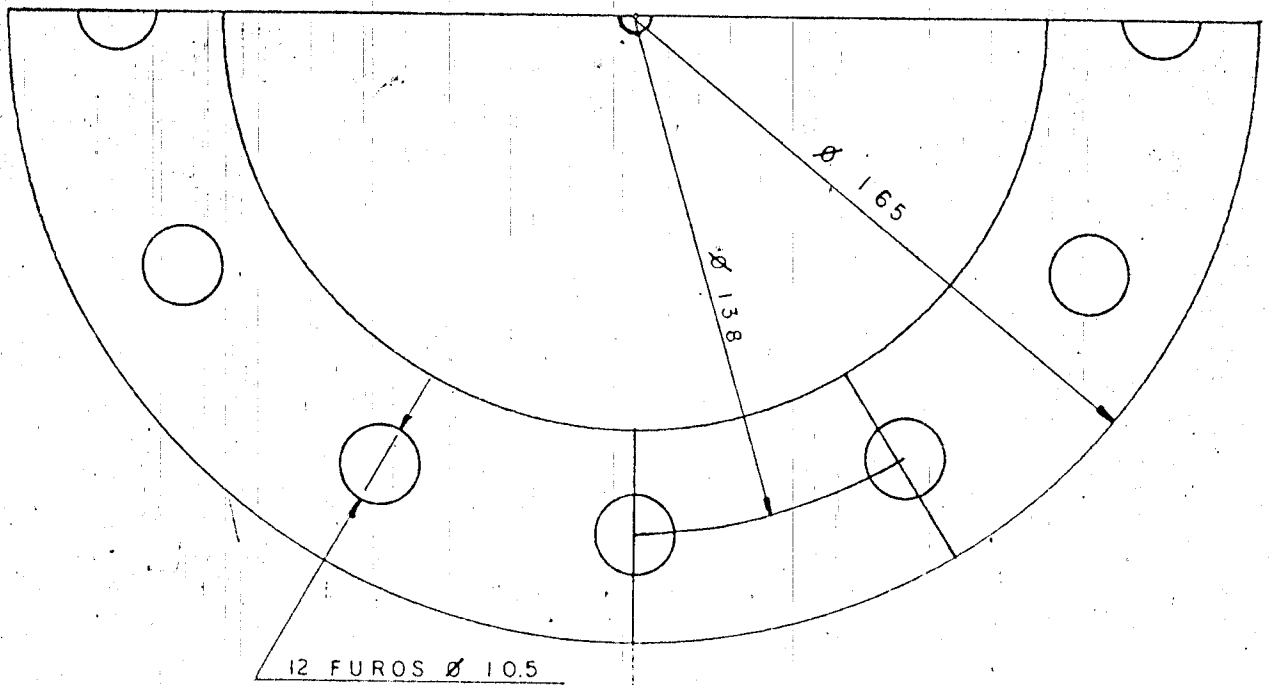
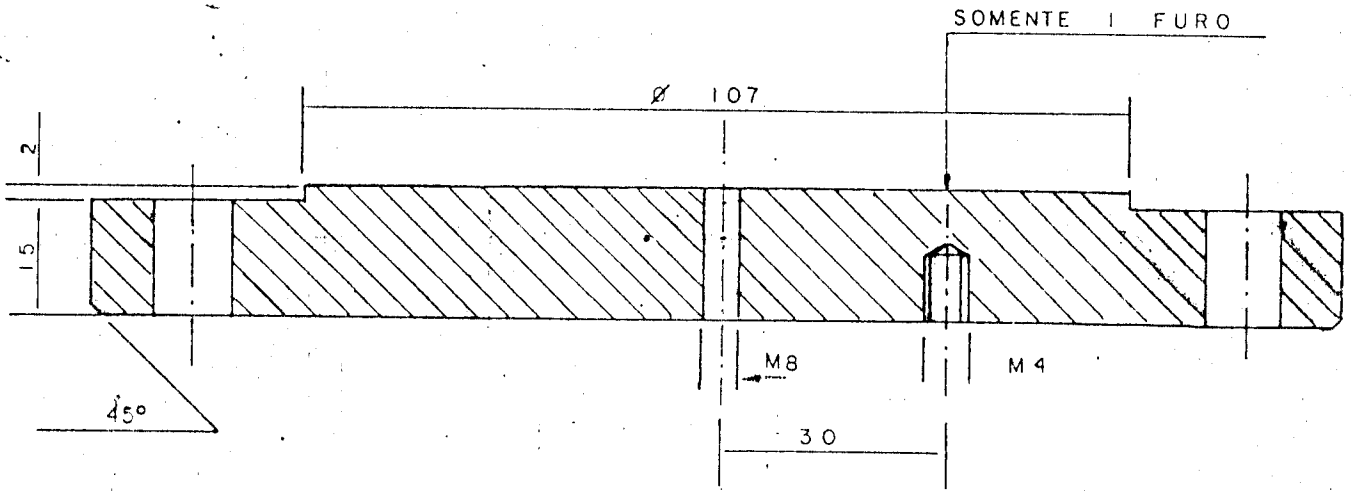
INSTITUTO DE ENERGIA ATOMICA CEN AFTR	
DATA	NOME
	TAKEO



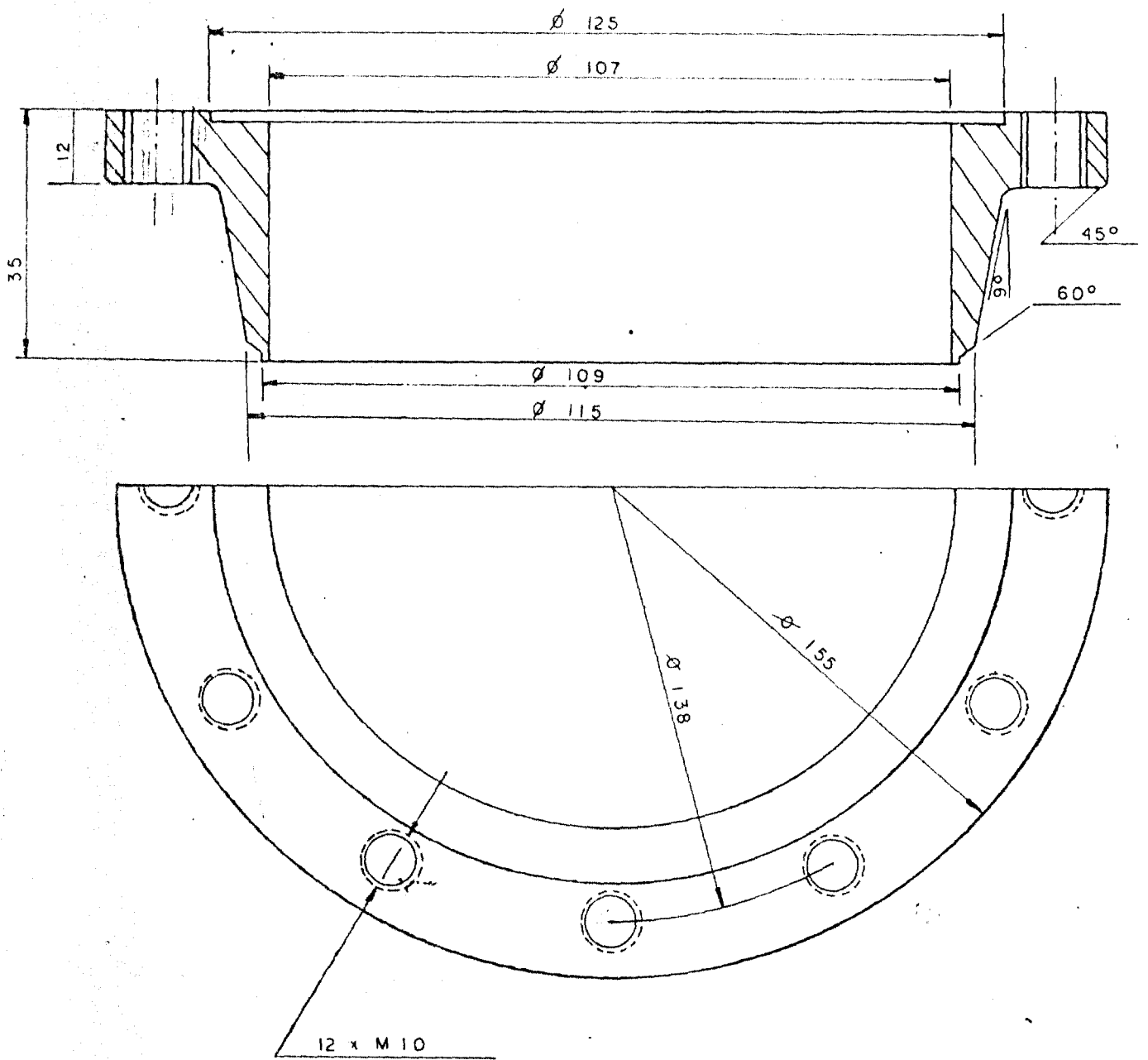
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
 I. P. E. N.

Nº 7-8	NOME	MAT.	QUANT.	NOTAS
	PLUGE	TEFLON	01	

INSTITUTO DE ENERGIA	
ATOMICA_CEN_AFTR	
PLUGE	
ESC. 2.5:1	

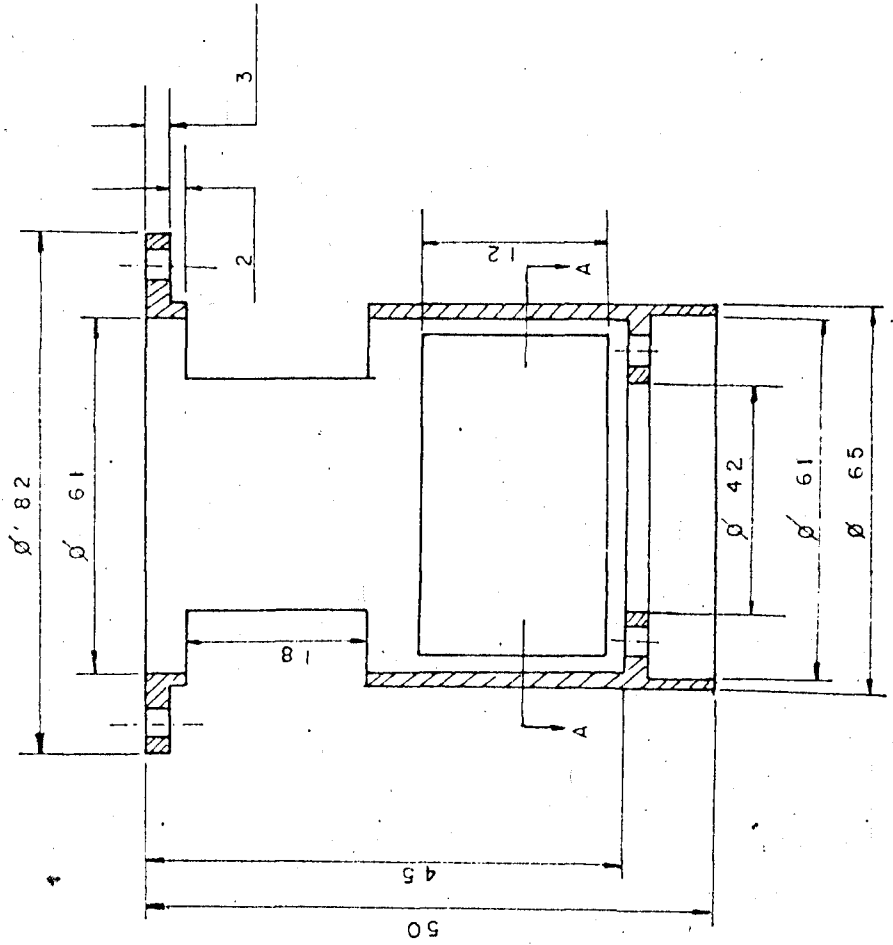
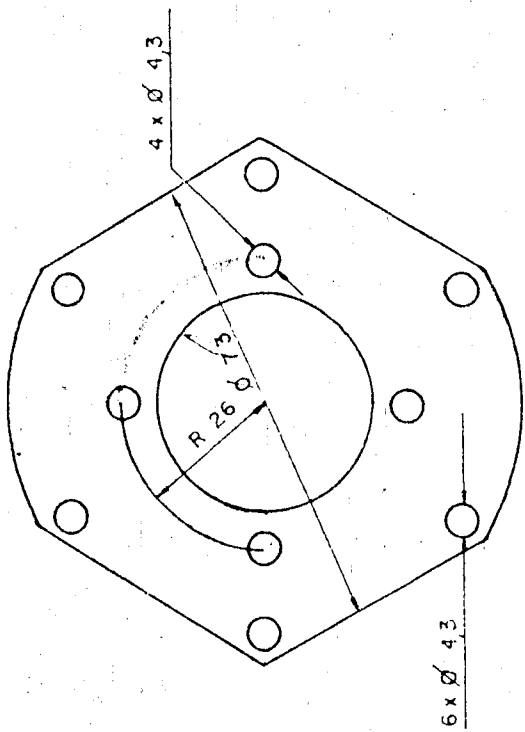
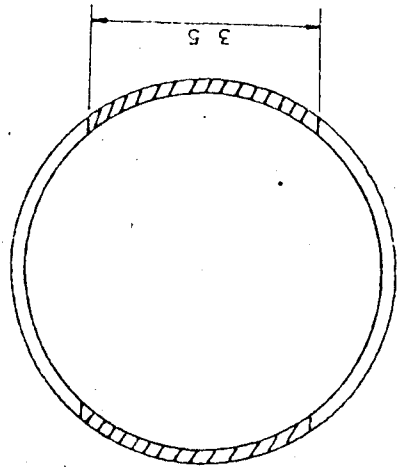
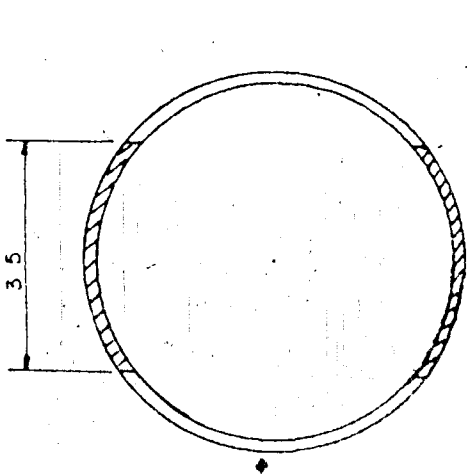


	DATA	NOME	INSTITUTO DE ENERGIA ATOMICA CEN AFTR
DES			
COP			
VISTO			
FLANGE TIPO A			



DATA	NOME	INSTITUTO DE ENERGIA ATOMICA - CEN-AFTR	
FLANGE TIPO C			

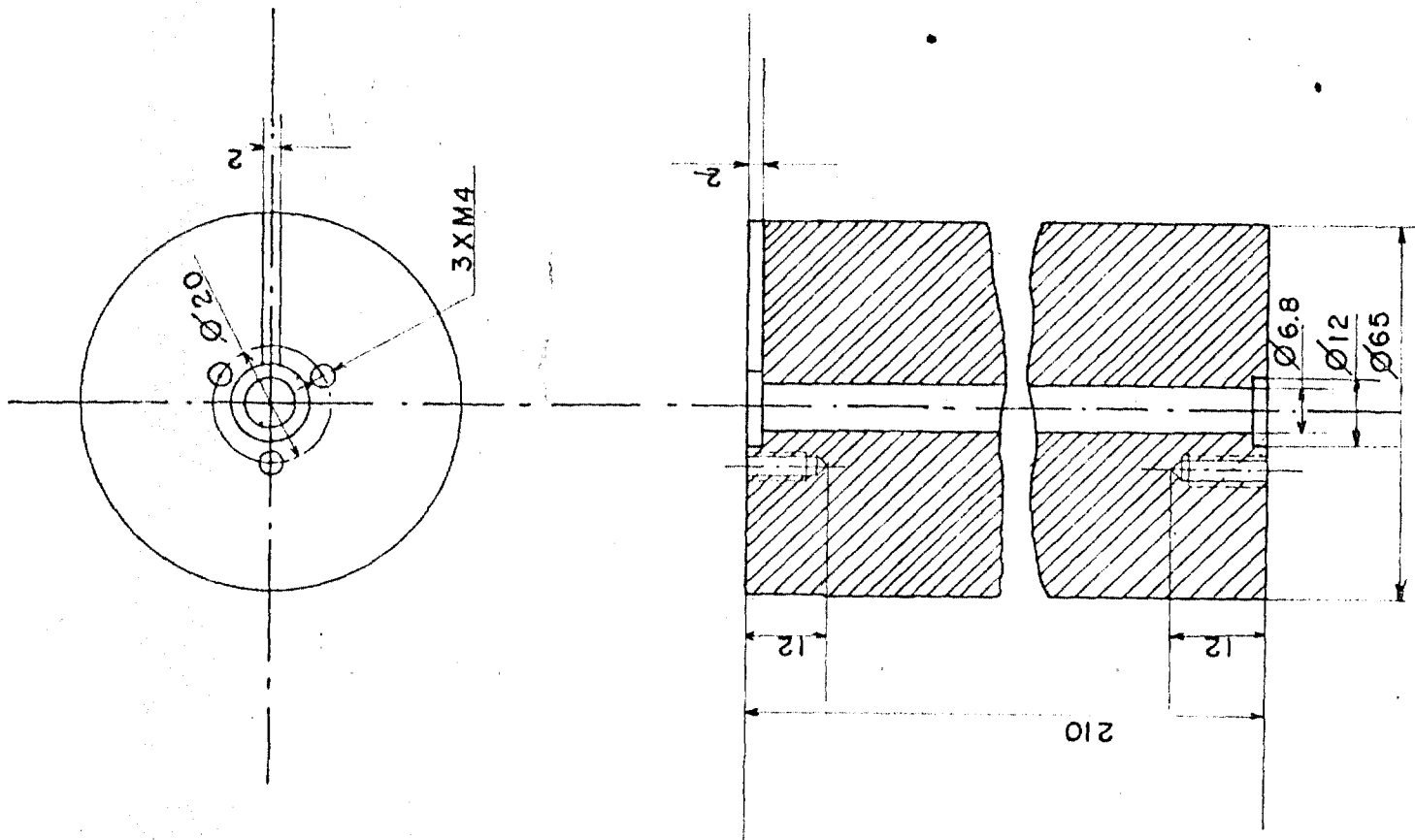




DATA	NOME

INSTITUTO DE ENER  
GIA ATOMICA AFT.R

1 PEÇA DE AÇO 1020



Nº	DES.	MAT.	QUANT	NOTAS
6	HEATER-JACKET	LATÃO	1	

DATA	NOME	INSTITUTO DE ENERGIA ATOMICA - CEN - AF TR	
ESC.	1:1		



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAXI, C.B. Permeation flow and heat transfer in the HTGR thermal barrier. Philadelphia, Pa. American Society of Mechanical Engineers, 1974. (ASME paper 74-WA/HT-9).
2. BIKOV, V.N.; VOROHKOV, S.T.; DEKHTYAREV, V.I. Experimental research on the effective thermal conduction of fibrous insulation in compressed gases. High Temperature, 10(4):707-12, 1972.
3. BELL & HOWELL. CEC/INSTRUMENTS DIVISION. Pressure transducer handbook. Pasadena, Calif. 1974.
4. BISHOP, E.H.; CARLEY, C.T.; POWE, R.E. Natural convective oscillatory flow in cylindrical annuli. Int. J. Heat Mass Transfer, 11:1741-52, 1968.
5. CALTAGIRONE, J.P. Thermoconvective instabilities in a porous medium bounded by two concentric horizontal cylinders. J. Fluid Mech. 76(2):337-62, 1976.
6. FINCH, D.I. General principles of thermoelectric thermometry. North Wales, Pa. Leeds and Northrup, 1969. (Technical Publication DI.1000).
7. FURBER, B.N. & DAVIDSON, S. The thermal performance of solid insulants in a high pressure gas environment. In: COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Prestressed concrete reactor pressure vessel and their thermal insulation, second information meeting on . . . ., Bruxelles, November 18-20, 1969. 841-81
8. GOMES, A.V. Transdutores de Pressão. São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Jan. 1975. (IEA-inf-40).
9. GOMES, A.V. Utilização do circulador de temperatura constante na calibração de termopares. São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Jan. 1975. (IEA-Pub-374).
10. HOLST, P.H. & AZIZ, K. A theoretical and experimental study of natural convection in a confined porous medium. Can. J. Chem. Engng. 50:232-41,

1972.

11. HILSENATH, J.; HOGE, H.J.; BECHETT, C.W.; MASI, J.F.; BENEDICT, W.A.; NUTTAL, R.L.; TOLOUKIAN, Y.S. Table of thermodynamic and transport properties. Oxford, Pergamon, 1960.
12. ITOH, M.; FUJITA, T.; NISHIWAKI, N.; HIRATA, M. New method of correlating heat transfer coefficients for natural convection in horizontal cylindrical annuli. Int. J. Heat Mass Transfer, 13:7364-68, 1970.
13. INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES. Relatórios internos do Centro de Engenharia Nuclear. São Paulo, Anexo V. 1975.
14. JANOT, M.; NAUDIN, P.; VIANAY, S. Convection in milieux poreux. Int. J. Heat Mass Transfer, 16:395-410, 1973.
15. KONUK, A.A.; KASSAR, E.; SKODA, S. Medidas de condutividade térmica de fibras ceramicas. In: ESCOAMENTO em meios porosos oitavo encontro sobre ....., Curitiba, Paraná 20-22 out. 1980. - v.2 p.373-8.
16. KONUK, A.A. Natural, forced and mixed convection in fibrous insulation. São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Jan. 1978. (IEA-Pub-503).
17. SKODA, S. Medidas de permeabilidade e de condutividade térmica efetiva em isolantes térmicos tipo fibra. São Paulo, 1980. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares).
18. TACHBANA, J.M.; TAKANO, M.M. Medições de tensões com extensômetro elétrico. s.l. Kyowa Electronic Instruments, s.d.
19. WELTER, A.N.V. Modelo numérico de isolamento térmica interna tipo fibras em adutos de gás quente. São Paulo, 1979. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares).

oooooooooooooooooooo  
oooooooooooooooooooo