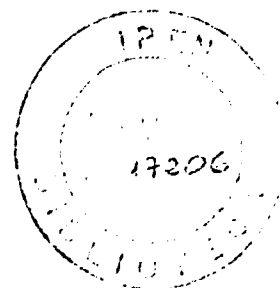


**SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO FENÔMENO DE REMOLHAMENTO DE
UM ELEMENTO DE COMBUSTÍVEL**

Francisco Antonio Braz Filho

Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
"Mestre na Área de Concentração em
Reatores Nucleares de Potência e
Tecnologia do Combustível Nuclear".

Orientador: Dr. Artur José Gonçalves Faya



SÃO PAULO
1934

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO FENÔMENO DE REMOLHAMENTO DE UM ELEMENTO DE COMBUSTÍVEL

FRANCISCO ANTONIO BRAZ FILHO

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o estudo do remolhamento de uma barra de combustível, após um acidente postulado de perda de refrigerante (LOCA).

Um programa computacional foi construído para analisar o problema, resolvendo, numericamente, a equação de condução de calor bidimensional, em geometria cilíndrica.

O fenômeno do remolhamento, ainda hoje, não é totalmente entendido. Um de seus maiores problemas, está na estimativa do coeficiente de transferência de calor. Por este motivo, dois modelos com diferentes coeficientes foram elaborados: um deles tem o perfil constante em cada uma das três regiões consideradas, o outro tem o perfil modelado pela "curva de ebulição". Em ambos os casos, os resultados foram considerados satisfatórios: o modelo de três regiões à altas e baixas vazões, e o modelo da "curva de ebulição", apenas à baixas vazões.

A NUMERICAL SOLUTION MODEL OF THE REHEATING OF A NUCLEAR FUEL ROD

FRANCISCO ANTONIO BRAZ FILHO

ABSTRACT

The purpose of this work is to study the thermal behavior of a nuclear reactor fuel rod during the reflooding phase of the loss-of-coolant accident (LOCA).

A mathematical model and a numerical scheme were proposed in order to solve the bidimensional heat conduction equation in cylindrical coordinates.

To date the phenomenon of reflooding is not completely understood. One of the main difficulties is to estimate the heat transfer coefficient (h). For this reason two different models were elaborated: in the first three regions are considered and in each region h is considered constant; in the second the h profile is adjusted according to the boiling curve.

The three region model yields satisfactory results at high and low mass flows while the "boiling curve" model is reasonable at low flows.

ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	01
1.1 O Remolhamento	03
1.2 Revisão Bibliográfica	07
1.3 Proposição	12
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	13
2.1 Introdução	13
2.2 Equação de Condução de Calor	13
2.3 Hipóteses e Contornos	14
2.4 Modelos do Coeficiente de Transferência de Ca lor	17
2.5 Seleção dos Regimes de Transferência de Calor .	25
3. MÉTODOS DE SOLUÇÃO	27
3.1 Aproximação por Diferenças Finitas	27
3.2 Solução do Sistema de Equações	36
3.3 Método Iterativo	36
3.4 Convergência e Estabilidade	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 Caso de Referência	39
4.2 Variação dos Parâmetros de Entrada	42
4.3 Precisão	57
4.4 Comparação com Outros Trabalhos	64
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ...	72
5.1 Conclusão	72
5.2 Recomendações para Trabalhos Futuros	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
APÊNDICE A - PROGRAMA COMPUTACIONAL	78
A.1 Descrição do Programa Computacional	78
A.2 Listagem do Programa REMOLHA	86

	Pãg.
APÊNDICE B - DADOS DE ENTRADA DO PROGRAMA	113
B.1 Descrição dos Dados de Entrada	113
B.2 Cartões de Entrada	
APÊNDICE C - RESPOSTA DO PROGRAMA "REMOLHA"	118
C.1 Descrição dos Dados de Saída	118
C.2 Listagem de Saída do Programa	119

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1.1 - Regimes de transferência de calor e escoamento durante a reinundação do núcleo	02
Fig. 1.2 - Típico comportamento da temperatura do encamisamento durante a reinundação do núcleo	04
Fig. 1.3 - Típico comportamento do coeficiente de transferência de calor durante a reinundação do núcleo	04
Fig. 1.4 - Diagrama ilustrando o progresso da frente de remolhamento por cima	06
Fig. 1.5 - Diagrama ilustrando o progresso da frente de remolhamento por baixo	06
Fig. 1.6 - Curva de ebulição	08
Fig. 2.1 - Meio-corte da barra de combustível	16
Fig. 2.2 - Modelo de três zonas	18
Fig. 2.3 - Curva de ebulição	23
Fig. 2.4 - Modelo recomendado por Kirchner e Griffith ...	26
Fig. 3.1 - Nodalização do encamisamento	28
Fig. 4.1 - Temperatura superficial da parede em função da cota y, para o caso de referência	41
Fig. 4.2 - Coeficiente de transferência de calor em função da temperatura da parede para o caso de referência	43
Fig. 4.3 - Fluxo de calor em função da temperatura superficial da parede para o caso base	44
Fig. 4.4 - Velocidade de remolhamento em função da velocidade mássica na entrada	46
Fig. 4.5 - Comprimento da frente de remolhamento em função da velocidade mássica na entrada	47
Fig. 4.6 - Comprimento da frente de remolhamento em função do grau de sub-resfriamento de entrada ...	49
Fig. 4.7 - Gráfico que mostra a influência do grau de sub-resfriamento de entrada	50

	Pág.
Fig. 4.8 - Temperatura mínima para ebulição em filme de vapor em função da pressão	51
Fig. 4.9 - Comprimento da frente de remolhamento em função da temperatura de saturação	52
Fig. 4.10 - Velocidade de remolhamento em função da temperatura de saturação	53
Fig. 4.11 - Comprimento da frente de remolhamento em função da temperatura inicial da parede .	54
Fig. 4.12 - Velocidade de remolhamento em função da temperatura inicial da parede	55
Fig. 4.13 - Influência do material da parede na velocidade de remolhamento	56
Fig. 4.14 - Influência do coeficiente de transferência de calor na região de vapor do modelo A na velocidade de remolhamento	58
Fig. 4.15 - Influência do coeficiente de transferência de calor na região de vapor do modelo A no comprimento da frente de remolhamento	59
Fig. 4.16 - Influência do coeficiente de transferência de calor na região sub-resfriada do modelo A na velocidade de remolhamento ..	60
Fig. 4.17 - Influência do coeficiente de transferência de calor na região sub-resfriada do modelo A no comprimento da frente de remolhamento	61
Fig. 4.18 - Comparação dos modelos deste trabalho com resultados experimentais e teóricos de outros pesquisadores	66
Fig. 4.19 - Comparação do modelo A com uma correlação semi-empírica tirada das experiências FLECHT	68
Fig. A.1 - Diagrama do programa principal	83
Fig. A.2 - Diagrama da sub-rotina MAJOR	84
Fig. A.3 - Diagrama da sub-rotina AAAA	85
Fig. B.1 - Arquivo dos cartões de entrada	117

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
I.1 Modelos unidimensionais de condução axial do remolhamento	10
I.2 Modelos bidimensionais do remolhamento	11
IV.1 Comparação das temperaturas da superfície da parede entre o caso de 280 x 5 nós e o de 320 x 8 nós, para o modelo A	62
IV.2 Comparação das temperaturas da superfície da parede entre o caso de 280 x 5 nós e o de 320 x 8 nós, para o modelo B	63
IV.3 Comparação do número de Peclet em função de $Piot$ de vários pesquisadores, com o modelo A deste trabalho	71

NOMENCLATURA

VARIÁVEIS:

		UNIDADES
C_p	- Calor específico	$J Kg^{-1} K^{-1}$
D_h	- Diâmetro hidráulico	m
g	- Aceleração da gravidade	$m s^{-2}$
h	- Coeficiente de transferência de calor	$W m^{-2} \text{ } ^\circ C^{-1}$
K	- Condutividade térmica	$W m^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$
L	- Comprimento	m
P	- Pressão	$N m^{-2}$
Pr	- Número de Prandtl	-
q''	- Fluxo de calor	$W m^{-2}$
r	- Raio	m
Re	- Número de Reynolds	-
T	- Temperatura	$^\circ C$
X_{tt}	- Parâmetro de Lockhart-Martinelli	-
v	- Velocidade de remolhamento	ms^{-1}
α_0	- Absorvidade	
β	- Coeficiente de expansão térmica	$^\circ C^{-1}$
σ	- Tensão superficial	$N m^{-1}$
σ_b	- Constante de Boltzman	$W m^{-2} \text{ } ^\circ K^4$
ϵ	- Emissividade	-
λ	- Comprimento de onda	m
ρ	- Densidade específica	$Kg m^{-3}$
μ	- Viscosidade dinâmica	$Kg m^{-1} s^{-1}$

SUBSCRITOS:

e	-	Externo
f	-	Líquido saturado
Fcc	-	Fluxo crítico de calor
fr	-	Frente de remolhamento
g	-	Vapor saturado seco
ien	-	Início de ebulição nucleada
l	-	Líquido de entrada
r	-	Refrigerante
sat	-	Saturação
t	-	Total
v	-	Vapor superaquecido
w	-	Parede
w1	-	Contorno inferior
w2	-	Contorno superior

SIGLAS E OUTROS :

BOTTOM FLOODING	-	Inundação do núcleo por baixo
CARRYING OVER	-	Ponto em que o vapor arrasta líquido para cima
CHF	-	Fluxo crítico de calor (critical heat flux)
DNB	-	Fluxo crítico de calor (departure nucleate boiling)
DRY-OUT	-	Fluxo crítico de calor
ECCS	-	Sistema de refrigeração de emergência do núcleo (emergency core cooling systems)
LOCA	-	Acidente de perda de refrigerante (loss of coolant accidents)
POOL BOILING	-	Ebulição em piscina
TOP FLOODING	-	Inundação do núcleo por cima.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Em análise de acidentes de reatores refrigerados a água leve (do tipo PWR e BWR), considera-se para o projeto dos sistemas de segurança, um acidente de perda de refrigerante (loss of coolant accident - LOCA), com uma grande ruptura da tubulação na "perna fria" do circuito primário⁽³²⁾. Após um acidente deste tipo, o núcleo esvazia-se em poucos segundos e a temperatura do encamisamento do combustível aumenta, devido ao decaimento radioativo dos produtos de fissão e da energia armazenada antes do "LOCA". Água boricada de refrigeração é injetada no núcleo pelo sistema de refrigeração de emergência (ECCS), via pleno inferior (no caso de PWR), ou por spray, via pleno superior (no caso de BWR) com o objetivo de parar o sobreaquecimento das barras de combustível e reestabelecer a refrigeração⁽⁹⁾. Caso isto não aconteça, a oxidação do encamisamento, a reação química água-zircaloy, ou, a fusão do encamisamento com a conseqüente liberação dos produtos de fissão podem ocorrer⁽⁴⁾. O projeto do ECCS deve garantir que as temperaturas das varetas combustíveis mantenham-se em níveis não danosos à sua integridade física e geométrica⁽³¹⁾.

Em consequência das altas temperaturas atingidas pelo encamisamento, a água proveniente do sistema de refrigeração de emergência, inicialmente, não molha a superfície aquecida. O "remolhamento" da superfície quente ocorre quando o refrigerante reestabelecer contato com a superfície seca e aquecida, a uma temperatura conhecida como temperatura de "remolhamento"⁽⁴⁾.

O acidente do tipo LOCA é dividido em três etapas, denominadas: despressurização (blowdown), reenchimento (refill) e reinundação (reflood)⁽³²⁾. O "remolhamento" ocorre na etapa de reinundação. Esta fase vai, desde que o refrigerante toca o combustível até que a refrigeração seja estabelecida em toda a elevação do núcleo.

A figura 1.1 mostra que duas diferentes seqüências de regimes de escoamento são possíveis. A altas vazões, o título na vizinhança da região de resfriamento (quench front) é baixo, e um

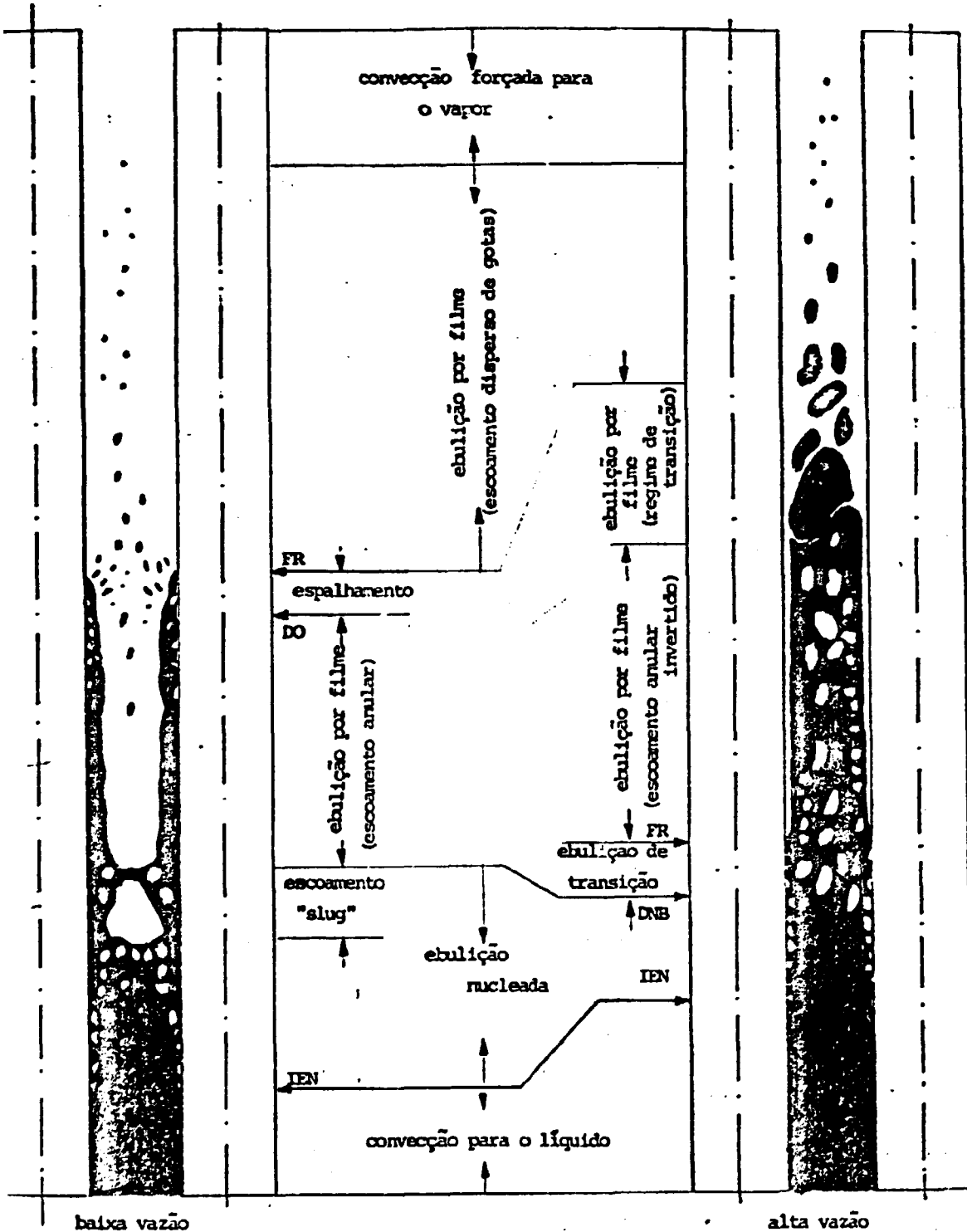


Figura 1.1 - Regimes de escoamento e transferência de calor observados na reinundação do núcleo. FR, frente de remolhamento. DO, fluxo crítico de calor (dry-out). DNB, fluxo crítico de calor (departure nucleate boiling). IEN, início de ebulição nucleada. Figura tirada da referência 31.

regime de escoamento anular invertido (inverted annular film boiling) é formado à frente desta região. Quando a velocidade de vapor no canal atinge um certo valor crítico, o refrigerante no núcleo tem as características de um escoamento disperso de gotas (dispersed flow). Já em baixas vazões, o título perto da frente de remolhamento (quench front) é alto, e um regime de escoamento anular com um filme de líquido, aparece abaixo desta frente. O primeiro caso é similar ao "DNB", ocorrendo em baixos títulos ou escoamento sub-resfriado, enquanto que o segundo caso corresponde ao "dry-out" em crise de ebulição (boiling crisis) (11). Uma região de transição, entre os regimes anular invertido e escoamento disperso foi também identificado durante os testes do PWR-FLECHT (32).

Típicas curvas simplificadas do perfil de temperaturas do encamisamento, e do coeficiente de transferência de calor após o início da fase de reinundação encontram-se nas figuras 1.2 e 1.3. Os diferentes segmentos da curva do coeficiente de transferência de calor são classificados de acordo com os regimes de transferência de calor e escoamento bifásico correspondentes da figura 1.1. Ressalvando que alguns desses regimes podem não se brevir sob certas condições.

1.1 O Remolhamento

Os problemas do remolhamento de uma superfície aquecida são de particular interesse para o entendimento, e previsão do processo de transferência de calor, durante o acidente postulado de perda de refrigerante (LOCA).

Evidências experimentais mostram a existência de um brusco gradiente de temperatura axial na região de remolhamento (quench front), e uma elevada faixa de fluxo de calor para o refrigerante logo abaixo da frente de remolhamento (1). A frente de remolhamento move-se numa velocidade determinada pelo efeito combinado da condução axial no encamisamento e convecção para o refrigerante. Os mecanismos que regem o fenômeno do remolhamento, semelhantes aos de ebulição sub-resfriada tipo piscina (sub-cooled pool boiling) (5), são descritos abaixo.

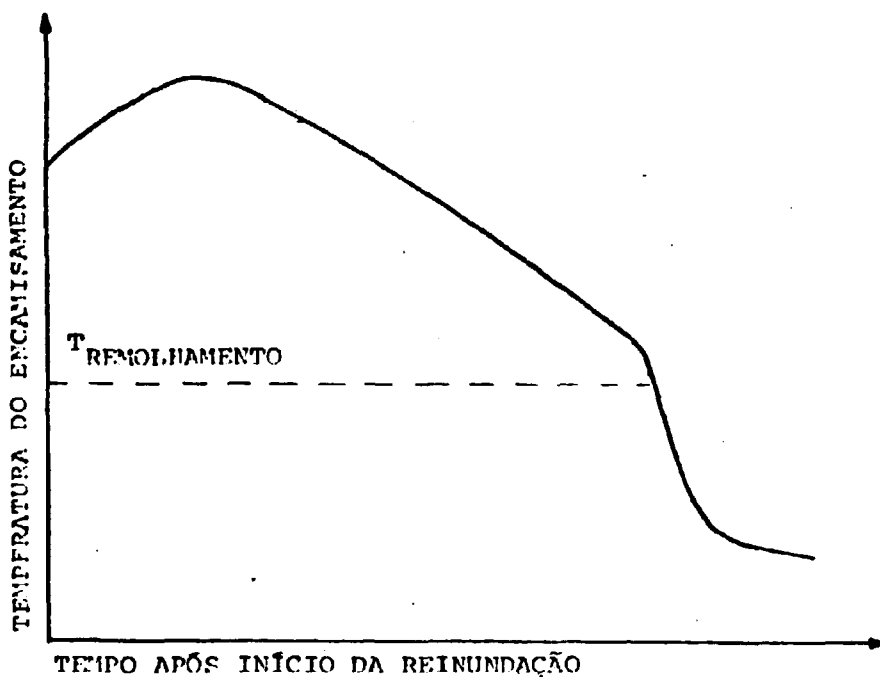


Figura 1.2 - Típico comportamento da temperatura do ponto médio do encamisamento para um teste com vazão constante.

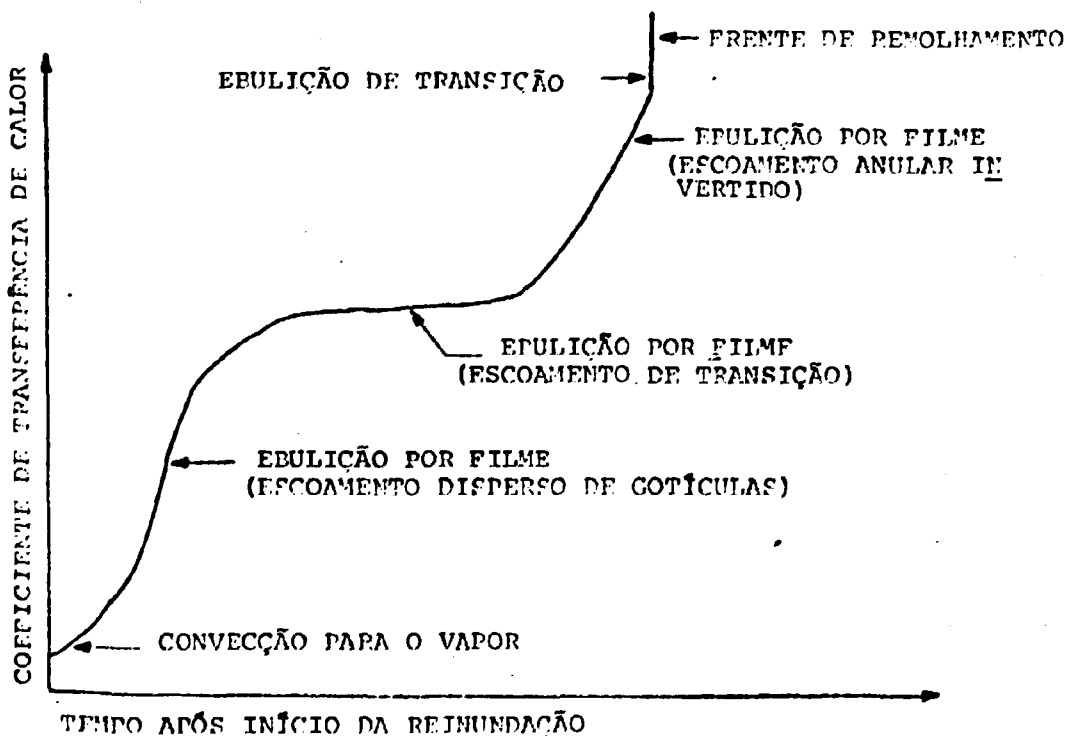


Figura 1.3 - Variação esquemática do coeficiente de transferência de calor na reinundação com o tempo.

1.1.1 Os Mecanismos do Remolhamento

Quando uma superfície aquecida - na qual a temperatura está acima da temperatura de remolhamento - é subitamente imersa num refrigerante, rapidamente forma-se um filme de vapor estável entre a parede e o líquido. A transferência de calor por convecção e radiação removem calor da parede, decrescendo sua temperatura, e depois de algum tempo, o filme torna-se instável. Começam a aparecer locais intermitentemente molhados da superfície, desenvolvendo-se um regime de ebulição de transição, que seguido de um aumento da refrigeração, possibilita a formação de um caminho molhado. Este caminho molhado propaga-se e resulta na formação de uma frente de resfriamento estável ^(1,9).

Uma sucessão de regimes de transferência de calor similares podem ser encontrados ao longo da parede sofrendo resfriamento. Observações visuais têm revelado a existência da frente de remolhamento, e que, esta progride ao longo da parede em lentas variações da velocidade ^(1,9).

Abaixo da frente de resfriamento, o calor é removido pela ebulição de transição (transition boiling), ebulição nucleada (nucleate boiling) e, convecção forçada para o líquido (single phase convection). A parte seca da parede é resfriada pela convecção para o vapor; radiação às gotículas (escoamento disperso); ebulição num escoamento anular invertido (inverted annular film boiling); e a condução axial de calor dentro da parede, da região seca para a molhada ^(1,9). A refrigeração da parte seca da barra, pela convecção direta e radiação para o refrigerante, é comumente tratada de "refrigeração precursora" ⁽²⁵⁾.

A relativa importância destes dois mecanismos de refrigeração, condução axial e refrigeração precursora, depende da situação física. Com um sistema de refrigeração através de "spray", pelo pleno superior do núcleo (falling flooding, figura 1.4), um regime de pobre transferência de calor existirá a jusante da frente de remolhamento, e a condução axial será provavelmente, o mecanismo dominante, dirigindo a propagação da mesma ⁽⁶⁾. Com o sistema de refrigeração via pleno inferior (bottom flooding, figura 1.5), o resfriamento da parte seca acima da frente de remolhamento pode ser significativo. Em consequência disso, ambos mecanismos de transferência de calor podem ser im-

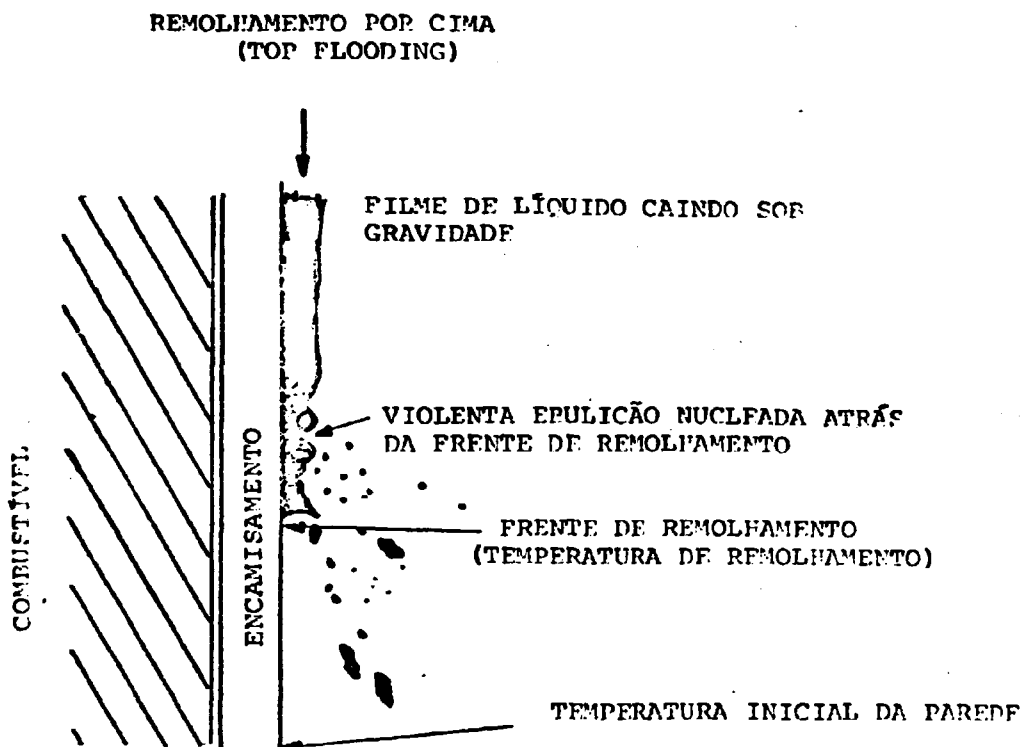


Figura 1.4 - Diagrama ilustrando o progresso da frente de remolhamento por cima.

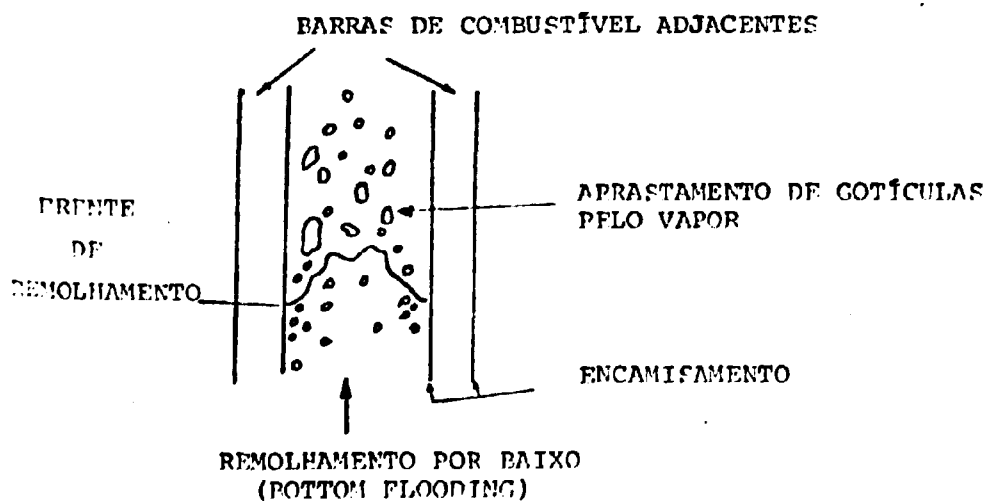


Figura 1.5 - Diagrama ilustrando o progresso da frente de remolhamento por baixo.

portantes: condução axial e refrigeração precursora ⁽⁶⁾.

1.1.2 Temperatura de Remolhamento

Não existe um termo que defina a temperatura de remolhamento aceito universalmente. Os termos mais comumente usados para denominá-la são: de espalhamento (sputtering), de resfriamento (quenching), de calefação (calefaction), de mínima temperatura para ebulição em filme de vapor (minimum film boiling) e ainda de Leidenfrost ⁽⁹⁾. Estes termos não são exatamente sinônimos. A temperatura de Leidenfrost é, geralmente, definida como a temperatura na qual uma pequena gotícula flutua num filme de vapor sobre uma superfície aquecida, e, eventualmente colapsa e toca a parede. Em "pool boiling" ⁽⁵⁾, a temperatura de remolhamento é o mínimo valor da clássica curva de ebulição em um filme de vapor (minimum film boiling), e a parte da curva com uma inclinação negativa é associada a ebulição de transição como mostra a figura 1.6 (gráfico da curva de ebulição) ⁽¹⁵⁾.

Spiegler et al. ⁽⁹⁾ considera a temperatura de remolhamento como uma propriedade termodinâmica e a relata como a temperatura crítica termodinâmica. Em outra análise, entretanto, a temperatura de remolhamento é obtida dos modelos nos quais a hidrodinâmica do filme de ebulição e o efeito do transitório de condução de calor na parede são considerados ^(13,15). Neste caso, propriedades da parede entram na expressão para a temperatura de remolhamento. Além disso, algumas experiências mostram que esta temperatura também depende da vazão do escoamento ⁽¹³⁾.

O que foi dito mostra quanto o estudo do remolhamento ainda é discutível, e que se têm muitas dúvidas a seu respeito.

1.2 Revisão Bibliográfica

Uma considerável quantidade de trabalhos teóricos e experimentais têm sido observados, para investigar os efeitos dos diferentes parâmetros de operação na eficácia do remolhamento. Os modelos encontrados na literatura podem ser: numéricos ou ana

- AP - CONVECÇÃO NATURAL
- BC - EBULIÇÃO NUCLEADA
- CHF - FLUXO CRÍTICO DE CALOR
- DE - EBULIÇÃO DE TRANSIÇÃO
- EF - FIIME DE EBULIÇÃO

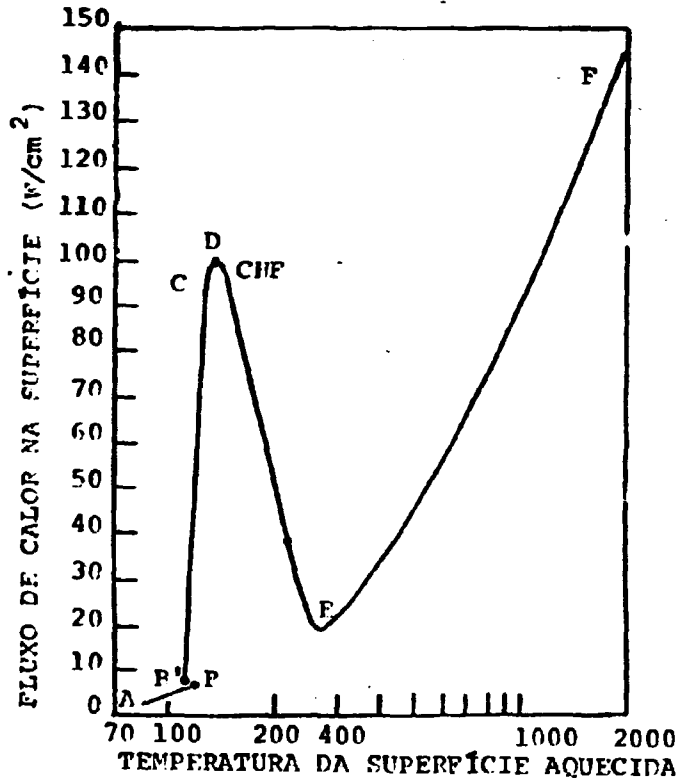


Figura 1.6 - Curva de ebulição (figura tirada da referência 5).

líticos; unidimensionais ou bidimensionais; divididos em duas regiões de transferência de calor, três regiões, ou ainda, em várias regiões. A cada tipo de modelagem feita, acham-se diversos perfis do coeficiente de transferência de calor e diferentes temperaturas de remolhamento, como mostram as tabelas I.1 e I.2. Já, também, várias revisões sobre o assunto (9,21,37,4). A mais recente realizada por Carbajo e Siegel⁽⁴⁾, faz uma comparação entre diversos modelos analíticos e numéricos encontrados na literatura: para os modelos de duas regiões com condições adiabáticas, à frente da região de resfriamento, três modelos estão em excelente concordância, e soluções apuradas para toda a faixa de condições iniciais: Yu - Farmer - Conev, Dua - Tien e, Tien - Yao. A equação de Dua e Tien é muito simples para uso e é recomendada. O modelo de Yamanouchi também o é, além de muito conservativo sob todas as condições. Este último é somente bem apurado para pequenos valores do número de Péclet. O modelo de três regiões, com condições adiabáticas a frente da região de resfriamento, não é aplicável para remolhamento de barras de combustível. Os modelos de duas regiões com refrigeração precursora têm somente uma faixa limitada de aplicação e devem ser usados com cautela. Para "top flooding" ou "top spray" de LWRs modelos de duas regiões, sem refrigeração precursora são adequados. Para "bottom flooding" a refrigeração precursora ou modelos de muitas regiões devem ser considerados. Métodos numéricos são recomendados nesse caso. Negligenciando refrigeração precursora estar-se-ia produzindo menores valores do número de Peclet, e consequentemente, valores conservativos da velocidade de remolhamento. Isto pode ser corrigido parcialmente pelo uso de um alto número de Péclet (um coeficiente de transferência de calor não realista), ou uma menor temperatura adimensional (uma temperatura de remolhamento alta e irreal).

Em suma, a maior parte dos modelos dependem de uma boa estimativa do coeficiente de transferência de calor (ou o número de Péclet), e da temperatura de remolhamento, como se pode notar nessa revisão abrangente do remolhamento.


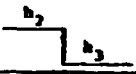
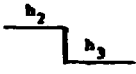

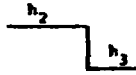


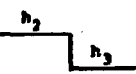

Referência	Dados experimentais correlacionados	Coefficiente de transferência de calor ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)	Temperatura de resfriamento ($^\circ C$)	Perfil do coeficiente de transferência de calor e condições
Duffey e Porthouse	Yoshioka e Nasevaga Yamanouchi Duffey e Porthouse Andrioni Martini e Presoli Thompson Campanile e Passi	$h_2 = 10^4 - 2 \times 10^6$ $h_3 = 0$	190 - 250	
Conry	Bennett et al.	$h_2 = 0,94 - 1,2 \times 10^6$ $h_3 = 0$	$T_{sat} + 60$	A faixa de pressão é de 6,9 a 69 bar. 
Blair	Thompson	$h_2 = 1,7 \times 10^4$ $h_3 = 0$	260	A geometria é cilíndrica. 
Teh	Nenhum dado experimental correlacionado			A geometria é cilíndrica. 
Yoshioka e Nasevaga	Yoshioka e Nasevaga	$h_2 = \text{função da temperatura da parede e da velocidade da frente de resfriamento}$		
Liccardo e Tether		$h_{max} = 2 - 4 \times 10^5$		
Thompson	Bennett et al.	$h_2 = Ra_{sat}^3$	$T_{sat} + 100$	Solução numérica 
Tien e Yao	Nenhum dado experimental correlacionado.			Uso da técnica Wiener-Hopf 
Dua e Zica	Duffey e Porthouse Yamanouchi	$h_2 = 1,7 \times 10^4$ $q_3 = q_0 / (N \exp(-az))$		Uso da técnica de Wiener-Hopf com refrigeración precursora. 

Tabela I.1 - Modelos unidimensionais do resfriamento (referência 9).

Referência	Dados experimentais correlacionados	Coefficiente de transferência de calor ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)	Temperatura de resfriamento ($^\circ C$)	Perfil do coeficiente de trans. de calor
Yamauchi	Yamauchi	$h_1 = 2 \times 10^5 - 10^6$	150	
Someria e Martinet		$h_1 = 0$		
Sun et al.	Yamauchi	$h_2 = 1,7 \times 10^6$	360	A refrigeração por ebulição é considerada
	Duffey e Porthouse	$h_3 = (h_2 / \text{comp}(-0,832))$		
Sun et al.	Yamauchi Duffey e Porthouse (corrente dávida a baixa vazão)	$h_1 = 570$ $h_2 = 1,7 \times 10^6$ $h_3 = 0$	360	A região de resfriamento fica entre o início de ebulição e a frente de resfriamento
Chen e Chen	Caso et al.	$h_2 = 2,34 \times 10^4$ $h_3 = 170$ $h_4 = 0$	260	O comprimento da região de escoamento disperso de gotas é calculado.
Ichil	Bennett et al.	$h_1 = h_{CHF}$ $h_2 = 0,10^5$ $h_3 = 0$	260 - 320	A região de resfriamento fica entre o ponto de CHF e a frente de resfriamento. A faixa de pressão é de 6,9 a 65 bar.
Thornton	Bennett et al.	$h_2 = R \cdot x_{\text{sat}}^2$ $h_{\text{max}} = 7 \times 10^6$ $h_3 = 0$	$T_{\text{sat}} + 100$	A faixa de pressão é de 6,9 a 65 bar.
Eliass e Vadiragolo	Duffey e Porthouse (corrente dávida a baixa vazão)	$h_1 = 170$ $h_2, h_3, h_4 \dots = \text{opt}$ simulação da curva de ebulição	260	
Andréoni	Andréoni	h_1 , de correlação de Jens - Lottes h_2 , de dados experimentais h_3 , de dados experimentais	$T_{\text{sat}} + 200$	
Tao	nenhum dado experimental correlacionado			A geração de calor interna constante é imposta desenhando um perfil de temperaturas radial parabólico.

1.3 Proposição

Mostra-se nas tabelas I.1 e I.2 a existência de vários modelos teóricos que foram desenvolvidos com diferentes tipos de considerações. Para resolvê-los necessita-se da temperatura de remolhamento e do coeficiente de transferência de calor, que na maior parte dos casos é constante em cada zona considerada. Isso acontece principalmente, nos modelos em que a equação de condução de calor é resolvida analiticamente, onde seria impossível sua resolução, caso se complicasse a função do coeficiente de transferência de calor.

Resolver-se-á a equação de condução de calor numericamente, elaborando-se um modelo de três regiões de transferência de calor, com o número de Biot constante em cada uma delas. Posteriormente, será desenvolvido um modelo mais realista para este coeficiente, utilizando-se a "curva de ebulição".

Propõe-se, então, que com auxílio de um método iterativo, seja construído um programa computacional, que tenha a capacidade de calcular a velocidade de remolhamento, o perfil de temperaturas no encamisamento, e o tamanho da frente de resfriamento.

Este desenvolvimento visa a uma melhor compreensão dos mecanismos de transferência de calor no fenômeno do remolhamento de uma barra de combustível, levando-se em conta a grande importância deste estudo em análise de acidentes de reatores nucleares.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Introdução

Os processos físicos envolvidos no remolhamento de uma barra aquecida são descritos no capítulo anterior. Como já foi visto, a transferência de calor por convecção, irradiação e condução axial de calor da parte seca para a região molhada removem calor suficiente para que a frente de remolhamento avance. Além do cálculo da velocidade de remolhamento, serão calculados perfis de temperatura no encamisamento do combustível e o comprimento da frente de resfriamento, resolvendo-se a equação de condução de calor.

2.2 Equação de Condução de Calor

A equação de condução de calor em duas dimensões, com dependência temporal e geometria cilíndrica fica:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} rK(T) \frac{\partial T(r,z,t)}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial z} K(T) \frac{\partial T}{\partial z}(r,z,t) + q''(r,z,t) = \rho(T) C_p(T) \frac{\partial T}{\partial t}(r,z,t) \quad (2.2.1)$$

onde:

ρ - densidade do revestimento

C_p - calor específico do revestimento

K - condutividade térmica do revestimento

Sabendo-se que as condições de contorno não variam ao longo do tempo, e, que a velocidade de remolhamento varia muito lentamente, considera-se constante esta velocidade^(21, 28, 34, 35). Partindo desta hipótese define-se uma variável y , tal que $y=z-vt$, onde v é a velocidade de remolhamento. Supõe-se com isso, que todos os fenômenos existentes renetem-se ao longo do tempo, ou se

ja, é como bater uma foto do trecho em estudo e que esta locomove-se a uma velocidade constante. Portanto, reduz-se o número de variáveis independentes de três (r, z e t) para duas (r e y), e as derivadas tornar-se:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} (r, z, t) = \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} (r, y) \quad (2.2.2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} (r, z, t) = \frac{-v \partial T}{\partial y} (r, y) \quad (2.2.3)$$

e a equação de condução fica:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial T}{\partial r} (r, y) + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} (r, y) + \frac{q''}{K} (r, y) + \frac{C_p v}{K} \frac{\partial T}{\partial y} (r, y) = 0 \quad (2.2.4)$$

2.3 Hipóteses e Contornos

Tem-se as seguintes hipóteses:

- i - A geometria é cilíndrica, já que o presente estudo é aplicado numa barra de combustível de um reator.
- ii - As propriedades do material de encamisamento, como densidade, calor específico e condutividade térmica são consideradas constantes.
- iii - O escoamento é vertical, do tipo inundação (bottom flooding) como mostrado na figura 1.5.
- iv - O fluxo de calor na interface do combustível com o revestimento é negligenciável (19,26). Como o remolhamento é um processo relativamente rápido e a resistência térmica da folga é bastante alta, o fluxo de calor na interface do revestimento com o combustível, que é muito menor que o fluxo de calor na interface do revestimento com o refrigerante, pode ser desprezado.

v - O coeficiente de transferência de calor e o refrigerante serão abordados nos itens posteriores.

vi - A geração de calor residual no encamisamento é desprezível.

Com estas hipóteses a equação de condução de calor fica:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial r}{\partial r} \frac{\partial T}{\partial r}(r, y) + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}(r, y) + \nu \frac{C_p}{\gamma} \frac{\partial T}{\partial y}(r, y) = 0 \quad (2.3.1)$$

A equação 2.3.1 é do tipo elíptica, e serão necessários quatro condições de contorno, mais duas, devido a mais duas incógnitas: o comprimento e a velocidade da frente de remolhamento (ver figura 2.1). Apresentam-se essas condições a seguir:

i - A temperatura da linha inferior (T_{w1}) do trecho em consideração será igual a temperatura de entrada do refrigerante (T_1) mais dois graus:

$$T_{w1} = T(r, y=0) = T_1 + 2 \quad (9C) \quad (2.3.2)$$

ii - A temperatura na linha superior será igual à temperatura inicial em que se encontra o encamisamento.

$$T(r, y=L_t) = T_{w2} \quad (9C) \quad (2.3.3)$$

iii - Com a hipótese de não haver fluxo na interface combustível - encamisamento, tem-se:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=r_i} = 0 \quad (2.3.4)$$

iv - A partir do coeficiente de transferência de calor (h) e a temperatura do refrigerante (T_r), o fluxo de calor na superfície externa do encamisamento será:

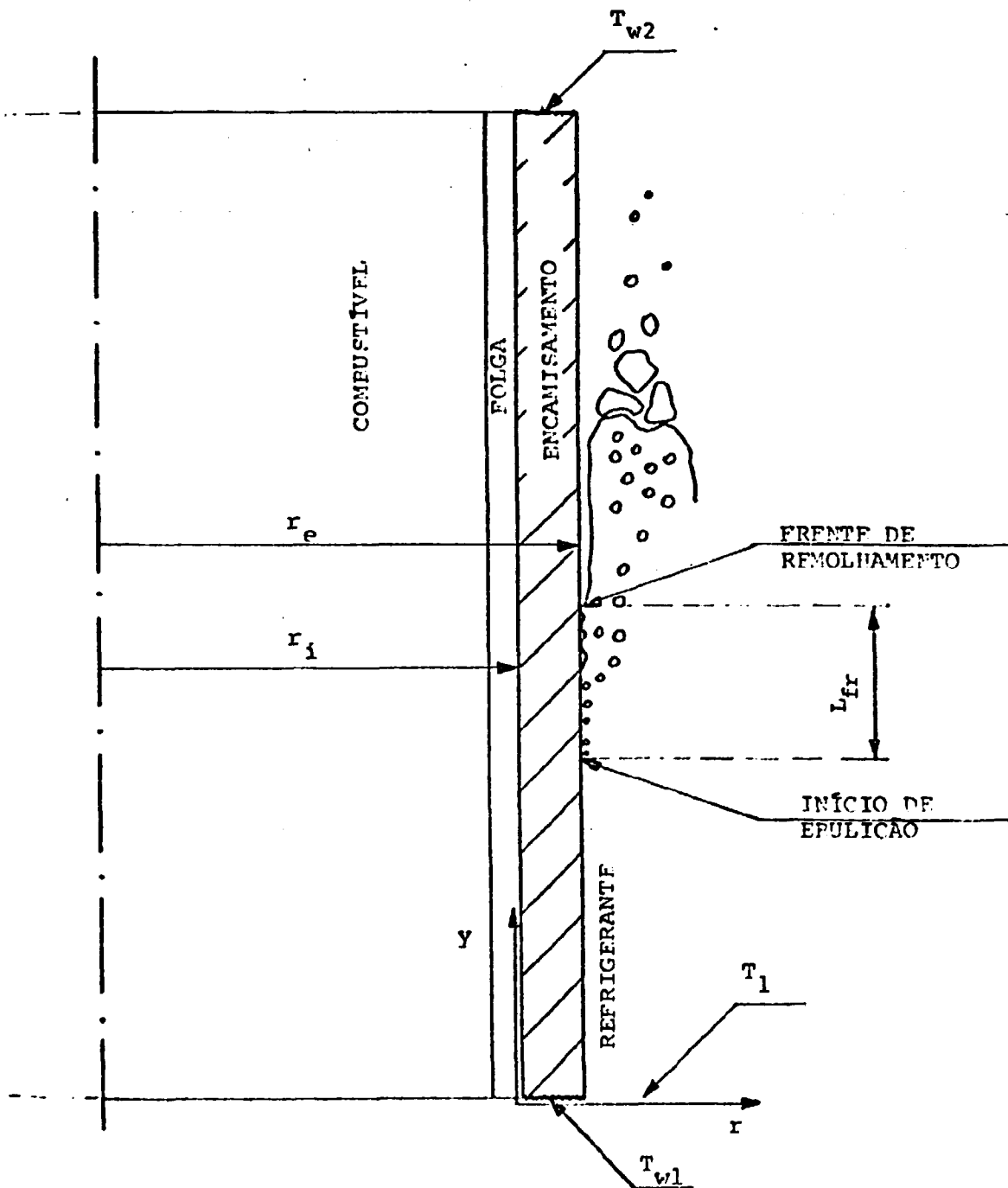


Figura 2.1 - Meio-corte da barra de combustível sendo remolhada pelo refrigerante.

$$k \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=r_e} = h(T(r_e, y) - T_r) \quad (2.3.5)$$

v - A temperatura de remolhamento (T_{fr}) é dada pela correlação de Henry, como será mostrado num item posterior.

vi - A temperatura de ebulição incipiente (T_{ien}) limitará o comprimento da frente de resfriamento e é dada como sendo um pouco acima da saturação (T_{sat})⁽³²⁾ :

$$T_{ien} = T_{sat} + 1 \quad (^\circ C) \quad (2.3.6)$$

2.4 Modelos do Coeficiente de Transferência de Calor

Os trabalhos sobre remolhamento, como mostrado no capítulo I, usam perfis do coeficiente de transferência de calor muito simplificados. Neste trabalho procura-se um melhor desenvolvimento nesse aspecto. Foram elaborados dois modelos distintos: um modelo de três zonas de transferência de calor e um modelo recomendado por Kirchner e Griffith⁽¹⁶⁾.

2.4.1 Modelo de Três Zonas

Neste modelo divide-se a região estudada em três zonas de transferência de calor, isto é, uma região de líquido saturado com alto coeficiente de transferência de calor denominada frente de resfriamento, uma região a jusante da frente de remolhamento com pobre transferência de calor, e, uma a montante, considerada uma região sub-resfriada. O coeficiente é suposto constante em cada uma das três zonas. Essas regiões mostradas na figura 2.2 são descritas a seguir:

i - Região da frente de remolhamento - caracterizada pelo processo de transferência de calor por ebulição nucleada e de transição. Seus limites inferior e superior são os pontos da superfície do revestimento que estão respectivamente à temperatura de início de ebulição nucleada (T_{ien}), e à temperatura de remolhamento (T_{fr}). O comprimento dessa região (L_{fr}) constitui-se, juntamente com a velocidade de remolhamento, numa incógnita do problema. A temperatura do refrigerante é considerada como sendo cons

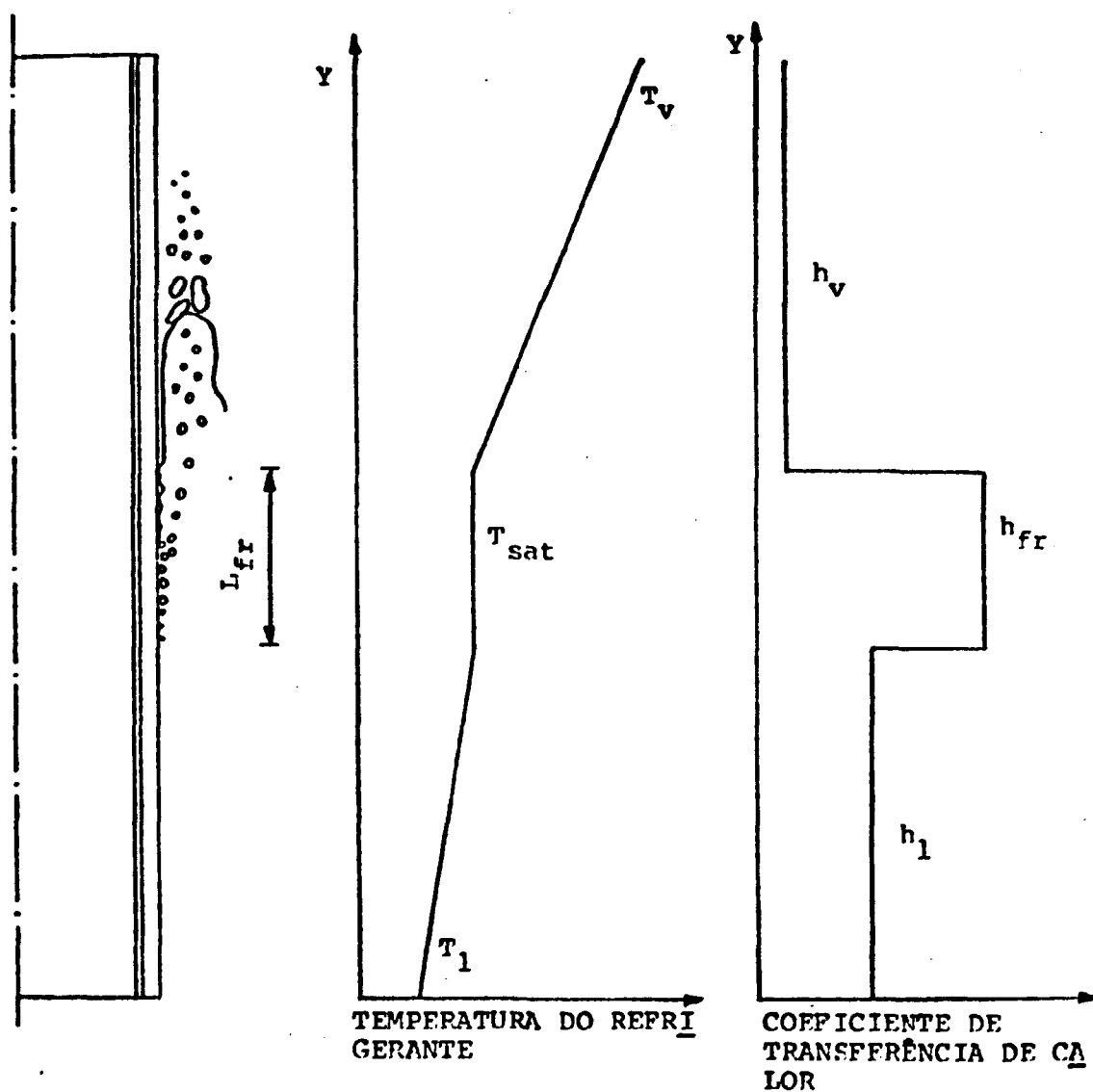


Figura 2.2 - Perfis da temperatura do refrigerante e do coeficiente de transferência de calor em função da cota, para o "modelo de três zonas".

tante e igual a sua temperatura de saturação (T_{sat}). Para o cálculo do coeficiente de transferência de calor (h_{fr}) usa-se uma correlação dada por Duffey e Porthouse⁽⁷⁾, altamente dependente da vazão, na forma:

$$h_{fr} = C \left(\frac{Q}{D_b} \right)^n \quad (2.4.1)$$

onde:

C	- constante de proporcionalidade ($m^2/s^2 \text{ } ^\circ C$)	} Ajuste 1 = 5,15 10^4
Q	- constante de entrada (Kg/s)	
D_b	- diâmetro da barra (m)	
n	- expoente de valor próximo a 1	} Ajuste 2 = 4,8 10^5

ii - Região sub-resfriada - caracterizada pelo processo de transferência de calor por convecção para o líquido. A temperatura do refrigerante é uma função linear que vai da temperatura de entrada do refrigerante (T_1) à temperatura de saturação (T_{sat}). Foi adotado um coeficiente de transferência de calor nessa região igual a metade daquele usado para a frente de remolhamento.

$$h_l = h_{fr}/2 \quad (2.4.2)$$

iii - Região de pobre transferência de calor - caracterizada pelos regimes de escoamento anular invertido (inverted annular film boiling) e escoamento disperso de gotículas (dispersed flow). A temperatura do refrigerante é uma função linear que vai da temperatura de saturação (T_{sat}) à temperatura do vapor (T_v). Foi proposto que o coeficiente de transferência de calor nessa região seja da ordem de mil vezes menor que o da frente de remolhamento.

$$h_v = h_{fr}/1000 \quad (2.4.3)$$

$$T_v = (T_{sat} + T_{w2})/2 \quad (2.4.4)$$

2.3.2 Modelo Recomendado por Kirchner e Griffith

A variação do fluxo de calor ao longo da frente

de resfriamento, calculado por simples métodos aproximados, indicam que a relação entre a temperatura da parede e o fluxo de calor assemelha-se às características da clássica ebulição em piscina (pool boiling) (1,8). Isso não é estranho, já que encontram-se regimes de transferência de calor similares em ambos.

A descontinuidade da distribuição do h , que é necessária para criar um brusco gradiente no perfil de temperatura axial na superfície do revestimento, é fornecida pela rápida variação do h no regime de ebulição de transição (transition boiling).

Uma tentativa foi feita para descrever a variação do h na frente de resfriamento usando as correlações convencionais de ebulição em piscina (pool boiling) e escoamento em ebulição forçada (flow boiling). Para tanto adota-se o procedimento recomendado por Kirchner e Griffith (16).

Supondo remolhamento do tipo inundação (bottom flooding) a altas vazões tem-se a configuração da figura 2.1. As formulações dos regimes de transferência de calor são feitas a seguir:

i - convecção para o líquido - a descrição desse regime é bem documentada e, depende do número de Reynolds local. Para $Re < 2000$, Collier (5) recomenda:

$$h_{cl} = 0,17 \frac{K_f}{D_h} Re_f^{0,33} Pr_{rf}^{0,43} \left(\frac{Pr_{rf}}{Pr_w} \right)^{0,25} \left(\frac{\rho_h^3 \rho_f^2 \sigma \beta \Delta T}{\mu_f^2} \right)^{0,1} \quad (2.4.5)$$

onde : $\Delta T = T_w - T_r$

- para escoamento turbulento, $Re > 2000$, a correlação de Dittus - Poelter é aplicável:

$$h_{cl} = 0,023 \frac{K_f}{D_h} Re_f^{0,8} Pr_f^{0,4} \quad (2.4.6)$$

ii - ebulição nucleada - a correlação de Chen é adotada para análise deste regime baseado na sugestão de Collier (5), permite uma transição consistente da convecção forçada para ebulição sub-resfriada, e para um desenvolvimento completo de ebulição

ção nucleada:

$$q'' = h_{en}^i (T_w - T_{sat}) + h_{cl}^i (T_w - T_r) \quad (2.4.7)$$

considerando: $T_r = T_{sat}$

$$h_{en} = h_{en}^i + h_{cl}^i \quad (2.4.8)$$

O componente de transferência de calor para a fase \underline{u} é avaliado da equação 2.4.6, modificado por um fator F , para considerar escoamento bifásico⁽⁵⁾:

$$h_{cl}^i = 0,023 \frac{K_f}{D_h} Re_f^{0,8} Pr_f^{0,4} F \quad (2.4.9)$$

onde é feito o seguinte ajuste para F :

$$F = \begin{cases} 1,0 & \text{se } \frac{1}{x_{tt}} < 0,1 \\ 2,35 (x_{tt}^{-1} + 0,213)^{0,736} & \text{se } \frac{1}{x_{tt}} > 0,1 \end{cases}$$

e

$$x_{tt}^{-1} = \left(\frac{x}{1-x}\right)^{0,9} \left(\frac{\rho_f}{\rho_g}\right)^{0,5} \left(\frac{\mu_g}{\mu_f}\right)^{0,1}$$

O componente de ebulição nucleada é baseado no fenômeno de "pool boiling", o qual tem sido modificado para considerar o efeito da vazão na taxa do crescimento de bolhas, através do fator de supressão de ebulição nucleada, S ⁽⁵⁾:

$$h_{en}^i = 0,00122 \left(\frac{K_f^{0,79} C_{pf}^{0,45} \rho_f^{0,49}}{\sigma^{0,5} \mu_f^{0,29} Hfg^{0,24} \rho_g^{0,24}} \right) (\Delta T)^{0,24} (\Delta P)^{0,75} S \quad (2.4.10)$$

onde: $\Delta T = T_w - T_r$ e $\Delta P = P_w - P_{sat}$

e é feito o seguinte ajuste para S :

$$s = \begin{cases} 1 + 0,12 (\text{Re}_{tp}^*)^{1,14} & \text{se } \text{Re}_{tp}^* < 32,5 \\ 1 + 0,42 (\text{Re}_{tp}^*)^{0,78} & \text{se } 32,5 < \text{Re}_{tp}^* < 70 \\ 0,1 & \text{se } \text{Re}_{tp}^* > 70 \end{cases}^{-1}$$

e

$$\text{Re}_{tr}^* = \frac{G(1-x) D_e}{\mu f} P^{1,25} 10^{-4}$$

iii - Fluxo crítico de calor - a correlação de Zuber^(16,30), que assume um regime de "pool boiling", é usada:

$$\sigma_{fcc}^* = 0,15 \rho_g Hfg \left(\frac{\sigma(\rho_f - \rho_g)}{\rho_g^2} \right)^{1/4} \quad (2.4.11)$$

para se obter uma expressão para a temperatura de fluxo crítico, usa-se a correlação de Thom⁽¹⁶⁾:

$$c_w^{*0,5} = \frac{(T_w - T_{sat})}{0,0227} e^{P/8,7} 10^6 \quad (2.4.12)$$

e substituindo a equação 2.4.10 na equação 2.4.12 tem-se:

$$T_{fcc} = T_{sat} + (7,10 \cdot 10^{-5} (e^{-P/4,35} 10^6)^{1/2}) \rho_g Hfg \left(\frac{\sigma(\rho_f - \rho_g)}{\rho_g^2} \right)^{1/4} \quad (2.4.13)$$

iv - Ebulição de transição e a temperatura mínima para filme de ebulição (minimum film boiling temperature) - para se obter um coeficiente de transferência de calor neste regime, uma interpolação log-log da curva de ebulição entre o fluxo de calor e a temperatura mínima para filme de ebulição é elaborada. Penry⁽¹⁵⁾ propôs um modelo para a mínima temperatura onde ocorra um filme de ebulição (figura 2.3). Esta correlação é uma extensão da fórmula de Perenson, somando os efeitos do encamisamento aos do refrigerante. Para um dado material de encamisamento e um di

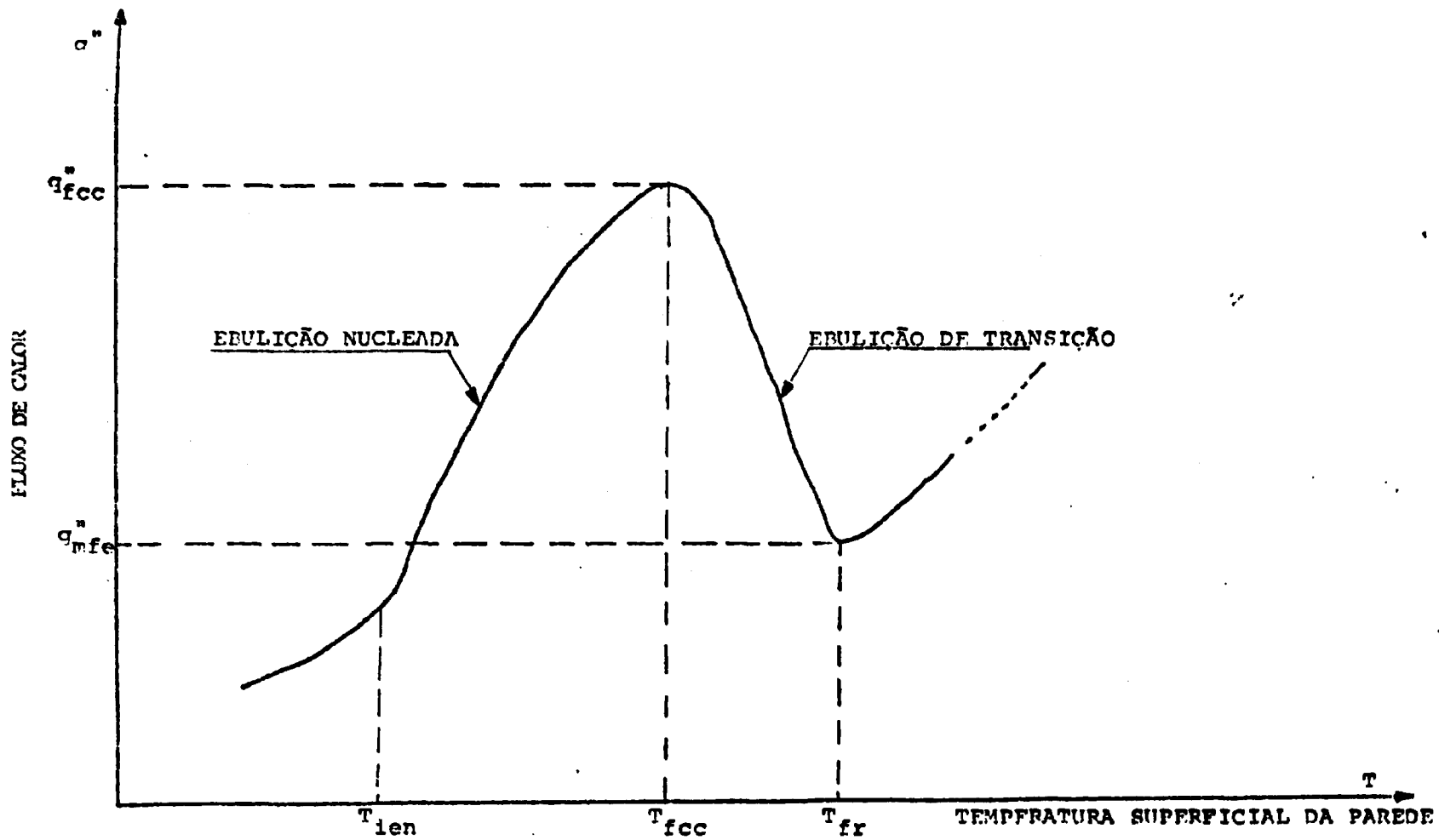


Figura 2.3 - Curva de ebulição

do refrigerante esta temperatura varia apenas com a pressão do sistema. Pode-se citar vários trabalhos no sentido de calcular esta temperatura e, nota-se que esta pode sofrer variação sensível com outros parâmetros, como por exemplo: a vazão. A temperatura mínima para filme de ebulição corresponde a temperatura de recolhamento:

$$T_{fr} = T_{mfe} = T_{mfeR} + 0,42 (T_{mfeB} - T_f) \left(\frac{Kf_{pf} C_{nf}}{K_w \rho_f \mu_w C_{pw}} \right)^{1/2} \left(\frac{Hf_q}{C_{pw} T_{mfeP}} \right)^{0,6} \quad (2.4.14)$$

e

$$T_{mfeP} = T_{sat} + 0,127 \frac{\rho_g Hf_q (g)}{K_g} \left(\frac{\rho_f - \rho_g}{\rho_f + \rho_g} \right)^{2/3} \times \left(\frac{\sigma}{g(\rho_f - \rho_g)} \right)^{1/2} \left(\frac{\mu_g}{(\rho_f - \rho_g) g} \right)^{1/3} \quad (2.4.15)$$

onde

T_{mfe} = temperatura mínima para filme de ebulição

T_{mfeP} = temperatura pela fórmula de Perenson

O coeficiente de transferência de calor será dado por:

$$h_{et} = q_{et}'' / \Delta T = q_{fcc}'' / \Delta T \left(\frac{T_w}{T_{fcc}} \right)^{XPNT} \quad (2.4.16)$$

onde

$$XPNT = \frac{\ln q_{fcc}'' - \ln q_{mfe}''}{\ln T_{fcc} - \ln T_{mfe}} \quad (2.4.17)$$

e

$$q_{mfe}'' = q_{fcc}'' \left(\frac{T_{fcc} - T_{sat}}{T_{mfe} - T_{sat}} \right)^n \quad (2.4.18)$$

onde

$$n = 1 \quad (\text{por Berenson }^{(11)})$$

v - ebulição por filme de vapor - para uma configuração onde exista um escoamento anular invertido (inverted annular film boiling) são considerados dois efeitos: convecção e radiação para as gotículas. A equação modificada de Bromley⁽¹⁶⁾ para um comprimento de onda característico é usada:

$$h_{eai} = 0,62 \frac{(\sigma \rho g (\rho_f - \rho_g) H^* f \alpha k g^3)^{1/4}}{\mu g \Delta T \lambda} \quad (2.4.19)$$

onde:

$$\lambda = \pi D_b$$

e

$$H_{fg}^* = H_{fg} \frac{1 + 0,5 C_p \sigma \Delta T}{H_{fg}}$$

O coeficiente devido a radiação é dado:

$$h_{rad} = \frac{\sigma_h}{\frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{\alpha_0} - 1} (T_w^4 - T_{sat}^4) / \Delta T$$

e o coeficiente de transferência de calor total para filme de ebulição é a soma dos dois: $h_{fe} = h_{rad} + h_{eai}$.

2.5 Seleção dos Regimes de Transferência de Calor

A escolha destes regimes é baseada no artigo de Kirchner e Griffith⁽¹⁶⁾. A lógica usada para selecionar o coeficiente de transferência de calor apropriada é feita através de três critérios: o nível de líquido contínuo, o critério de

"carrying over", e a temperatura da superfície local. No artigo referido foram obtidos diferentes configurações, das quais foi escolhida apenas a de maior interesse (ver figura 2.4) mostrada na tabela abaixo:

para $T_w > T_{mfe}$ - ebulição em filme de vapor

para $T_{fcc} < T_w < T_{mfe}$ - ebulição de transição

para $T_{ien} < T_w < T_{fcc}$ - ebulição nucleada

para $T_w < T_{ien}$ - convecção para o líquido.

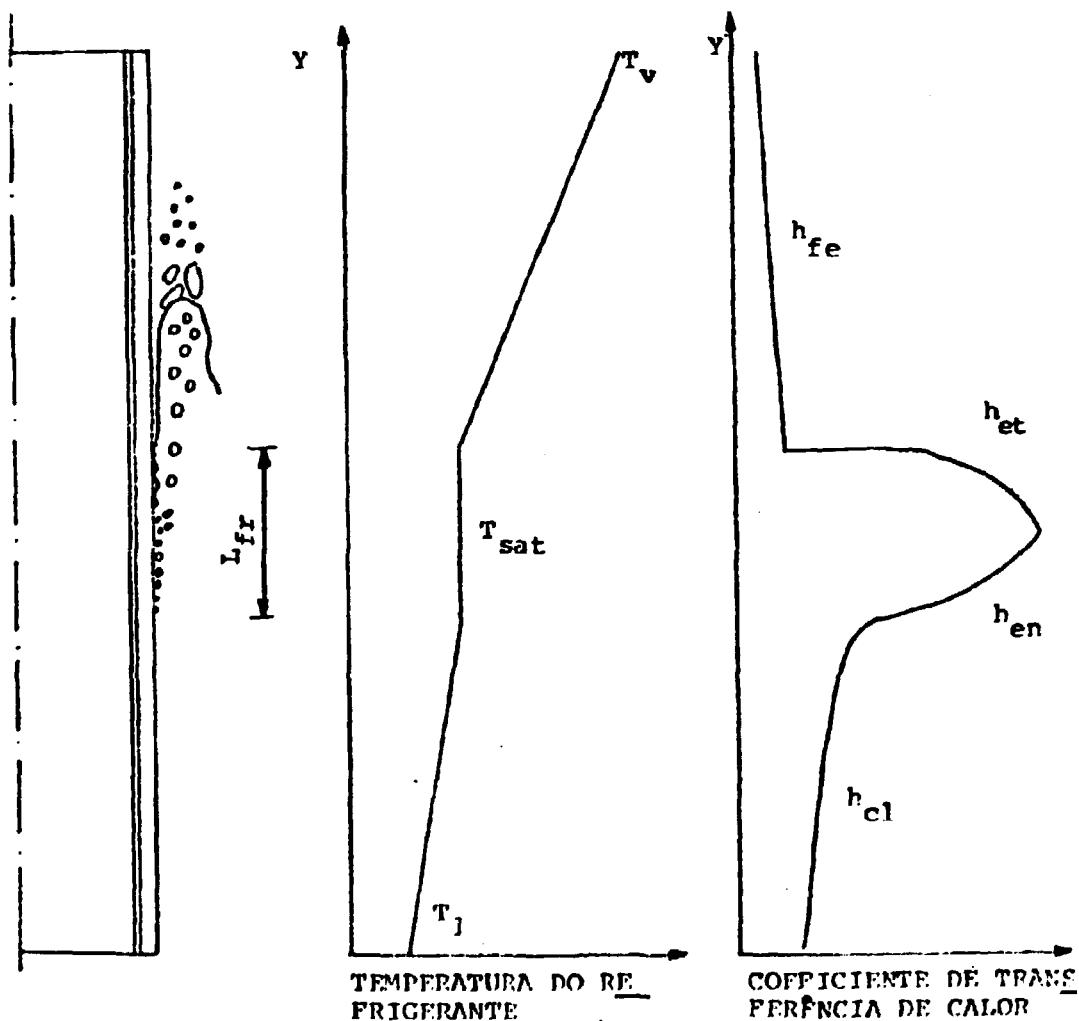


Figura 2.4 - Perfis da temperatura do refrigerante e do coeficiente de transferência de calor em função da cota, para o modelo recomendado por Kirchner e Griffith.

CAPÍTULO III

3. MÉTODOS DE SOLUÇÃO

3.1 Aproximação Por Diferenças Finitas

A equação de condução de calor, que foi deduzida e apresentada no capítulo II, é a seguinte:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\rho C_p v}{K} \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad (3.1.1)$$

Optou-se para se resolver essa equação numericamente pela aproximação em diferenças finitas. Usando este método pode-se variar as condições de contorno ponto a ponto. Isto é importante para este trabalho, pois o perfil do coeficiente de transferência de calor é diferente para cada regime de escoamento e a cada ponto (ver figura 2.4) ao longo do refrigerante.

A figura 3.1 mostra como está dividida a malha de pontos para o estudo da distribuição de temperaturas. O índice "j" corresponde à variável independente "y" e o índice "i" à variável independente "r". Tem-se "n" pontos axiais e "m" radiais num total de "M" pontos, onde $M = m.n$.

As hipóteses e condições de contorno do problema foram estabelecidas no capítulo II. O resumo dessas condições é descrito abaixo:

$$\bullet \quad T(r, y=0) = T_{w1} \quad \text{ou} \quad T_{i,0} = T_{w1} \quad (3.1.2)$$

$$\bullet \quad T(r, y=L_T) = T_{w2} \quad \text{ou} \quad T_{i,n+1} = T_{w2} \quad (3.1.3)$$

$$\bullet \quad \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=r_i} = 0 \quad \text{ou} \quad \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{1,j} = 0 \quad (3.1.4)$$

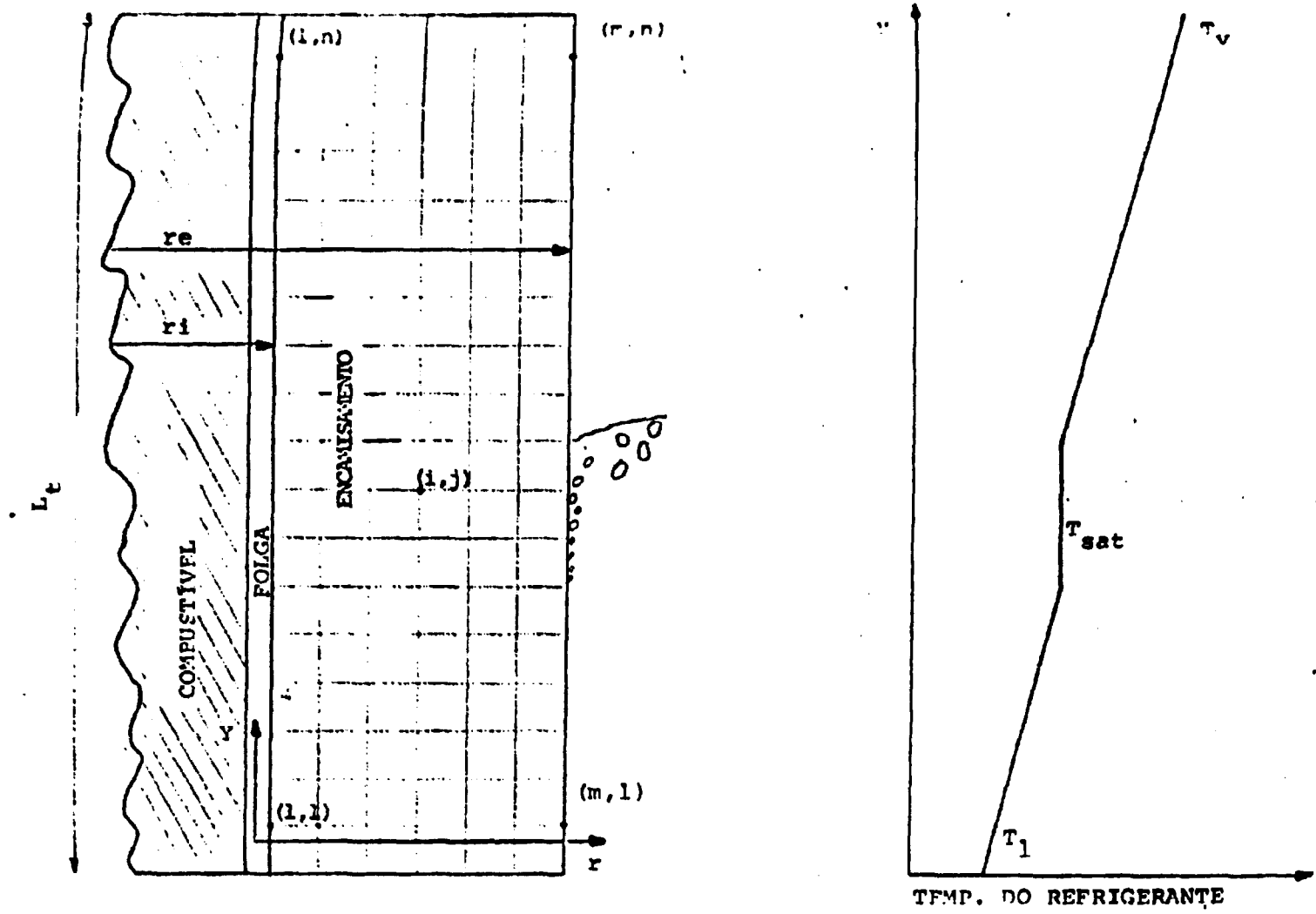


Figura 3.1 - Nodalização do encamisamento

$$* \quad -k \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=r_e} = h(T - T_r(j)) \quad \text{ou} \quad -k \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{m,j} = h(j) (T_{m,j} - T_r(j))$$

(3.1.5)

Obtêm-se a seguir a aproximação da equação de condução de calor 3.1.1 por diferenças finitas.

Pelo uso da técnica de diferença central, o termo :

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right), \text{ pode ser aproximado num ponto genérico } (i,j) \text{ por (17) :}$$

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) \Big|_{i,j} \approx \frac{1}{r_{i+1/2} - r_{i-1/2}} \left(\left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) \Big|_{i+1/2,j} - \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) \Big|_{i-1/2,j} \right)$$

$$+ o(\Delta r^2)$$

(3.1.6)

desprezando-se o erro de truncamento da ordem de Δr^2 ; reagrupando; considerando intervalos iguais e constantes de Δr ; e dividindo-se a expressão por r_i , obtêm-se:

$$\begin{aligned} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) \Big|_{i,j} &= \left(1 + \frac{r_{i-1}}{r_i} \right) \frac{1}{2 \Delta r^2} T_{i-1,j} - \\ &- \left(\left(1 + \frac{r_{i-1}}{r_i} \right) \frac{1}{2 \Delta r^2} + \left(1 + \frac{r_{i+1}}{r_i} \right) \frac{1}{2 \Delta r^2} \right) T_{i,j} + \\ &+ \left(1 + \frac{r_{i+1}}{r_i} \right) \frac{1}{2 \Delta r^2} T_{i+1,j} \end{aligned} \quad (3.1.7)$$

A equação 3.1.7 é a aproximação em diferenças finitas do termo de difusão radial da equação 3.1.1, para todos os nós genéricos e interiores (i,j) .

Supondo intervalos axiais constantes e iguais a Δy , o

na aproximação por diferença central para o termo de difusão radial da equação 3.1.1, tem-se:

$$\frac{\partial T}{\partial r^2} \Big|_{i,j} = \frac{T_{i,j+1} - 2T_{i,j} + T_{i,j-1}}{\Delta y^2} + \sigma (\Delta y^2) \quad (3.1.8)$$

,por fim, o termo de acúmulo de energia,

$$\frac{C_p v}{K} \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{i,j} = \frac{\rho C_p v}{K} \frac{(T_{i,j+1} - T_{i,j-1})}{2 \Delta y} + \sigma (\Delta y^2) \quad (3.1.9)$$

Agrupando-se as equações 3.1.7, 3.1.8 e 3.1.9, e desrezando-se o erro de truncamento da ordem de Δy^2 e Δr^2 , obtém-se seguinte aproximação para a equação 3.1.1:

$$\begin{aligned} & i-1,j \frac{(1 + \frac{r_{i-1}}{r_i})}{2 \Delta r^2} + T_{i+1,j} \frac{(1 + \frac{r_{i+1}}{r_i})}{2 \Delta r^2} + \\ & T_{i,j} \left(- \frac{(1 + \frac{r_{i-1}}{r_i}) + (1 + \frac{r_{i+1}}{r_i})}{2 \Delta r^2} - \frac{2}{\Delta y^2} \right) + \\ & T_{i,j-1} \left(\frac{1}{\Delta y^2} - \frac{\rho C_p v}{2 K \Delta y} \right) + T_{i,j+1} \left(\frac{1}{\Delta y^2} + \frac{\rho C_p v}{2 K \Delta y} \right) = 0 \end{aligned} \quad (3.1.10)$$

u

$$\begin{aligned} & i-1,j T_{i-1,j} + h_{i+1,j} T_{i+1,j} + C_{i,j} T_{i,j} + d_{i,j-1} T_{i,j-1} + \\ & e_{i,j+1} T_{i,j+1} = 0 \end{aligned} \quad (3.1.11)$$

onde:

$$a_{i-1,j} = \frac{1 + \frac{r_{i-1}}{r_i}}{2 \Delta r^2}$$

$$b_{i+1,j} = \frac{1 + \frac{r_{i+1}}{r_i}}{2 \Delta r^2}$$

$$c_{i,j} = \frac{-\left(1 + \frac{r_{i-1}}{r_i}\right) - \left(1 + \frac{r_{i+1}}{r_i}\right)}{2 \Delta r^2} - \frac{2}{\Delta y^2}$$

$$d_{i,j-1} = \frac{1}{\Delta y^2} - \frac{\rho C_p v}{2 K \Delta y}$$

$$e_{i,j+1} = \frac{1}{\Delta y^2} + \frac{\rho C_p v}{2 K \Delta y}$$

A equação 3.1.10 é apropriada para todos os pontos interiores na malha mostrada na figura 3.1.

Considera-se a seguir as aproximações para os pontos dos contornos:

- pontos da superfície interna do encamisamento (1,j):

$$\text{da condição de contorno 3.1.4} \quad \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{1,j} = 0$$

aproximando por diferença central

$$\frac{T_{i+1,j} - T_{i-1,j}}{2\Delta r} = 0$$

e portanto: $T_{2,j} = T_{0,j}$, ou seja, a temperatura num ponto fictício (0,j) é igual ao ponto (2,j), ficando assim a equação 3.1.10 para os pontos (1,j):

$$T_{2,j} \left(\frac{2}{\Delta r^2} \right) + T_{1,j} \left(-\frac{2}{\Delta r^2} - \frac{2}{\Delta y^2} \right) + T_{1,j-1} \left(\frac{1}{\Delta y^2} - \frac{\rho C_p v}{2 K \Delta y} \right) +$$

$$T_{1,j+1} \left(\frac{1}{\Delta y^2} + \frac{\rho C_p v}{2 K \Delta y} \right) = 0 \quad (3.1.12)$$

- pontos do contorno inferior (i,1) :

da condição de contorno 3.1.2 $T_{i,0} = T_{w1}$, e por conseguinte a equação 3.1.11 para os pontos (i,1) torna-se:

$$a_{i-1,1} T_{i-1,1} + b_{i+1,1} T_{i+1,1} + c_{i,1} T_{i,1} +$$

$$d_{i,0} T_{w1} + e_{i,j+1} T_{i,j+1} = 0 \quad (3.1.13)$$

- pontos do contorno superior (i,n):

da condição de contorno 3.1.3 $T_{i,n+1} = T_{w2}$, logo a equação 3.1.11 para os pontos (i,n) torna-se:

$$a_{i-1,n} T_{i-1,n} + b_{i+1,n} T_{i+1,n} + c_{i,n} T_{i,n} + d_{i,n-1} T_{i,n-1} +$$

$$e_{i,n+1} T_{w2} = 0 \quad (3.1.14)$$

- pontos da superfície externa do encamisamento (m,j):

da condição de contorno 3.1.5

$$- K \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{m,j} = h(j) (T_{m,j} - T_r(j)) \quad \text{ou}$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{m,j} = - \frac{h(j)}{K} (T_{m,j} - T_{r,j}) \quad (3.1.15)$$

usando o teorema de Taylor:

$$r \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{m-1/2} = r \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_m - \frac{\Delta r}{2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_m \right) + \sigma (\Delta r^2) \quad (3.1.16)$$

Substituindo 3.1.17 em 3.1.7 em 3.1.18 e reagrupando, tem-se:

$$\begin{aligned} \frac{r_m - r_{m-1}}{2} \left(\frac{T_{m,j} - T_{m-1,j}}{r_m - r_{m-1}} \right) &= - \frac{h(j)}{K} r_m (T_{m,j} - T_r(j)) - \\ - \frac{\Delta r}{2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_m \right) &+ \sigma (\Delta r^2) \end{aligned} \quad (3.1.17)$$

fazendo um novo arranjo; desprezando o (Δr^2) ; dividindo tudo por $r_m \cdot \Delta r$ e, multiplicando por dois:

$$\begin{aligned} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_m \right) &= - 2 \frac{h(j)}{K \Delta r} (T_{m,j} - T_r(j)) + \left(1 - \frac{r_{m-1}}{r_m} \right) \frac{1}{\Delta r^2} \\ (- T_{m,j} + T_{m-1,j}) & \end{aligned} \quad (3.1.20)$$

Sabendo-se que as demais derivadas não se modificam, a equação 3.1.10 torna-se:

$$\begin{aligned} T_{m-1,j} \left(\frac{1 + \frac{r_{m-1}}{r_m}}{\Delta r^2} \right) + T_{m,j} \left(- \frac{1 + \frac{r_{m-1}}{r_m}}{\Delta r^2} - \frac{2 h(j)}{K \Delta r} - \frac{2}{\Delta y^2} \right) + \\ \frac{2 h(j)}{\Delta r K} T_r(j) + T_{m,j+1} \left(\frac{1}{\Delta y^2} - \frac{\rho C_p v}{K 2 \Delta y} \right) + \\ + T_{m,j+1} \left(\frac{1}{\Delta y^2} + \frac{\rho C_p v}{2 K \Delta y} \right) = 0 \end{aligned} \quad (3.1.21)$$

Uma vez definida a equação para todos os pontos, obtém-se um sistema de M equações e M temperaturas incógnitas que numa forma matricial representa-se por:

$$A \cdot \underline{T} = \underline{S}$$

onde :

- A é uma matriz pentadiagonal de ordem $M \times M$ representada esquematicamente abaixo:

$$A = \begin{bmatrix} c & 2b & 0 & 0 & 0 & \dots & e & 0 & 0 & \dots \\ a & c & b & 0 & 0 & \dots & 0 & e & 0 & \dots \\ 0 & a & c & b & 0 & \dots & 0 & 0 & e & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ d & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & d & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & d & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

- T é o vetor das incógnitas de ordem M mostrado abaixo:

$$T = \begin{bmatrix} T_{1,1} \\ T_{1,2} \\ \vdots \\ \vdots \\ T_{1,n} \\ T_{2,1} \\ \vdots \\ \vdots \\ T_{1,j} \\ \vdots \\ \vdots \\ T_{m,n} \end{bmatrix}$$

- S representa o vetor das temperaturas conhecidas e, é também de ordem N como pode-se ver abaixo:

$$S = \begin{bmatrix}
 -d T_{w1} \\
 -d T_{w1} \\
 -d T_{w1} \\
 \vdots \\
 -d T_{w1} - \frac{(2h(j))}{\Delta r K} T_r(j) \\
 0 \\
 0 \\
 \vdots \\
 0 \\
 -\frac{(2h(j))}{\Delta r K} T_r(j) \\
 0 \\
 0 \\
 \vdots \\
 -\frac{(2h(j))}{\Delta r K} T_r(j) \\
 -e T_{w2} \\
 -e T_{w2} \\
 -e T_{w2} \\
 \vdots \\
 -e T_{w2} - \frac{(2h(j))}{\Delta r} T_r(j)
 \end{bmatrix}$$

3.2 Solução do Sistema de Equações

Tem-se no ítem anterior a seguinte equação a ser resolvida $A \underline{T} = \underline{S}$ e, multiplicando-se esta por A^{-1} , obtém-se : $\underline{T} = A^{-1} \underline{S}$. Usam-se as sub-rotinas da Harwell (MA28A e MA28C) para a inversão da matriz A e cálculo do vetor solução T.

A sub-rotina MA28A serve para decompor A em fatores usando uma estratégia de pivotação.

A sub-rotina MA28C utiliza os fatores produzidos pela MA28A para, então, resolver o sistema.

Estas sub-rotinas da Harwell são próprias para matrizes esparsas, ou seja, matrizes com grande número de zeros, o que as torna bem apropriadas ao caso apresentado.

Para se ter uma idéia, depois de fazer uma comparação com o método convencional de Gauss, obteve-se que o método adotado gasta da ordem de 13 vezes menos tempo computacional (CPU) e uma boa economia na memória do computador.

O manual da Harwell encontra-se a disposição no Centro de Processamento de Dados do IPFN.

3.3 Método Iterativo

Como foi comentado no capítulo II, além das quatro condições de contorno normais, existem mais duas: a temperatura na superfície externa do encamisamento, que separa o frente de remolhamento da região seca e, a temperatura na mesma superfície, que separa a frente de remolhamento da região sub-resfriada, denominadas respectivamente: temperatura de remolhamento e temperatura de início de ebulição nucleada. Sendo assim, por um método iterativo, obtém-se a velocidade e o comprimento da frente de remolhamento, para que essas condições sejam satisfeitas. No caso mais simples, com o coeficiente de transferência de calor constante, em cada uma das três zonas consideradas, adotou-se o seguinte procedimento:

1. Estima-se inicialmente o valor da velocidade (pela correla

ção de Duffey e Portnouse⁽⁷⁾) e do comprimento (por Sun et. al⁽²⁴⁾) da frente de remolhamento. Calcula-se, então o perfil de temperaturas.

2. Com o perfil obtido no passo 1 faz-se uma previsão da velocidade e do comprimento, com base no passo 1 e nas temperaturas de contorno. E com estes, acha-se um novo perfil de temperaturas.
3. Interpola-se os valores calculados dos passos 1 e 2, e, novamente, calcula-se as temperaturas no encamisamento. Finalmente, verifica-se se os resultados encontrados estão dentro da precisão desejada, senão, repete-se o mesmo procedimento até o método convergir.

No caso em que se adota um coeficiente de transferência de calor, dado pela curva de ebulição, o método iterativo adotado é praticamente o mesmo acima descrito, e por isso, não há necessidade de comentá-lo.

Para que se pudesse realizar tais operações, foi desenvolvido um programa computacional de nome "REMOLHA" que resolve o presente trabalho. Este programa, juntamente com sua listagem é abordado nos apêndices A, B e C.

3.4 Convergência e Estabilidade

A solução numérica de equações elípticas é, usualmente, acompanhada pela solução de equações simultâneas, com uma variedade de métodos.

Um modo possível de se resolver esse conjunto de equações, é pelo esquema de eliminação de Gauss. Infelizmente, o processo de eliminação para N equações com N incógnitas, requer aproximadamente N^3 operações⁽¹⁴⁾. Além disso, uma certa quantidade de arredondamento a cada operação pode causar uma solução degenerada, para um grande número de equações. Por outro lado, um procedimento de redução direta, exige um número finito de passos para se encontrar a solução.

Uma alternativa aproximada, para a solução de equações elípticas, é um procedimento iterativo. Em geral, métodos iterativos exigem uma infinidade de passos para resolver um pro

blema exatamente. Entretanto, para objetivos práticos, é comu-
mente possível determinar uma iteração, depois de um número fi-
nito de passos, e os resultados diferem pouca coisa da solução
obtida pelo método de eliminação.

O método adotado é uma variação do método de elimina-
ção de Gauss, apropriado a matrizes esparsas, e apresenta um
bom desempenho, como visto na secção 3.2.

Do teorema de Gerschgorin, se a matriz A é tal que⁽¹⁴⁾:

$$a_{ii} > \sum_j a_{i,j} \quad (j \neq i),$$

ou seja, se a diagonal principal for dominante, o método conver-
ge. Agora, esta condição é suficiente para a convergência, porém
não necessária.

Uma sub-rotina do programa "REMOLHA" (ver Apêndices),
denominada "TEST", foi implantada para testar a convergência do
método.

A estabilidade e a convergência são tópicos importan-
tes para o bom desempenho do método numérico. A estabilidade des-
te trabalho foi analisada experimentalmente, e com todos as dis-
cretizações feitas, apenas obtiveram-se resultados não satisfa-
tórios, quando o incremento Δr se aproximava do incremento Δy .
Isto não foi problema, pois o número de nós axiais é necessaria-
mente bem maior que o número de nós radiais, portanto o dimen-
sionamento dos incrementos espaciais foi feito com vista à ou-
tras necessidades deste trabalho (ver secção 4.3).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresenta-se, neste capítulo, testes e discussões dos dois modelos desenvolvidos para o estudo do remolhamento. Verifica-se a influência dos parâmetros de entrada do problema, a comparação dos modelos entre si e com outros trabalhos experimentais e teóricos, de outros pesquisadores encontrados na literatura. Também foram elaborados, testes com o intuito de verificar a precisão, aumentando-se o número de malhas axiais e radiais.

Os modelos apresentados diferem entre si apenas na formulação do coeficiente de transferência de calor, como pode ser visto nos capítulos II e III. Para facilitar o entendimento e identificação dos modelos na apresentação de figuras e discussão dos resultados, chamar-se-ã de modelo A, aquele em que o perfil do coeficiente de transferência de calor é constante em cada uma das três regiões consideradas e, de modelo B, aquele em que o perfil é modelado pela curva de ebulição.

4.1 Caso de Referência

Foi proposto um caso base com o objetivo de servir como referência na variação dos parâmetros de entrada do problema, bem como a comparação dos modelos entre si.

Os dados de entrada que definem o caso de referência são:

- temperatura inicial da parede (T_w) : 600°C
- temperatura de saturação do fluido (T_{sat}) : 100°C
- temperatura de entrada do fluido (T_1) : 80°C
- material do encamisamento : aço inox
- velocidade do fluido na entrada : 1,5mm/s

Uma vez definido o caso referência os resultados obtidos e uma comparação entre os dois modelos são discutidos a seguir:

- velocidade de remolhamento: As velocidades calculadas para os modelos A e B são semelhantes e de boa concordância com o ajuste feito por Duffey e Porthouse⁽⁷⁾, e, foi justamente por este motivo, que este problema foi escolhido como referência. Uma vez que as velocidades obtidas pelos modelos são próximas, pôde-se comparar o coeficiente de transferência de calor, o fluxo de calor e o perfil de temperaturas do encamisamento dos dois casos. As velocidades calculadas foram:

$$v = \begin{cases} 1,19\text{mm/s} & \text{(Duffey e Porthouse}^{(7)}) \\ 1,078\text{mm/s} & \text{(modelo A)} \\ 1,039\text{mm/s} & \text{(modelo B)} \end{cases}$$

- comprimento da frente de remolhamento: Esse comprimento, que é limitado pelas temperaturas de Leidenfrost e de início de ebulição nucleada, é pouco maior para o caso A em relação ao B. Um valor médio dado por Sun e al.⁽²⁴⁾ e, os modelos deste trabalho são:

$$L_{fr} = \begin{cases} 5.000\text{mm} & \text{(Sun et al.}^{(24)}) \\ 5.160\text{mm} & \text{(modelo A)} \\ 4.888\text{mm} & \text{(modelo B)} \end{cases}$$

- perfil de temperaturas: Uma comparação entre o perfil de temperaturas da superfície externa dos dois modelos está mostrada na figura 4.1. As curvas são semelhantes, se bem que para o modelo A, o perfil tem uma inclinação pouco mais suave e, isto se deve ao coeficiente de transferência de calor do referido modelo.

- coeficiente de transferência de calor: O modelo B formula melhor o fenômeno através da curva de ebulição, enquanto no modelo A é utilizado um coeficiente apenas equivalente ao real. Não há critérios na literatura, que definam corretamente o coeficiente de transferência de calor para o caso A. Encontram-se vários tipos de coeficientes como já foi visto nas tabelas I.1 e I.2. Thompson^(26,27,28), por exemplo, definiu um coeficiente proporcional à diferença de temperatura da parede e do fluido elevada ao cubo ($h = \alpha (T - T_{sat})^3$). Já, Duffey e Porthouse⁽⁷⁾, sugerem um coeficiente altamente dependente da vazão ($h = C \left(\frac{Q}{\pi D}\right)^n$). Na verdade, é muito difícil estimar-se valores do coeficiente de transferência de calor para o caso A. Usou-se então, um coefi

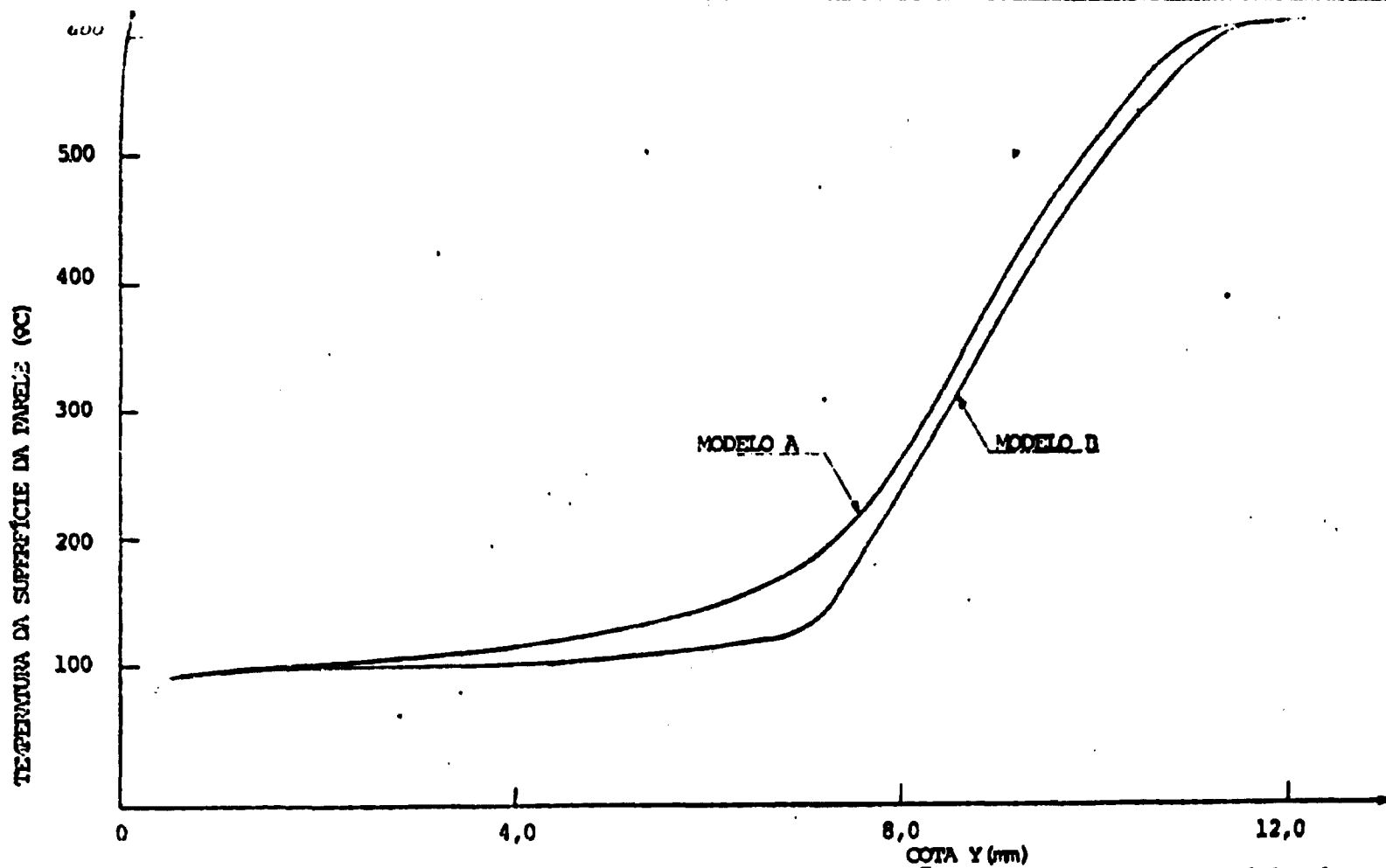


Figura 4.1 - Gráfico da temperatura superficial da parede em função da cota, utilizando os dados do caso de referência.

ciente de fácil computação, que é o modelo de Duffey e Porthouse. Através dos testes e dos gráficos (ver figura 4.2), verifica-se que apesar dos dois casos serem tão diferentes os resultados obtidos foram semelhantes (velocidade, comprimento da frente e perfil de temperaturas).

- fluxo de calor: As curvas obtidas para o fluxo de calor encontram-se na figura 4.3. O modelo B é bastante semelhante à curva de ebulição, exceto após o regime de transição. Na curva de ebulição, o fluxo aumenta após o regime de transição, já que o coeficiente de transferência de calor e a diferença de temperaturas (entre a parede e o fluido) crescem, mas no fenômeno estudado as condições de transferência de calor vão ficando cada vez mais precárias, a jusante da frente de remolhamento e, por isso, o fluxo de calor decresce. No modelo A, o fluxo aumenta até o ponto de remolhamento, quando há uma queda brusca, ou seja, acompanha o perfil do coeficiente de transferência de calor.

4.2 Variação dos Parâmetros de Entrada

Dados experimentais para "top flooding" e "bottom flooding" mostram que há uma dependência complicada da velocidade de da frente de remolhamento no sistema de variáveis incluindo temperatura da parede, vazão, sub-resfriamento do refrigerante, pressão, material, geometria da parede, e as condições da superfície (6,7,10,12,18,36). Os efeitos da pressão estão embutidos na temperatura de saturação. A velocidade de remolhamento pode depender das condições locais e da posição da frente de remolhamento⁽²⁹⁾. Uma falta de dados experimentais sistemáticos de alguns parâmetros básicos, como a temperatura de remolhamento, limita a aplicação dos modelos analíticos. Mesmo, incluindo refrigeração precursora⁽²⁵⁾ na análise, não se remove estas limitações, pois isto soma-se a parâmetros novos que não são diretamente mensuráveis e devem ser extraídos de dados experimentais.

Dados experimentais são freqüentemente usados para obter correlações mais simples para a velocidade de remolhamento. Este procedimento permite a determinação da dependência da pressão, vazão, área de escoamento e sub-resfriamento. Observa-se, entretanto, que as evidências experimentais a respeito destes parâmetros não são totalmente claras, principalmente porque é di-

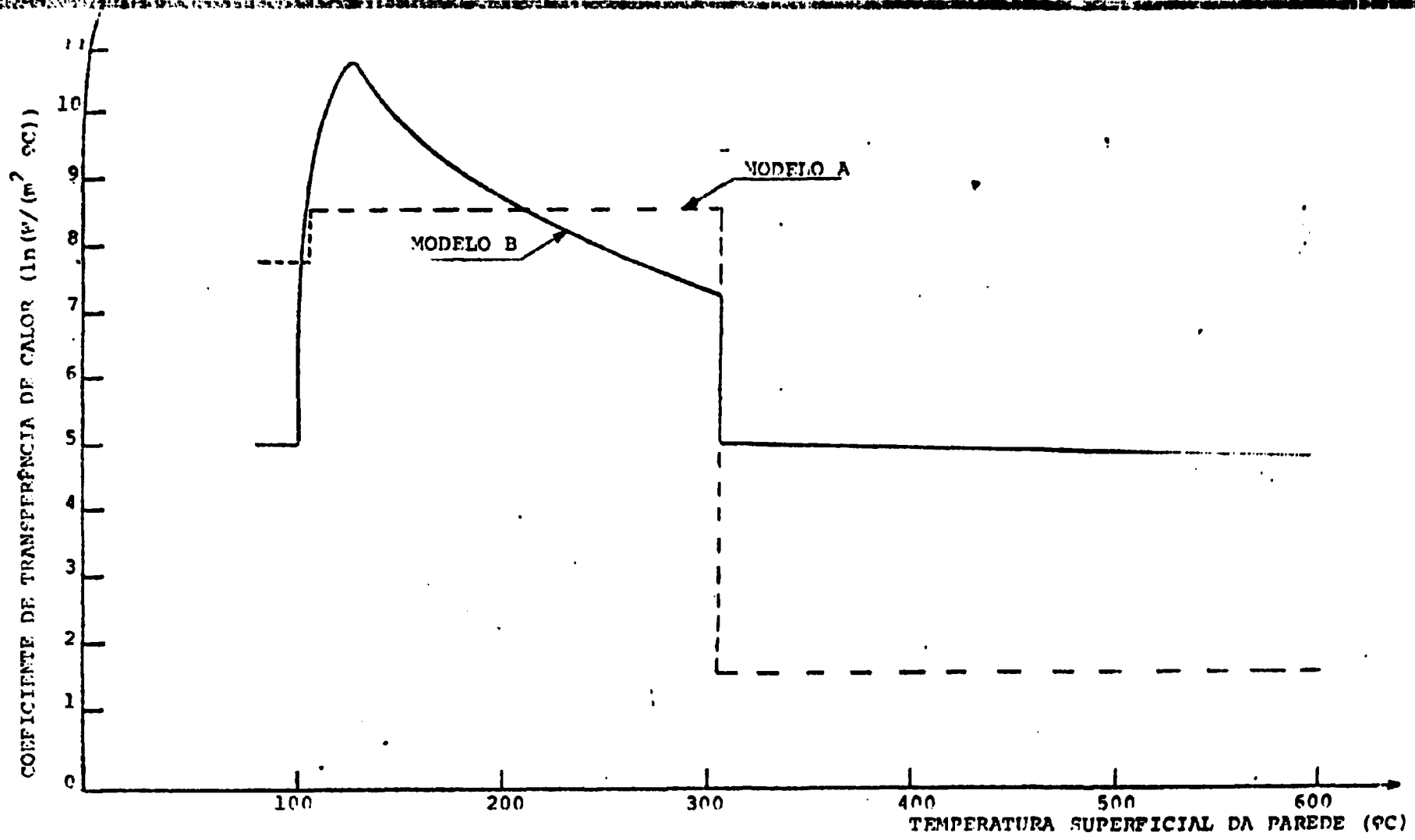


Figura 4.2 - Gráfico do coeficiente de transferência de calor em função da temperatura da parede, utilizando os dados do caso de referência.

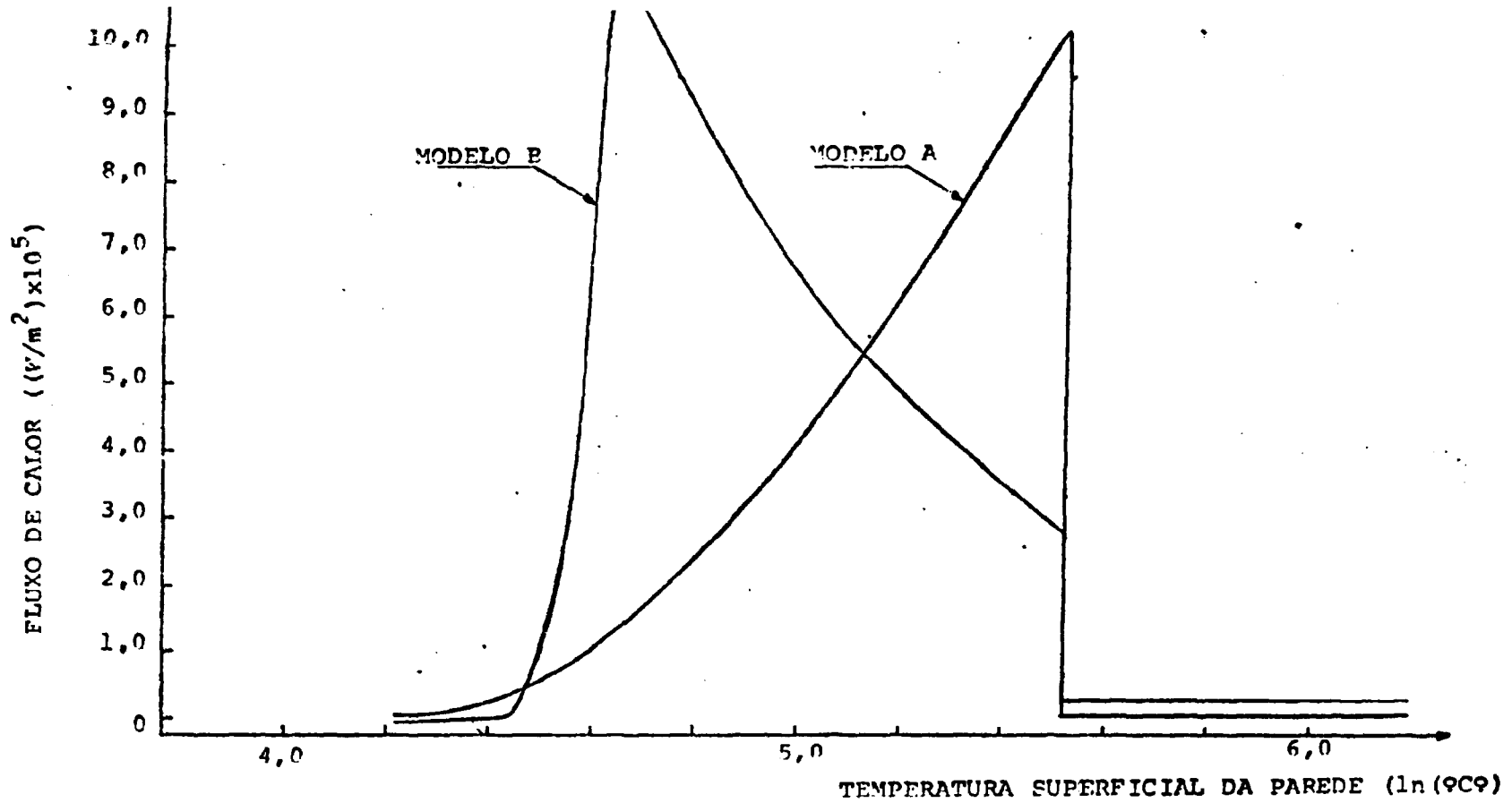


Figura 4.3 - Gráfico do fluxo de calor em função da temperatura superficial da parede, utilizando os dados do caso de referência.

fácil experimentalmente isolar o efeito de cada variável sem afetar a outra.

Apresentam-se a seguir os efeitos causados pela variação de alguns parâmetros de entrada do problema:

- vazão: Foi proposto para o modelo A um coeficiente de transferência de calor fortemente dependente da vazão e, como o modelo deste estudo é bem sensível ao coeficiente de transferência de calor, a velocidade de remolhamento também, fica dependente da vazão. O modelo B é quase independente da vazão, exceto para o regime de ebulição nucleada e escoamento em regime de convecção forçada para o líquido, através do número de Reynolds. Nota-se, pelos testes feitos, que no modelo A o aumento da vazão é proporcional à velocidade de remolhamento, e inversamente proporcional ao tamanho da frente de remolhamento. Para o modelo B, com o aumento da vazão, tanto a velocidade como o tamanho da frente de remolhamento alteram-se levemente da mesma forma que no outro caso. As figuras 4.4 e 4.5 mostram os resultados obtidos pelos dois modelos comparados aos de Duffey e Porthouse.

Resultados experimentais mostram que a velocidade de remolhamento é independente da vazão quando o ambiente for vapor e a pressão estiver acima da atmosférica⁽¹⁰⁾. Por outro lado, a velocidade de remolhamento aumenta com a vazão, quando, o ambiente é ar à pressão atmosférica⁽⁷⁾. A razão para esta discrepância não é entendida e investigações são necessárias nesta área. Foi sugerido por Duffey e Porthouse⁽⁷⁾, que o efeito da vazão à pressão atmosférica é resultado do aumento efetivo do coeficiente de transferência de calor no lado molhado da frente de remolhamento.

- sub-resfriamento de entrada: Para se simular o sub-resfriamento, varia-se a temperatura de entrada do fluido. Os modelos e correlações utilizados não levam em conta o sub-resfriamento e, por esse motivo, nos testes feitos, alteram-se em muito pouco os valores da velocidade e do tamanho da frente de remolhamento, exceto o perfil de temperaturas, evidentemente. No modelo A o efeito é ligeiramente maior que no modelo B. Isto se deve ao processo de cálculo do coeficiente de transferência de calor. Este é calculado, utilizando-se a vazão de entrada, que se modifica levemente com o sub-resfriamento de entrada (ver figuras 4.6 e

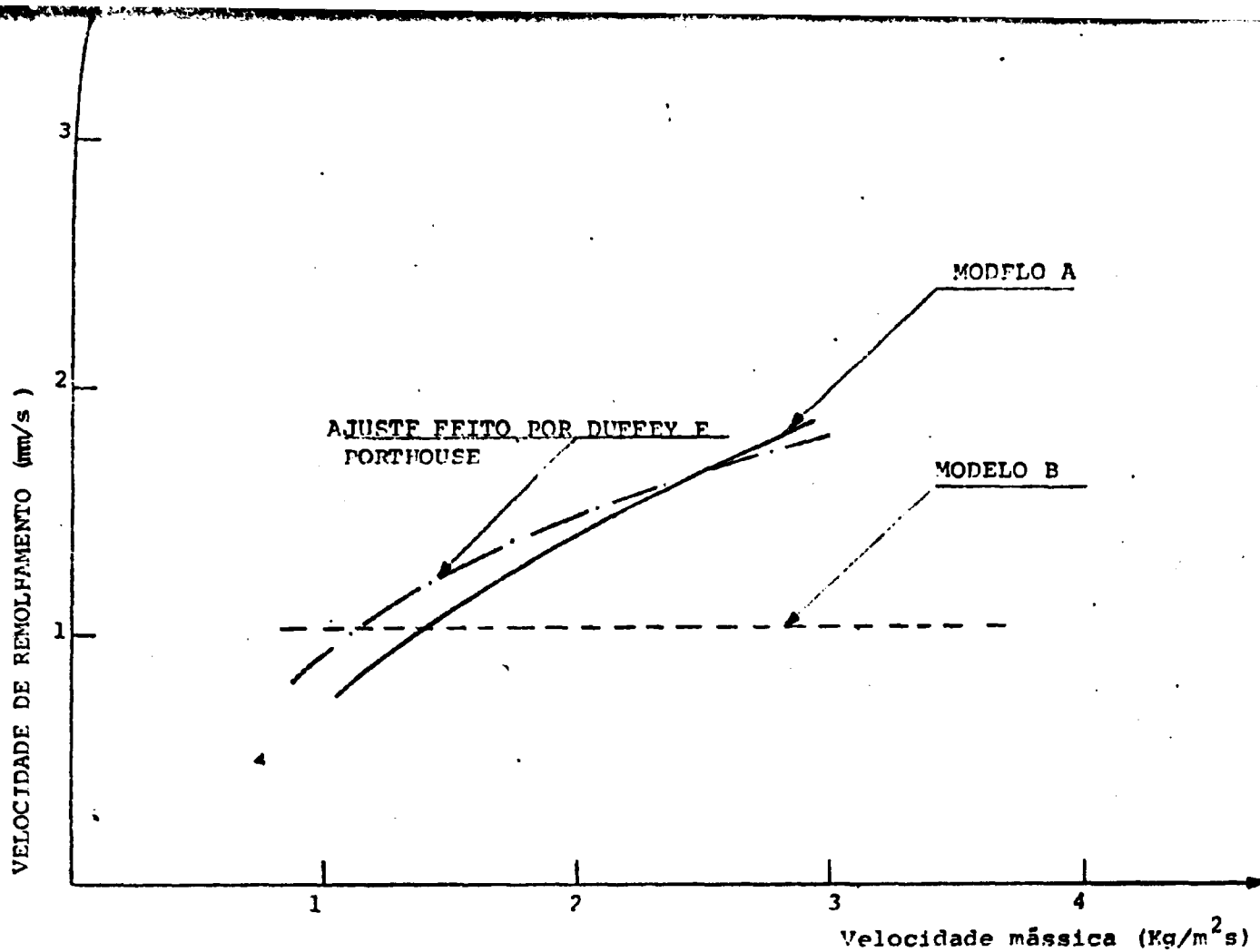


Figura 4.4 - Gráfico da velocidade de remolhamento em função da velocidade mássica na entrada, usando os dados restantes do caso de referência.

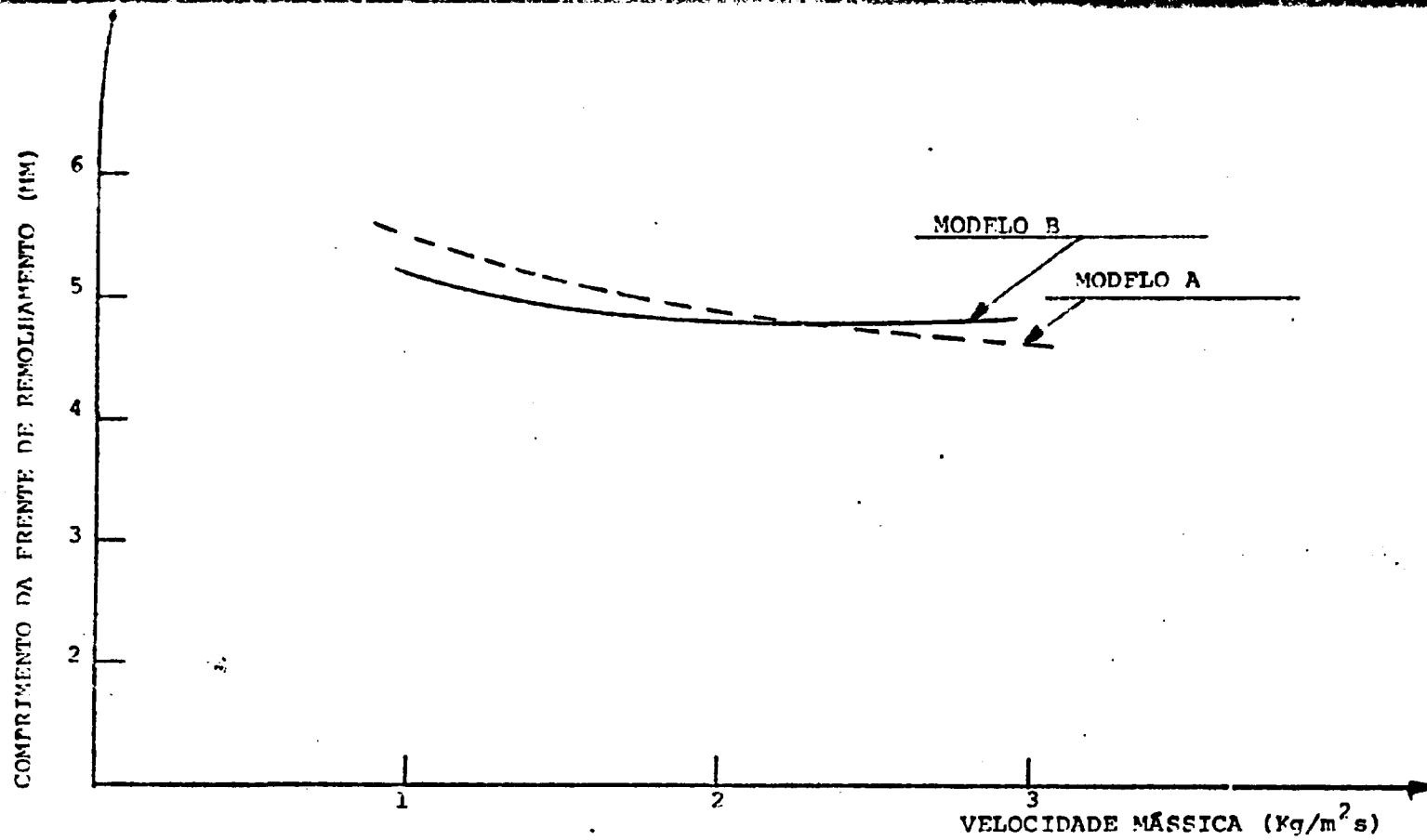


Figura 4.5 - Gráfico do comprimento da frente de remolhamento em função da velocidade mássica na entrada, usando os dados restantes do caso de referência.

4.7).

Foi observado, experimentalmente, que com o aumento do sub-resfriamento da água de entrada, há um aumento da velocidade de remolhamento. Sugeriu-se que este efeito se deve ao aumento do coeficiente de transferência de calor com o sub-resfriamento de entrada⁽³⁶⁾. Entretanto, Thompson^(26,27,28) comenta que esta influência é devido ao aumento da temperatura de remolhamento e, não do coeficiente de transferência de calor. Groeneveld^(12,18) mostra com suas experiências em "bottom flooding" que a velocidade de remolhamento aumenta consideravelmente em altos sub-resfriamentos e vazões de entrada e sugere que este efeito é devido a forte influência do sub-resfriamento no fluxo crítico de calor.

- pressão: Um evidente acréscimo na velocidade de remolhamento com a pressão foi observada por muitos investigadores^(10,20). Este efeito é resultado de uma forte influência da pressão sobre a temperatura de remolhamento. Pela correlação de Henry⁽¹⁵⁾, pode-se verificar a influência da pressão sobre a temperatura mínima para filme de ebulição (ver figura 4.8). As velocidades obtidas por este trabalho, variando-se a pressão, são mostradas nas figuras 4.9 e 4.10.

- temperatura inicial da parede: Variando-se a temperatura inicial da parede, verifica-se nos modelos A e P que esta é inversamente proporcional à velocidade de remolhamento^(6,7,20). Isto é fisicamente correto, pois, tendo-se as mesmas condições iniciais, quanto maior for a temperatura da parede mais calor da superfície deverá ser retirado, e portanto, mais lento será o processo do remolhamento (ver figuras 4.11 e 4.12).

- material do encamisamento: Testes para avaliar a influência do material do encamisamento foram feitos (ver figura 4.13). Obteve-se, que para as mesmas condições, as velocidades calculadas para o zircoloy são cerca de duas vezes superiores às velocidades obtidas para o aço inox em ambos os modelos A e B. Isto está em acordo com medidas obtidas por vários trabalhos experimentais e teóricos^(10,26). Para esta comparação foi utilizado a mesma temperatura de remolhamento em ambos os materiais: aço inox e zircoloy. A temperatura de remolhamento para o zircoloy não foi calculada pela correlação de Henry⁽¹⁴⁾, pois para esse material a temperatura obtida foi de um valor altíssimo, levando a um re

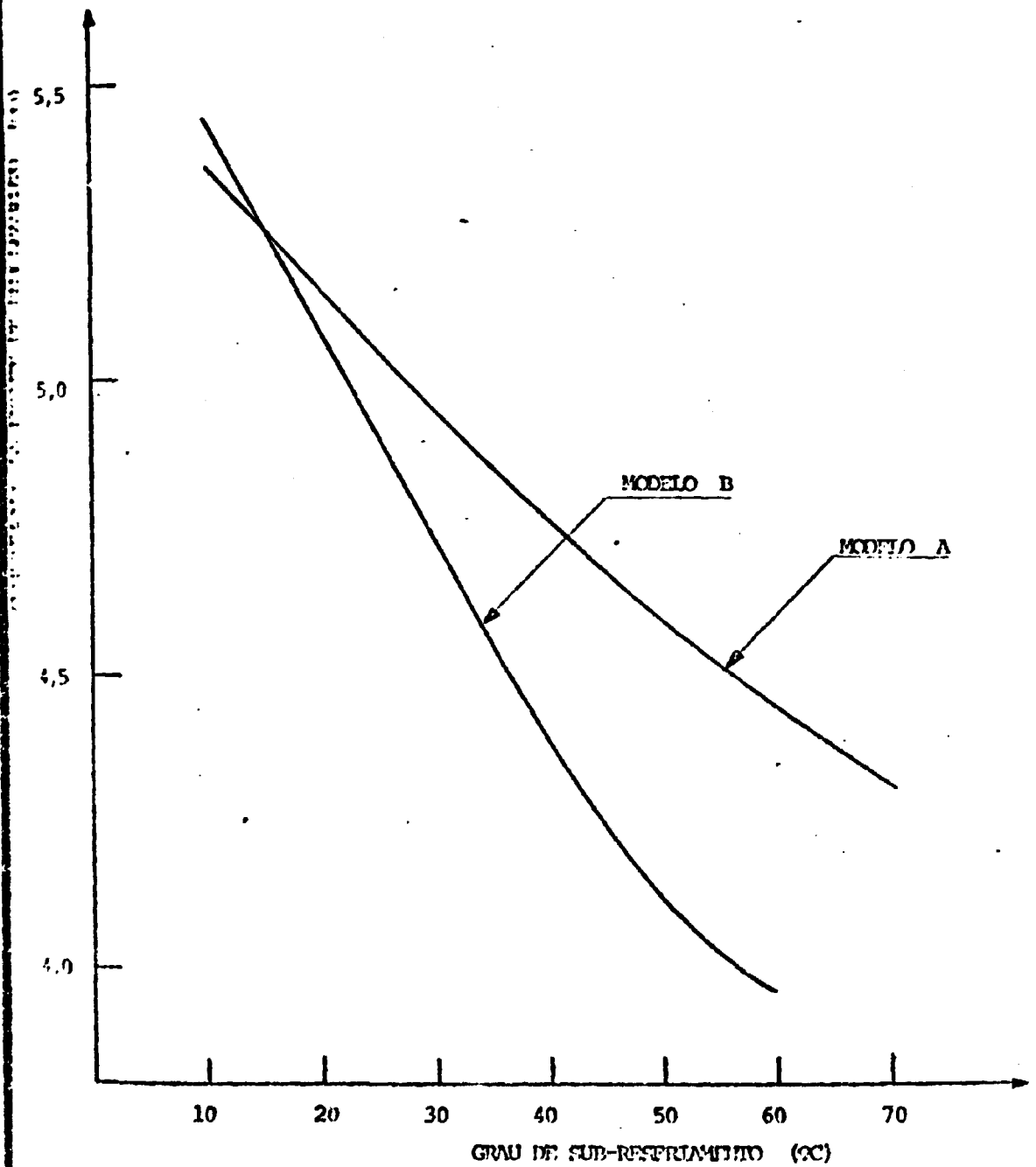


Figura 4.6 - Gráfico do comprimento da frente de remolhamento em função do grau de sub-resfriamento de entrada utilizando os dados restantes do caso de referência.

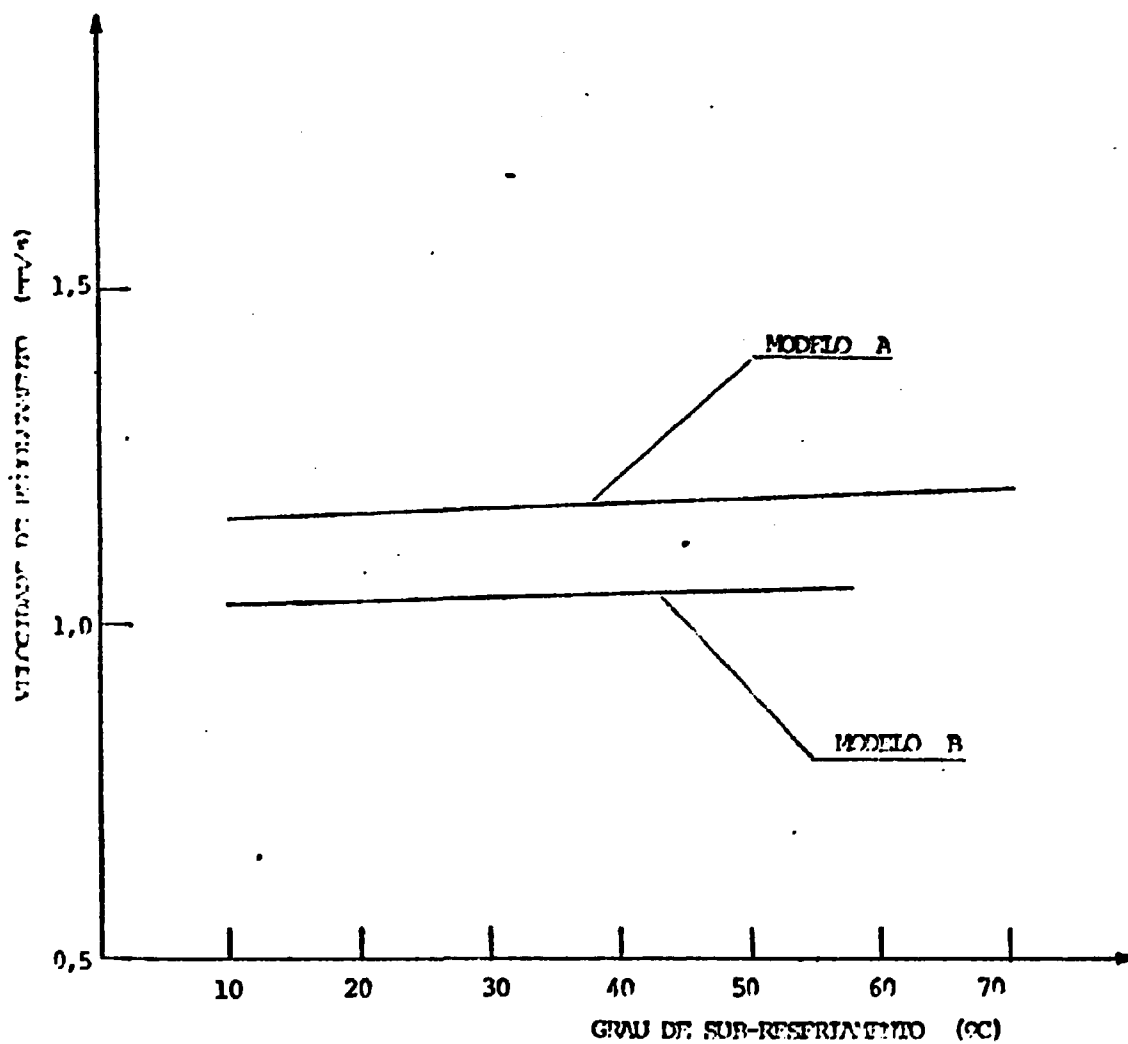


Figura 4.7 - Gráfico que mostra a influência do grau de sub-resfriamento de entrada na velocidade de reenchimento, usando os dados restantes do caso de referência.

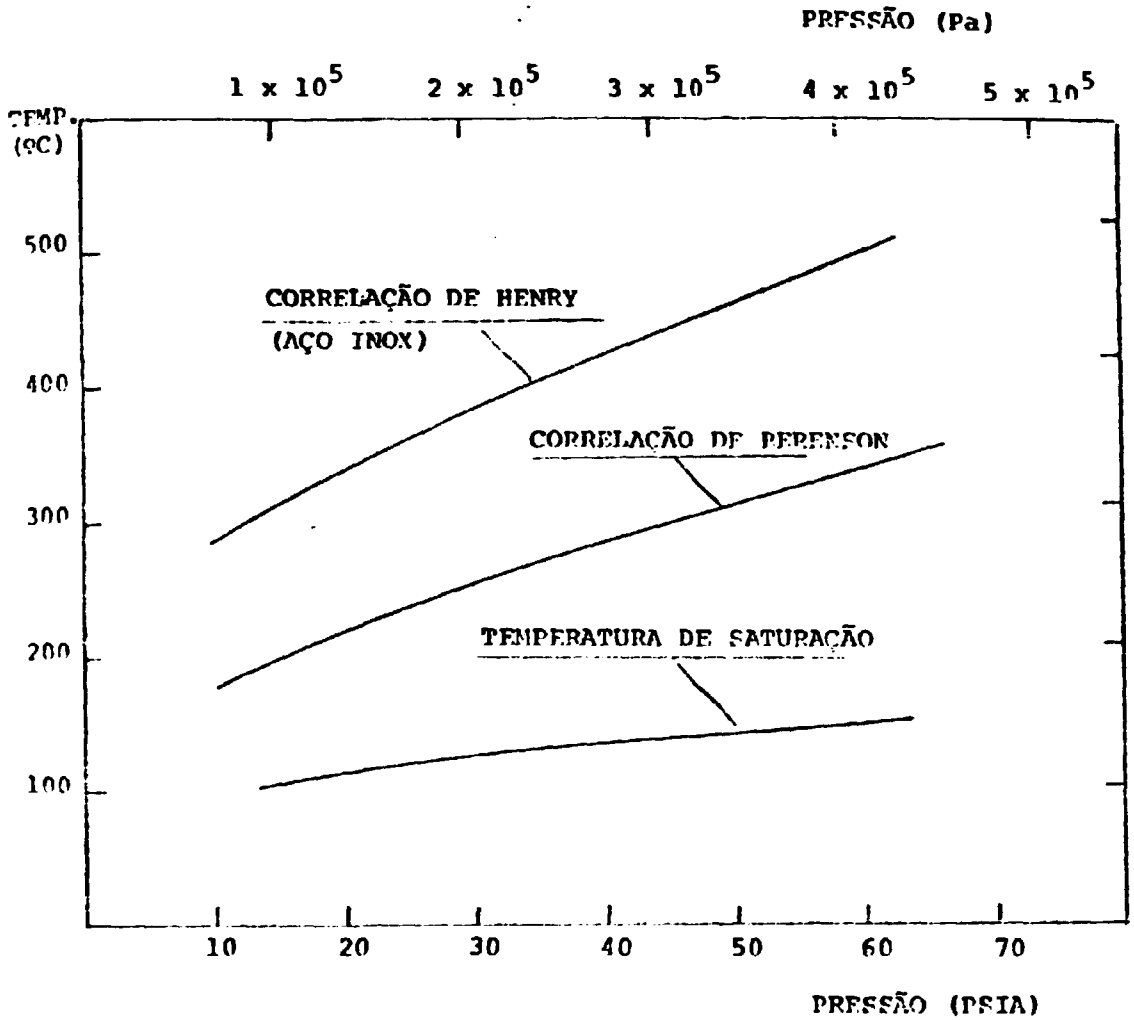


Figura 4.8 - Temperatura mínima para ebulição em filme de vapor em função da pressão, (a figura foi tirada da referência 16).

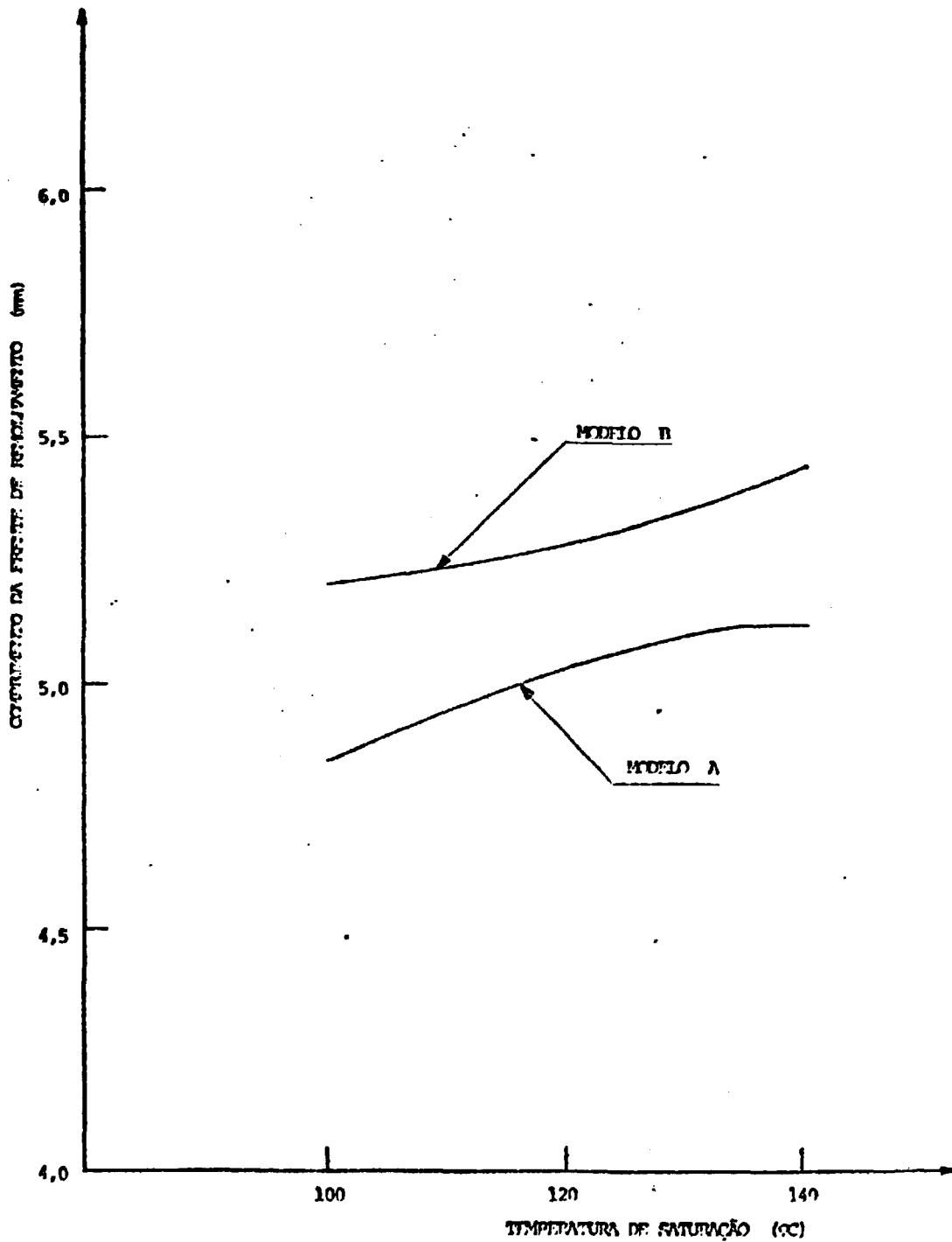


Figura 4.9 - Influência da pressão, através da temperatura de saturação, no comprimento da frente de re molhamento, usando os dados restantes do caso de referência.

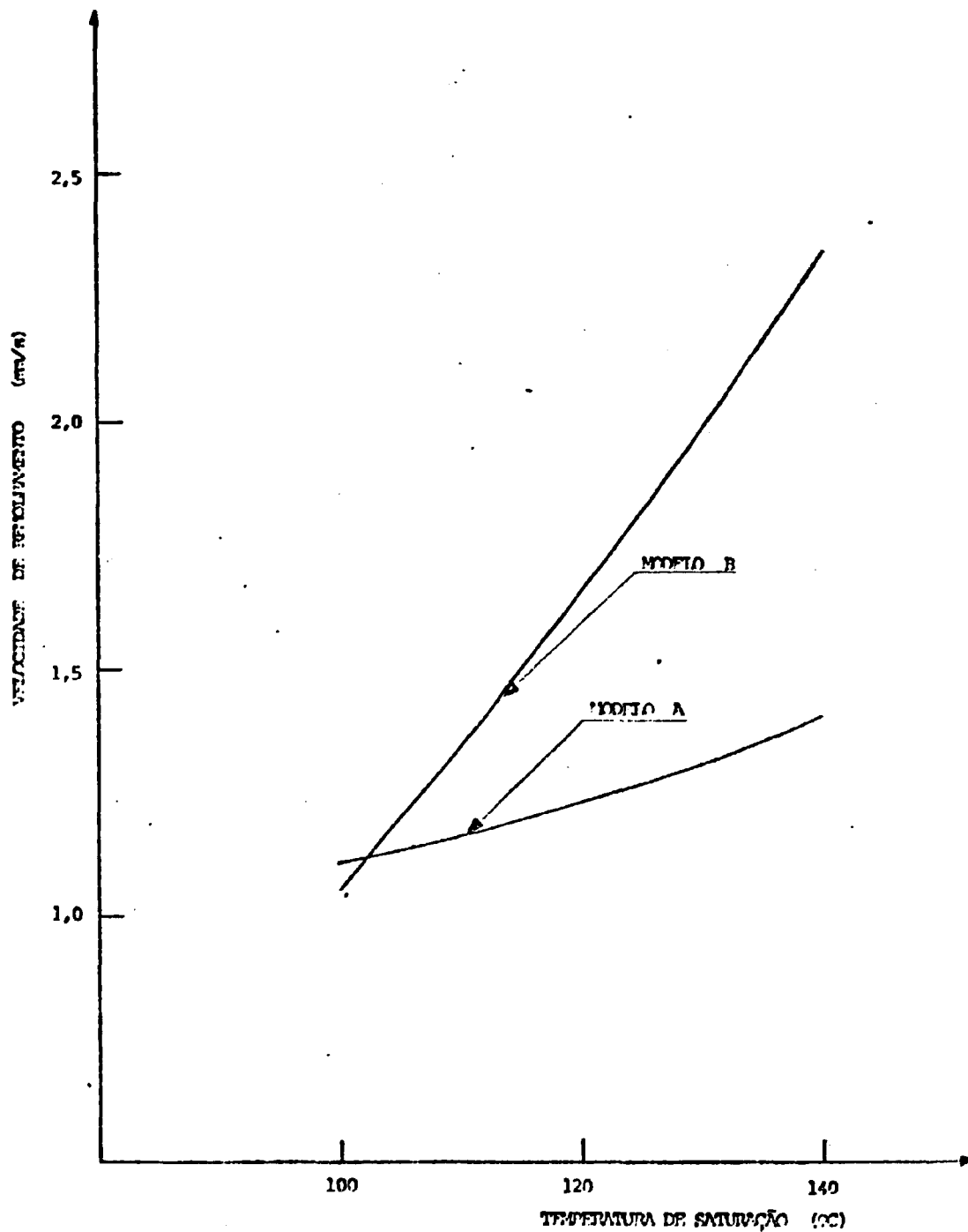


Figura 4.10 - Influência da pressão, através da temperatura de saturação, na velocidade de remolvimento, usando os dados restantes do caso de referência.

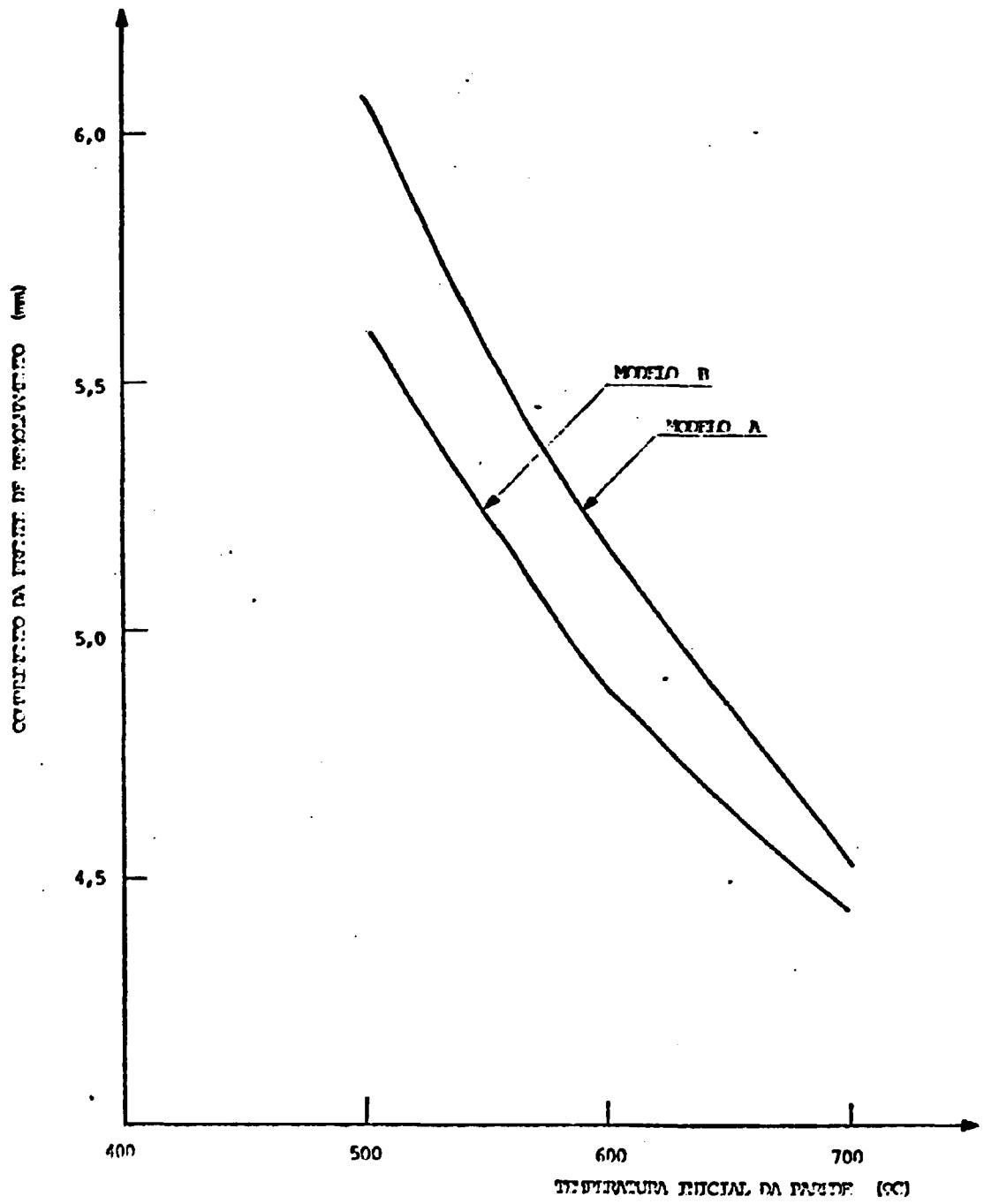


Figura 4.11 - Influência da temperatura inicial da parede no comprimento da frente de remolhamento, usando os dados restantes do caso de referência.

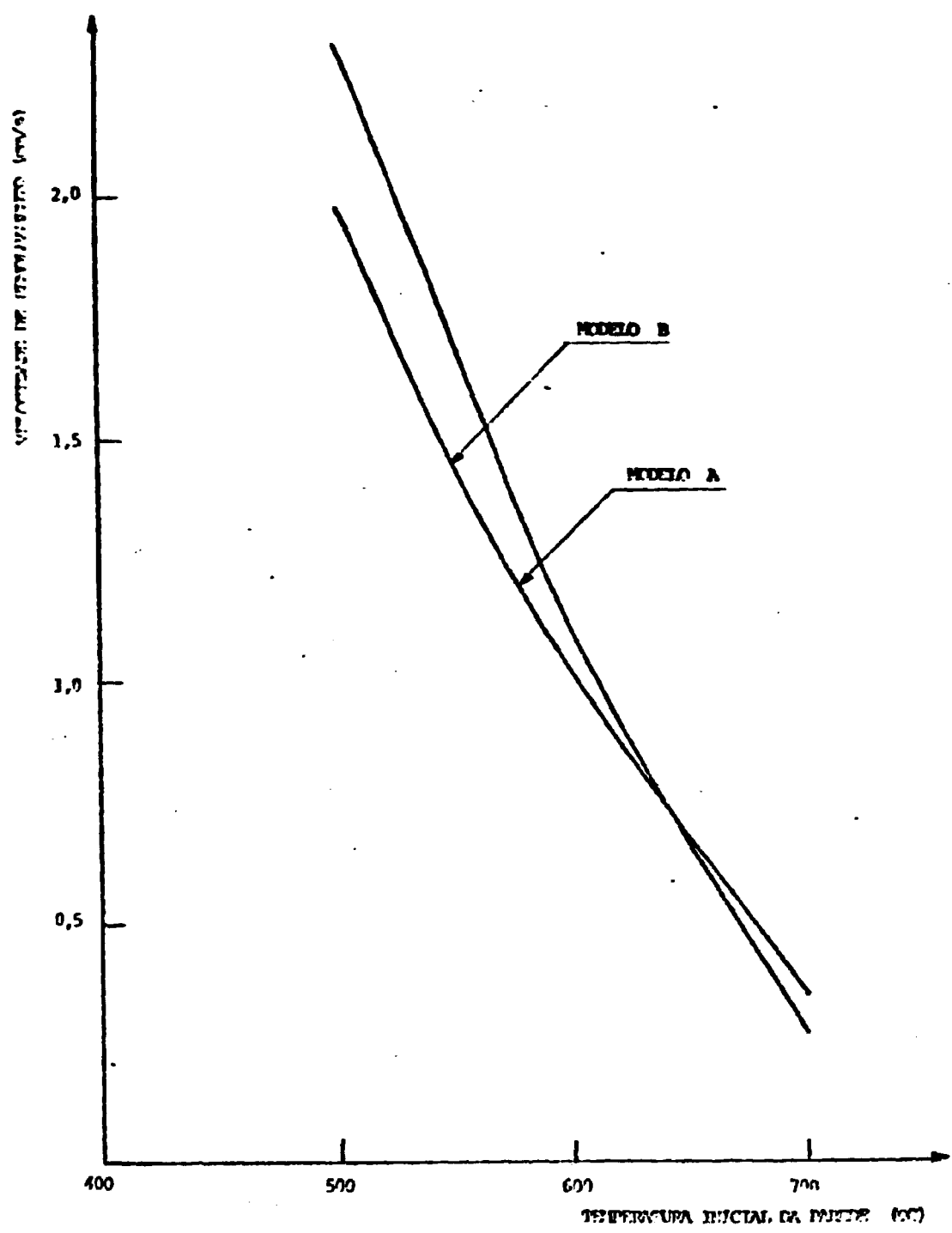


Figura 4.12 - Influência da temperatura inicial da parede na velocidade de revolvimento, usando os dados restantes do caso de referência.

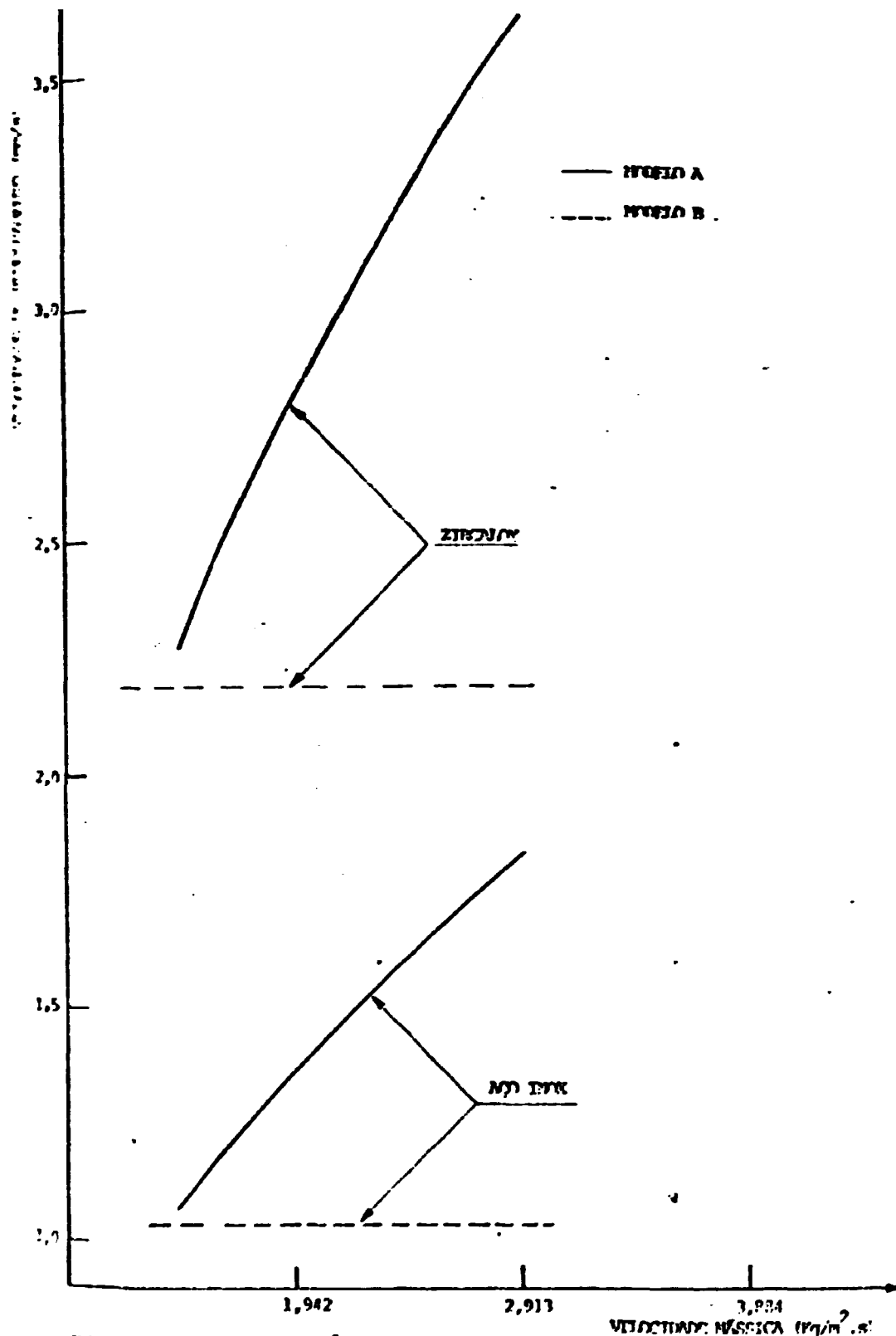


Figura 4.13 - Influência do material da parede na velocidade de rolamento, variando-se a velocidade mássica na entrada, e usando os dados restantes do caso de referência.

sultado muito discrepante da realidade no cálculo da velocidade.

- coeficiente de transferência de calor na região seca (h_v) e na região sub-resfriada (h_l). Para o modelo A, no qual se adotam coeficientes de transferência de calor, para as regiões de líquido sub-resfriado (h_l) e região seca (h_v), não há praticamente na literatura um procedimento a ser seguido. Esses coeficientes foram formulados em função do coeficiente de transferência de calor na zona saturada (h_{fr}). A baixas vazões o h_{fr} é baixo, e portanto, as variações bruscas do h_v e h_l acarretam pequenas variações nos resultados, uma vez que os valores são muito pequenos, e consequentemente, pouco influentes. A altas vazões, estes já se tornam mais importantes como mostra as figuras 4.14/15/16/17. Verifica-se, então, que os valores escolhidos para h_v e h_l (ver capítulo II) levam a resultados mais coerentes do perfil de temperaturas do que se adotassem outros valores.

4.3 Precisão

O remolhamento é um fenômeno local. Estuda-se um pequeno trecho do encamisamento de aproximadamente dez milímetros de comprimento e um milímetro de espessura. Com este tamanho, julga-se que as temperaturas de contorno tenham sido alcançadas⁽²⁶⁾. Nesta distância considerada, a temperatura do encamisamento vai de 80 a 600°C num exemplo. Esta diferença causa gradientes grandes de temperatura entre um nó e outro. Como as regiões de transferência de calor são definidas pelas temperaturas de contorno, é necessário que se tenha um grande número de nós axiais. Por isso, em benefício do número de malhas axiais, diminui-se o número de malhas radiais.

Após alguns testes, verificou-se que 280 nós axiais e 5 radiais resultam em um bom compromisso entre precisão e tempo de computação, produzindo resultados fisicamente coerentes. Uma vez acertado o reticulado, propôs-se aumentar a nodalização, a fim de verificar o quanto os resultados estão sendo prejudicados devido a aproximação por diferenças finitas. Um modelo foi desenvolvido para comparação com o caso de referência, de 320 nós axiais e 8 radiais. Confrontando os dois casos, obteve-se: No caso A, o perfil de temperaturas modificou-se levemente (ver tabela IV.1), a velocidade diminuiu cerca de 5% e o comprimento da

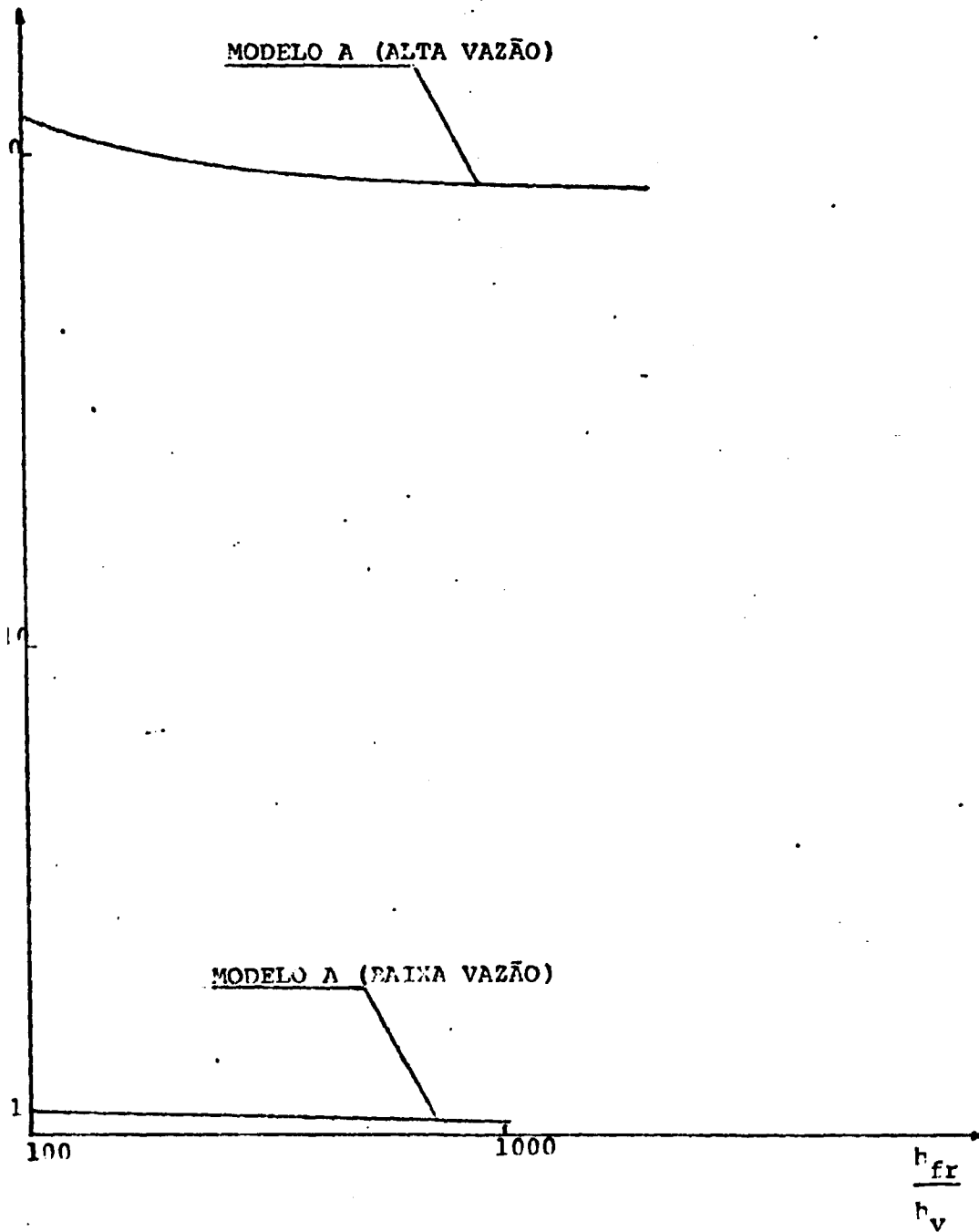


Figura 4.14 - Influência do coeficiente de transferência de calor na região de vapor, no modelo A, a altas e baixas vazões de entrada.

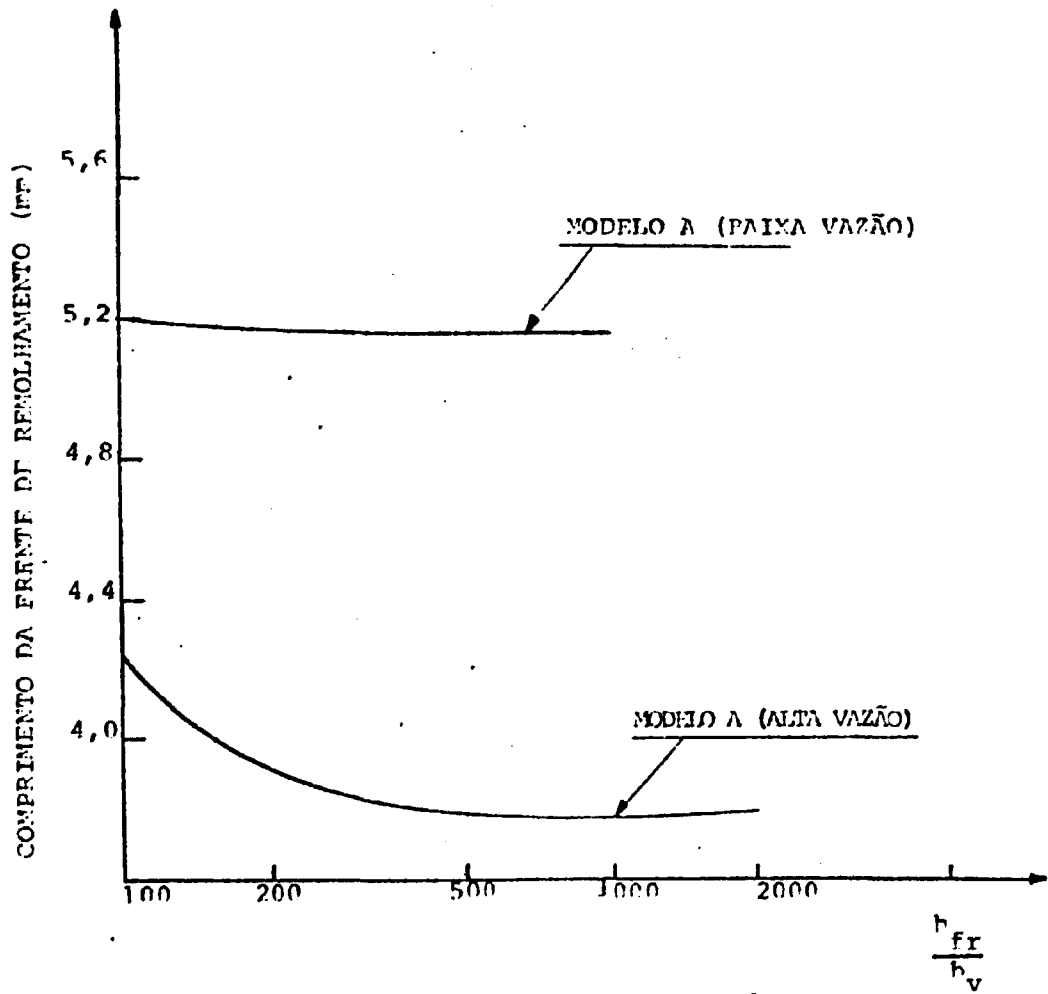


Figura 4.15 - Influência do coeficiente de transferência de calor na região de vapor, do caso A, a altas e baixas vazões de entrada.

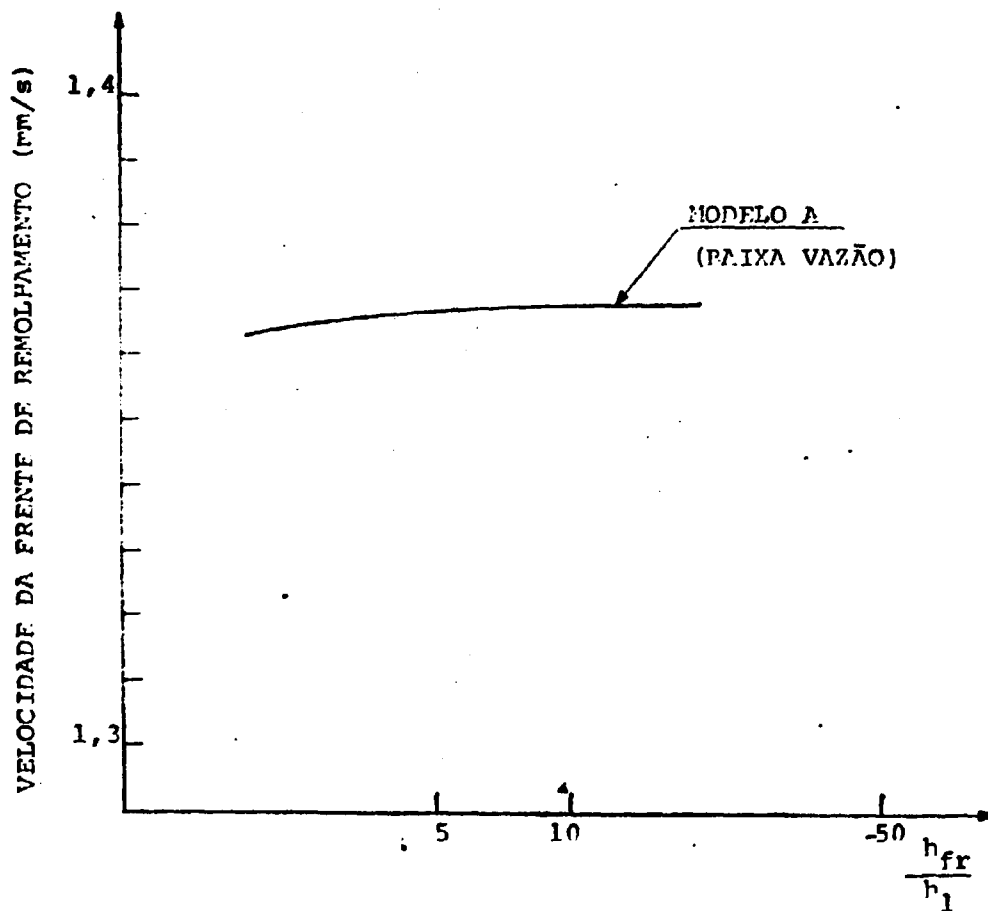


Figura 4.16 - Influência do coeficiente de transmissão de calor da região sub-resfriada na velocidade de remolhamento, a baixas vazões.

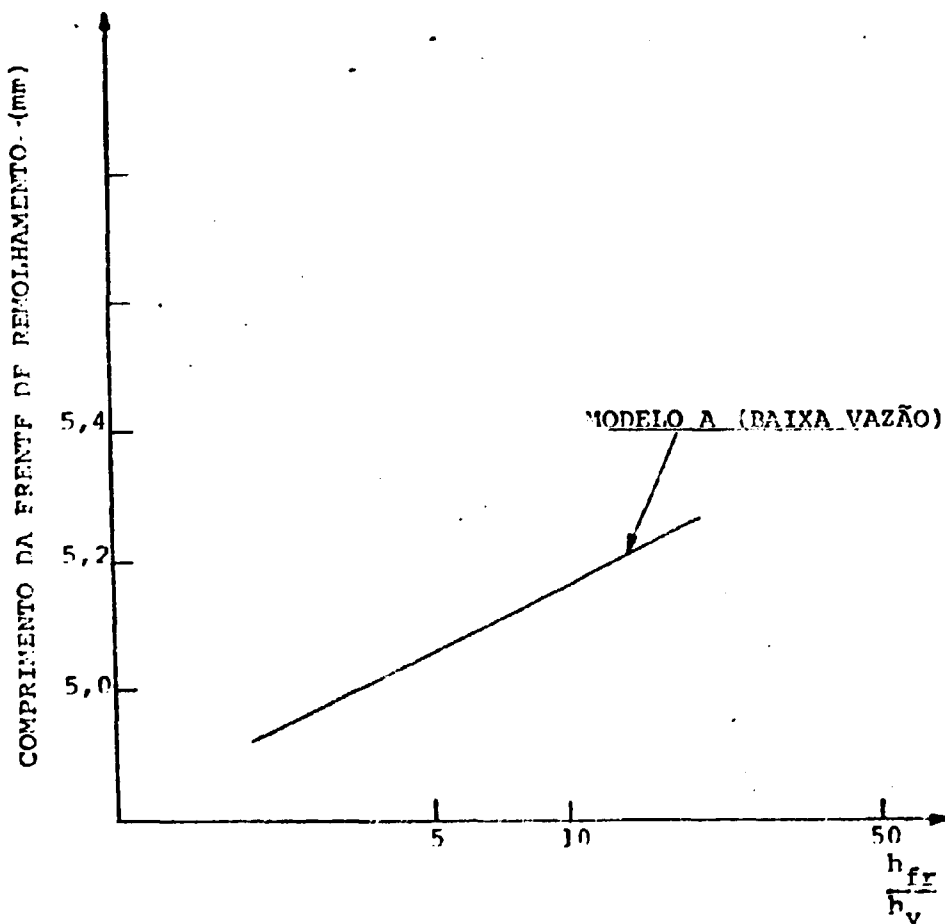


Figura 4.17 - Influência do coeficiente de transmissão de calor da região sub-resfriada no comprimento da frente de remolhamento, a baixas vazões.

MODELO A

COTA AXIAL (mm)	TEMPERATURAS DA SUPERFÍCIE DA PAREDE		DESVIO (%)
	320 x 8	280 x 5	
0	82,3	82,3	0
0,56	86,8	86,8	0
1,12	91,2	91,0	0,22
1,68	95,4	95,1	0,31
2,24	99,5	99,1	0,40
2,80	103,5	102,9	0,58
3,36	107,1	106,6	0,47
3,92	111,4	110,7	0,63
4,48	116,9	116,0	0,77
5,04	124,3	123,3	0,81
5,60	134,6	133,5	0,82
6,16	148,9	147,9	1,35
6,72	169,1	168,3	0,47
7,28	197,7	197,4	0,15
7,84	239,3	239,9	0,25
8,40	310,5	310,9	0,10
8,96	390,5	390,1	0,10
9,52	453,9	453,9	0
10,08	509,0	509,2	0,04
10,64	557,4	557,6	0,03

Tabela IV.1 - Comparação das temperaturas de superfície da parede entre o caso de 280 x 5 nós e o de 320 x 8 nós, para o modelo A, com os dados do caso base.

MODELO P

COTA AXIAL (mm)	TEMPERATURAS DA SUPERFÍCIE DA PAREDE		DESVIO %
	320 x 8	280 x 5	
0	82,3	82,3	0
0,56	86,6	86,4	0,23
1,12	90,5	90,1	0,44
1,68	93,9	93,3	0,32
2,24	97,0	96,1	0,93
2,80	99,7	98,7	1,01
3,36	102,0	100,9	1,09
3,92	104,0	102,7	1,27
4,48	106,0	104,5	1,43
5,04	108,4	106,6	1,69
5,60	111,7	109,6	1,91
6,16	116,8	114,1	2,36
6,72	125,1	122,7	1,95
7,28	158,7	159,9	0,75
7,84	229,7	230,6	0,39
8,40	309,1	309,7	0,19
8,96	382,0	382,8	0,24
9,52	445,0	446,0	0,22
10,08	501,6	502,6	0,20
10,64	552,9	553,5	0,11

Tabela IV.2 - Comparação das temperatura da superfície da parede entre o caso de 280 x 5 nós e o de 320 x 8, para o modelo P, com os dados do caso base.

frente de remolhamento por volta de 2%. Já para o modelo B, ocorreu um decréscimo de 5% na velocidade, um acréscimo de 3% no comprimento da frente e, o perfil de temperaturas na superfície (ver tabela IV.2), também, variou levemente.

Conclui-se, que devido as incertezas quanto ao coeficiente de transferência de calor e à temperatura de remolhamento, o gasto com o tempo computacional e a memória do computador, aumentando-se o número de nós, não valem a pena, isto é, há maiores imprecisões nas grandezas empíricas do que na própria nodalização.

Thompson⁽²⁶⁾, que resolve o problema numericamente, chegou a utilizar 300 nós axiais e 20 radiais num comprimento de 4,5mm e 0,6mm de espessura.

4.4 Comparação Com Outros Trabalhos

Muitos trabalhos teóricos e experimentais são encontrados na literatura sobre remolhamento. Dentre estes, foram escolhidos três, que podem ser confrontados com a modelagem deste trabalho, ou seja, enquadram-se dentro das características impostas neste estudo. Apresentam-se, a seguir, estas comparações:

- Duffey e Porthouse⁽⁷⁾ reuniram vários pontos experimentais da literatura aos seus, e, ajustaram esses pontos a duas curvas:

$$\text{para } \frac{G\epsilon}{\pi D_b K_w} < 0,25 \quad v^* = 3T^* \frac{G\epsilon}{\pi D_b K_w}$$

$$\text{para } \frac{G\epsilon}{\pi D_b K_w} > 0,25 \quad v^* = 6T^* \frac{G\epsilon}{\pi D_b K_w}$$

onde:

G - vazão mássica (g/s)

ϵ - espessura do encamisamento (cm)

- D_b - diâmetro da barra (cm)
 K_w - condutividade térmica da parede (W/cm°C)
 T^* - temperatura adimensional $(T_{fr} - T_{sat}) / (T_w - T_{fr})$
 v^* - velocidade adimensional $(\rho_w C_{pw} \epsilon v) / K_w$

Os pontos foram apresentados em um gráfico, onde, na abscissa, tem-se o número de Biot efetivo $\frac{G \epsilon}{D_b K_w} \left(\frac{g}{\text{cms}} \frac{\text{cm}^2}{\text{W}} \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$ e, na ordenada, o inverso da velocidade adimensional $1/v^*$:

Foi sugerido pela referência (7), que a temperatura adimensional a 600°C e a pressão atmosférica, seja de 0,3333 para o ajuste considerado.

A figura 4.18 mostra um excelente ajuste entre o modelo A deste trabalho aos pontos apresentados por Dyffey e Porthouse. Já o modelo B tem uma região de coincidência com o ajuste, mas se mantém constante com a variação da vazão, e por isso se distancia com o aumento da resma.

- L. B. Thompson e Y. Y. Hsu (29) desenvolveram, para a previsão da velocidade da frente de revolhamento, um modelo semi-empírico. O modelo emprega parâmetros iniciais do sistema, além de condições do transiente termo-hidráulico.

A correlação foi desenvolvida usando dados de vazão do programa FLECHT e, é dada por:

$$v = 19,5 v_1 (R_{CM})^{-1/2} \left(\frac{T_{fr} - T_{sat}}{T_w - T_{sat}} \right)^{0,15}$$

onde R_{CM} é o número modificado de Reynolds para escoamento de vapor transverso na região da frente de revolhamento, definido por:

$$R_{CM} = \frac{D_b q'' \rho_f}{h_{fg} \rho_v \mu_v}$$

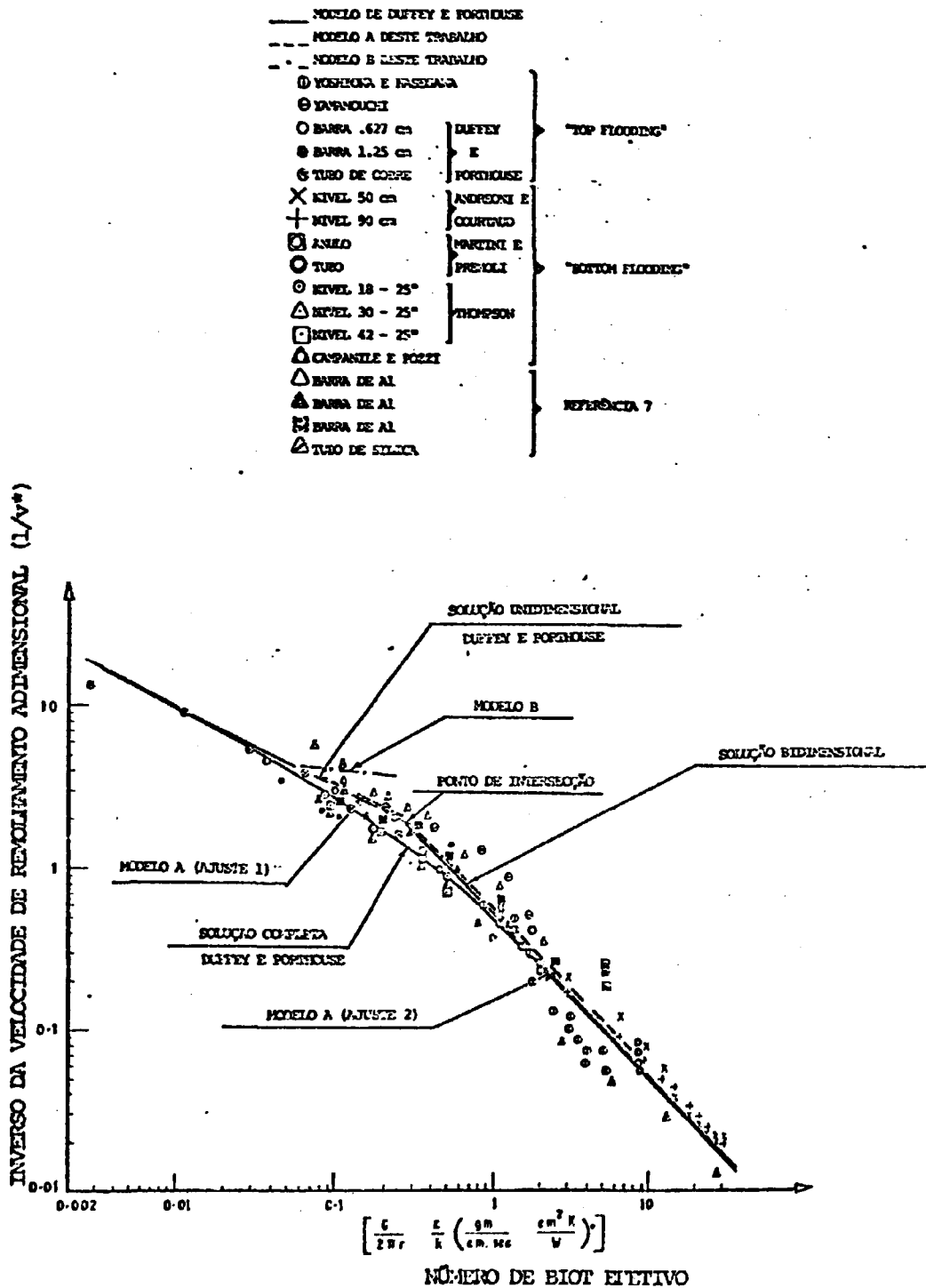


Figura 4.18 - Comparação dos modelos deste estudo com trabalhos experimentais e teóricos (figura tirada da referência 7).

A velocidade da frente (v) depende da velocidade de inundação de entrada (v_1), do fluxo de calor local (q''), da temperatura inicial do encamisamento (T_w) antes da reinundação, da temperatura de saturação (T_{sat}), da temperatura mínima para filme de ebulição (minimum film boiling (T_{fr})), assim como das densidades do vapor e do líquido (ρ_v, ρ_f), calor latente de vaporização (H_{fg}), viscosidade do vapor (μ_v) e, diâmetro aquecido equivalente (D_b). A temperatura mínima para filme de ebulição é dada pela correlação de Henry⁽¹⁵⁾, mas limitada de, no máximo, 315°C. Os parâmetros do vapor são avaliados da temperatura de saturação.

O número modificado de Reynolds (Re_M) é determinado pela evaporação transversa, e é, aproximadamente, proporcional ao fluxo de calor da barra e inversamente proporcional a pressão. Um alto número de Reynolds, indica maior turbulência na região de escoamento caótico (froth), aumentando o arrastamento de gotículas e, reduzindo a velocidade da frente.

A faixa de utilização dos parâmetros são:

- velocidade de entrada : 1 a 45 cm/s
- pico de potência na barra : 1,7 a 4,6 K_w/m
- temperatura inicial do encamisamento: 140 a 1100°C
- temperatura de entrada do fluido : 72 a 90°C
- e o perfil do fluxo de calor é dado por uma função cosseno.

A discrepância porcentual média entre as velocidades medidas e previstas foram de 20%.

Os modelos A e B adotam que a superfície interna do encamisamento seja adiabática, isto é, não se considera o efeito do combustível. Uma comparação entre a correlação apresentada e o modelo A foi realizada. Para o cálculo desta correlação usou-se o fluxo máximo e mínimo da faixa de utilização. Pela figura 4.19, nota-se que pode ser considerável o erro cometido, fazendo-se a simplificação acima.

- No artigo de J. J. Carhajo e A. D. Siegel⁽⁴⁾, diferentes modelos foram comparados através de gráficos do número de Peclet em função do número de Piot. Foi feito, apenas, o confronto

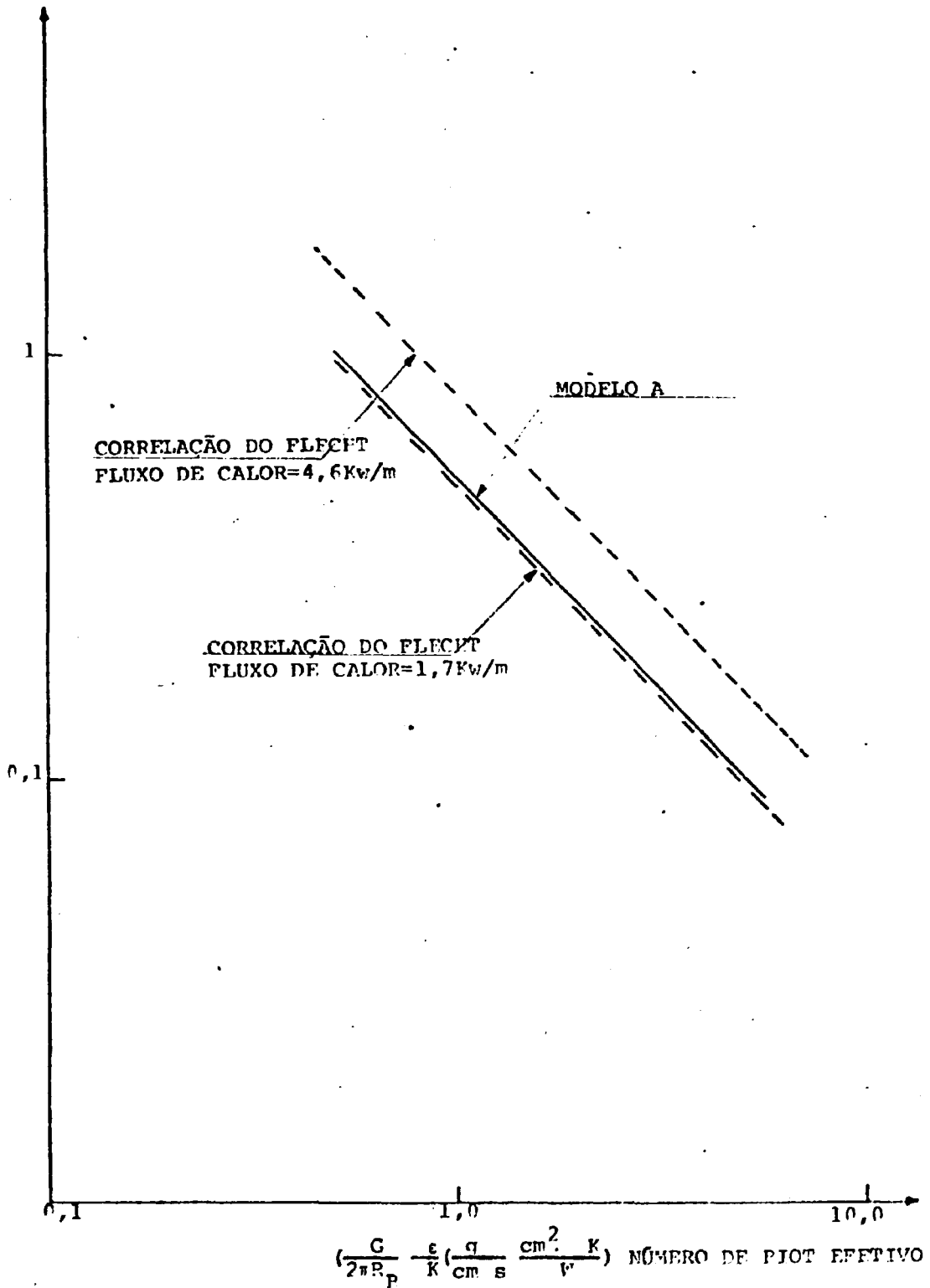


Figura 4.19 - Gráfico que compara a correlação experimental obtida do FLECHT (29), com o modelo A deste estudo.

destes trabalhos com o modelo A. Com o modelo B, não seria justificável, uma vez que o número de Biot é calculado, e não estimado. Construiu-se, então, um problema com as mesmas características utilizadas pelos modelos abaixo relacionados:

- a - Yamanouchi (33)
- b - Blair (3)
- c - Duffey e Porthouse (7)
- d - Ishii (4)
- e - Coney (6)
- f - Yu - Farmer - Coney (37)

Usou-se para as comparações uma barra de zircoloy com 1,6 cm de diâmetro externo e 1 mm de espessura. As temperaturas de contorno foram:

- temperatura inicial da parede : 538°C
- temperatura de saturação da água: 140°C
- temperatura de remolhamento : 193°C

Os resultados são mostrados na tabela IV.3, e indicam que o modelo A se assemelha a quase todos os trabalhos, a baixos números de Biot, e que a altos números de Biot somente se aproxima aos trabalhos de Blair e de Duffey e Porthouse, com números de Peclet maiores que os demais.

Observação:

- o número de Biot (Bi) é dado por
$$: \frac{h \epsilon}{K_w}$$
- o número de Peclet (Pe) é dado por
$$: \frac{\rho_w C_{pw} v \epsilon}{K_w}$$

onde:

- h - coeficiente de transferência de calor ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- ϵ - espessura do encamisamento (m)
- K_w - condutividade térmica do encamisamento ($\frac{W}{m \text{ } ^\circ C}$)

C_{p_w} - calor específico da parede J/kg°C

ρ_w - densidade específica da parede Kg/m³

v - velocidade de remolhamento m/s

$\frac{P_e}{P_i}$	YAMANUCHI	PLAIR	DUFFY F PORTHOUSE	ISHII	CONY	YU-FARMER CONY	MODELO A DESTE TRABALHO
5,0	0,29700	0,45224	0,39564	0,30668	0,3200	0,3200	0,42060
10	0,42002	0,90447	0,79138	0,43371	0,4496	0,4496	0,84522
50,0	0,93919	4,52236	3,9364	0,96981	1,1571	1,1571	3,47365
100,0	1,32822	9,0447	7,9138	1,7367	1,7367	1,7367	7,0802

Tabela IV.3 - Comparação do número de Paclet em função do número de Píot de vários pesquisadores, com o modelo A deste trabalho (tabela tirada da referência 4).

CAPITULO V

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusão

Ainda hoje, a quase totalidade dos estudos relacionados a escoamento bifásico estão abertos a discussões, e muitas experiências e tentativas de se formular correlações têm sido feitas. O fenômeno do remolhamento não é uma excessão. A maior parte das experiências sobre o remolhamento conseguem medir apenas a velocidade de remolhamento. Alguns parâmetros, como o coeficiente de transferência de calor e a temperatura de remolhamento, são indeterminados. Na aplicação de alguns dos modelos descritos nas referências, para um cálculo prático da velocidade de remolhamento, estes parâmetros têm sido supostos. Estes valores são muito difíceis de se prever e, as incertezas envolvidas em uma estimativa podem prejudicar a precisão obtida pelo modelo. Por causa disto, correlações empíricas tanto para "top flooding" como para "bottom flooding" baseados na vazão e nas temperaturas do refrigerante têm sido desenvolvidas. Estes parâmetros são fáceis de se estimar, e portanto estas correlações são mais aplicáveis para cálculos práticos da velocidade de remolhamento⁽⁴⁾. Entretanto estas equações não consideram a física do problema. Modelos analíticos ou numéricos são muito importantes porque eles tratam do problema físico do remolhamento e permitem um melhor entendimento do fenômeno complexo envolvido em "top e bottom flooding" de LWRs. Com este pensamento foram adotados modelos para o coeficiente de transferência de calor (h) e a temperatura da frente de remolhamento (T_{fr}). Dois modelos foram desenvolvidos: o modelo que considera três regiões de transferência de calor e com h constante em cada uma delas, e o modelo recomendado por Kirchner e Griffith⁽¹⁶⁾ que simula o remolhamento através da "curva de ebulição" como o fenômeno de ebulição em piscina (pool boiling). O primeiro dos modelos acima descrito teve sucesso, e como pode-se ver em testes feitos ajusta-se muito bem aos resultados apresentados por Duffey e Porthouse⁽⁷⁾. Enquanto o segundo obteve resultados razoáveis a baixas vazões, o que parece lógico uma vez que as correlações usadas, são para ebulição em piscina⁽⁵⁾ (pool boiling), onde a

vazão do escoamento pode ser considerada igual a zero. Além disso, soma-se o fato de que faz-se a aplicação de uma curva estática a uma situação altamente transiente. Existem vantagens e desvantagens de um método sobre o outro. Apesar do modelo de "três zonas" ter uma boa concordância com os dados experimentais, o segundo simula muito melhor fisicamente o fenômeno.

A tendência é de que se faça correções no modelo recomendado por Kirchner e Griffith para que suas correlações levem em conta a influência da vazão, do subresfriamento e de outros parâmetros que afetem o fenômeno. Uma vez feito isto, ter-se-ia em mãos, correlações que não dependeriam das faixas de utilização, e o remolhamento tornar-se-ia universalmente aceito.

5.2 Recomendações para Trabalhos Futuros

Dado o que foi visto acima, sugere-se um aperfeiçoamento de uma expressão para o coeficiente de transferência de calor e para a temperatura da frente de remolhamento, que considere os efeitos de todos os parâmetros envolvidos no remolhamento.

Uma experiência que simule todos os tipos de escoamento que possam ocorrer e verificar qual a sua influência sobre a velocidade de remolhamento e, por extensão, no coeficiente de transferência de calor e na temperatura de remolhamento.

Uma continuação deste trabalho deverá conter os efeitos do combustível nuclear e das propriedades variáveis dos materiais, tais como, a densidade, o calor específico e a condutividade térmica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARRIETA, L. & YADIGAROGLU, G. Analytical model for bottom reflooding heat transfer in light water reactors. (The UCFLOOD code). Palo Alto, Calif. Electric Power Research Institute, Aug. 1978. (EPRI-NP-756).
2. FAUMEISTER, K.J. & SIMON, F.F. Leidenfrost temperature. Its correlation for liquid metals cryogenes hydrocarbons and water. J. Heat Transfer, 95:166-73, 1973. (trans. ASME, C).
3. FLAIR, J.M. An analytical solution to a two-dimensional model of the rewetting of a hot dry rod. Nucl. Eng. Des., 32:159-70, 1975.
4. CARBAJO, J.J. & SIEGEL, A.D. Review and comparison among the different models for rewetting in LWR'S. Nucl. Eng. Des., 58:33-44, 1980.
5. COLLIER, J.G. Convective boiling and condensation. New York, MacGraw-Hill, 1972.
6. CONEY, M.W.E. Calculations of the rewetting of hot surfaces. Nucl. Eng. Des., 31:246-59, 1974.
7. DUFFEY, R.P. & PORTHOUSE, D.T.C. The physics of rewetting in water reactor emergency core cooling. Nucl. Eng. Des., 25:379-94, 1973.
8. ELIAS, E. & YADIGAROGLU, G. A general one dimensional model for conduction -controlled rewetting of a surface. Nucl. Eng. Des., 42:185-94, 1977.
9. ELIAS, E. & YADIGAROGLU, G. The reflooding phase of the LOCA in PWR's Pt.2. Rewetting and liquid entrainment. Nucl. Safety, 19(2):160-75, 1978.
10. ELLIOT, D.F. & ROSE, P.V. The quenching of a heated zirconium alloy surface by a film of water in a steam environment at

pressures up to 53 bar. Winfrith, England, 1977.
(AEEW-M-1027).

11. GROENEVELD, D.C. Heat transfer phenomenon related to the boiling crisis. Chalk River, Ontario, AECL, March, 1981. (AECL-7239).
12. GROENEVELD, D.C. & YOUNG, J.M. Film boiling and rewetting heat transfer during bottom flooding of a hot tube. In: HFAT transfer 6th international conference, held in Toronto, Canada, Aug. 7-11, 1978. Washington, D.C. Hemisphere, 1978. v.5. p.89-94.
13. GUNNERSON, F.S. On the prediction of quench and temperatures. Trans. Amer. Nucl. Soc., 34:466-8, 1980.
14. HANSEN, K.F. & CLARK Jr., M. Numerical methods of reactor analysis. New York, Academic Press, 1964.
15. HENRY, P.E. A correlation for the minimum film boiling temperature. AICHE Symp. Ser., 70(138):81-90, 1974.
16. KIRCHNER, W. & GRIFFITH, P. Reflood heat transfer in a light water reactor. Am. Inst. Chem. Eng., 73(164):51-62, 1977.
17. LAHEY JR., R.T. & MOODY, F.J. The thermal hydraulics of a boiling water nuclear reactor. Hinsdale, Ill., ANS, 1977.
18. LEE, Y.; CHEN, W.J.; GROENEVELD, D.C. Rewetting of very hot vertical and horizontal channels by flooding. In: HFAT transfer, 6th international conference, held in Toronto, Canada, Aug. 7-11, 1978. Washington, D.C. Hemisphere, 1978. v.5. p.95-100.
19. MOTTA, A.M.T.; KINRYF, S.; ROFFERTY, N.C.; DOCARMO, E.G.D.; OLIVEIRA, E.G.D.; OLIVEIRA, L.F.S. de. Um modelo bidimensional com três regiões para o estudo da frente de remoção. In: FISICA de reatores, 3º encontro nacional, realizado em Itaipava, R.J. Dezembro 12-14, 1982.

20. PIGGOTT, B.D.C. & DUFFEY, R.P. The quenching irradiated fuel pins. Nucl. Eng. Des., 32:182-90, 1975.
21. SAWAN, M.E. & CARBON, M.F. A review of cooling and boltor flooding woeek for LWR cores. Nucl. Eng. Des., 32:191-207, 1975.
22. SAWAN, M.E. & TEMRAZ, H.M. A three regions semi-analitical rewetting model. Nucl. Eng. Des., 64:319-27, 1981.
23. SIEGEL, A.D. & CARBAJO, J.J. A new empirical correlation for the rewetting temperature. Trans. Amer. Nucl. Soc., 35:327-8, 1980.
24. SUN, H.H.; DIX, G.F.; TIEN, C.L. Cooling of a very hot vertical surface by a falling liquid film. J. Heat Transfer, 96:126-31, 1974. (Trans. ASME, C).
25. SUN, K.H.; DIX, G.F.; TIEN, C.L. Effect of precursory cooling on falling-film rewetting. J. Heat Transfer, 97:360-5, 1975. (Trans. ASME, C).
26. THOMPSON, T.S. An analysis to the wet-side heat-transfer coefficient during rewetting of a hot dry patch. Nucl. Eng. Des., 22:212-24, 1972.
27. THOMPSON, T.S. On the process of rewetting of a hot surface by a falling liquid film. Nucl. Eng. Des., 31:234-45, 1974.
28. THOMPSON, T.S. On the process of rewetting a hot surface by a falling liquid film. Chalk River, Ontario, AECL, June 1973. (AECL-4516).
29. VAHFA, A.R. The boiling curve during reflooding. In: THEE MAL reactor safety ANS/PNS topical meeting, held in Knoxville, Tenn. April 6-9, 1980. p.983-90. (CONF-800403).
30. YPARRONDO, L.J.; SOLBRIG, C.F.; JSPIN, H.S. The calculated loss-of-coolant accident: a review. New York, AIChE, 1972.

31. YADIGAROGLU, G. The reflooding phase of the LOCA in PWRs. Pt.1. Core heat transfer and fluid flow. Nucl. Safety, 19(1):20-6, 1978.
32. YAMANOUCHI, A. Effect of core spray cooling in transient state after loss of coolant accident. J. Nucl. Sci. Tech., 5(11):547-58, 1968.
33. YEH, H.C. An analysis of rewetting of a nuclear fuel rod in water reactor emergency core cooling. Nucl. Eng. Des., 34:317-22, 1975.
34. YEH, H.C. An analytical solution to fuel and cladding model of the rewetting of a nuclear fuel rod. Nucl. Eng. Des., 61:101-12, 1980.
35. YOSHIOKA, K. & NASEGAWA, S. A correlation in displacement velocity of liquid film boundary formed on a heated vertical surface in emergency cooling. J. Nucl. Sci. Tech., 7(8):418-25, 1970.
36. YU, S.K.W.; FARMER, P.R.; CONEY, M.V.E. Methods and correlation for the prediction of quenching rates on hot surfaces. Int. J. Multiphase Flow, 3:415-43, 1977.

APÊNDICE A

A. PROGRAMA COMPUTACIONAL

A.1 Descrição do Programa Computacional

O capítulo III mostra que para se estudar o remolhamen-
to são necessários os seguintes procedimentos matemáticos: a re-
solução do sistema de equações de diferenças finitas e um método
iterativo. Para realizá-los - visando-se o cálculo da velocidade
e do tamanho da frente de remolhamento, juntamente com o perfil
de temperaturas no encamisamento - foi construído o programa com-
putacional denominado REMOLHA. Este programa é constituído de
34 sub-rotinas escritas na linguagem FORTRAN IV.

Todos os testes com o REMOLHA foram realizados num
computador IPM/370, modelo 155, do Instituto de Pesquisas Energé-
ticas e Nucleares (IPEN).

As variáveis e sub-rotinas do programa são identifica-
das e definidas abaixo:

- Sub-rotinas:

- AAAA - cálculo das incógnitas do problema pelo modelo A
- BPPE - cálculo das incógnitas do problema pelo modelo B
- CALA1 - cálculo da diagonal a da matriz A (capítulo III)
- CALA2 - cálculo da diagonal b da matriz A (capítulo III)
- CALP1 - cálculo da diagonal d da matriz A (capítulo III)
- CALP2 - cálculo da diagonal e da matriz A (capítulo III)
- CALC - cálculo da diagonal c da matriz A (capítulo III)
- CALCTC - cálculo do coeficiente de transferência de calor
do modelo A
- CALH - previsão do comprimento da frente de remolhamen-
to.
- CALS - cálculo do vetor \underline{f} da equação $\Lambda \underline{T} = \underline{f}$
- CALT - cálculo do vetor \underline{T} da equação $\Lambda \underline{T} = \underline{f}$

- CALTEP - Cálculo do perfil de temperaturas da superfície externa do encamisamento
- CALV - previsão da velocidade de remolhamento
- COEFIC - cálculo do coeficiente de transferência de calor do modelo P
- DADOS - leitura dos dados de entrada
- DUFFEY - cálculo da velocidade de remolhamento através do ajuste feito por Duffey e Porthouse
- FCAIOR - cálculo do fluxo de calor
- FLECHT - cálculo da velocidade de remolhamento através da correlação FLECHT
- FLUCRI - cálculo do fluxo crítico de calor
- FLUMIN - cálculo do fluxo na frente de remolhamento
- GRAFIC - chama a sub-rotina PLOTT para fazer os gráficos do coeficiente de transferência de calor em função da temperatura da parede, e do fluxo de calor em função da temperatura da parede
- IMPRI - impressão dos resultados
- IMPRI 2 - impressão dos resultados
- INTER - interpolação da velocidade de remolhamento para o caso B
- INTERP - interpolação da velocidade de remolhamento para o caso A
- MAJOR - programa principal
- MONTA - faz a montagem da matriz A (do capítulo III)
- PETER 1 - cálculo do perfil de temperaturas do refrigerante
- PLOTT - faz os gráficos requisitados pela sub-rotina GRAFIC
- QUALID - cálculo do perfil do título da mistura
- SISTEM - coordena o cálculo, a montagem e a inversão da matriz A (do capítulo III)
- TECHF - cálculo da temperatura de fluxo crítico
- TEMIN - cálculo da temperatura de remolhamento

TEST - testa à convergência do método utilizado para inversão da matriz

- variáveis

A - Matriz A (do capítulo III)

ABSORV - absorvidade da parede

AKF - condutividade térmica do líquido

AKG - condutividade térmica do vapor

AKL - condutividade térmica do líquido de entrada

AKW - condutividade térmica da parede

AMIF - viscosidade dinâmica do líquido

AMIG - viscosidade dinâmica do vapor

AMIL - viscosidade dinâmica do líquido na entrada

AREA - área de escoamento

BETA - coeficiente de expansão térmica

POLTSM - constante de Poltsm

CAFG - valor latente de vaporização

CHF - fluxo crítico de calor

CPF - calor específico do líquido

CPG - calor específico do vapor

CPW - calor específico da parede

CTC - coeficiente de transferência de calor

DF - diâmetro da barra

DH - diâmetro equivalente do canal

DR - incremento espacial radial

DZ - incremento espacial axial

EMISSI -

FC - fluxo de calor

FMIN - fluxo na frente de remolhamento

G - aceleração da gravidade

GL - velocidade mássica na entrada

H - comprimento da frente de remolhamento

M	- número de nós radiais
N	- número de nós axiais
NCHF	- número de nós axiais correspondente ao comprimento da frente de remolhamento ao fluxo crítico de calor
NH	- número de nós axiais correspondente a região de remolhamento
PRF	- número de Prandtl do líquido
PRG	- número de Prandtl do vapor
PRL	- número de Prandtl do líquido de entrada
PRW	- número de Prandtl à temperatura da parede
QL	- vazão volumétrica na entrada
R	- vetor raio
RE	- raio externo do encamisamento
RI	- raio interno do encamisamento
ROF	- densidade específica do líquido
ROG	- densidade específica do vapor
ROL	- densidade específica do líquido na entrada
ROW	- densidade específica da parede
S	- vetor S (do capítulo III)
ST	- tensão superficial no líquido
T	- vetor temperaturas (do capítulo III)
TR	- temperatura do contorno inferior
TCHF	- temperatura de fluxo crítico de calor
TIT	- título da mistura
TL	- temperatura de entrada do líquido
TNE	- temperatura de micro de ebulição nucleada
TP	- temperatura da superfície externa da parede
TQP	- temperatura de remolhamento
TR	- temperatura do refrigerante
TSAT	- temperatura de saturação
TU	- temperatura do contorno superior

- TV - temperatura do vapor
- V - velocidade de remolhamento
- VA1 - vetor da diagonal da matriz A (do capítulo III)
- VA2 - vetor da diagonal da matriz A (do capítulo III)
- VB1 - vetor da diagonal da matriz A (do capítulo III)
- VB2 - vetor da diagonal da matriz A (do capítulo III)
- VC - vetor da diagonal da matriz A (do capítulo III)
- VL - velocidade do líquido na entrada.

As figuras A.1 / .2 / .3 mostram de maneira simplificada o diagrama de bloco do programa REMOLHA. Achou-se necessário, apenas a apresentação do método iterativo para o caso A, já que o modelo B é semelhante.

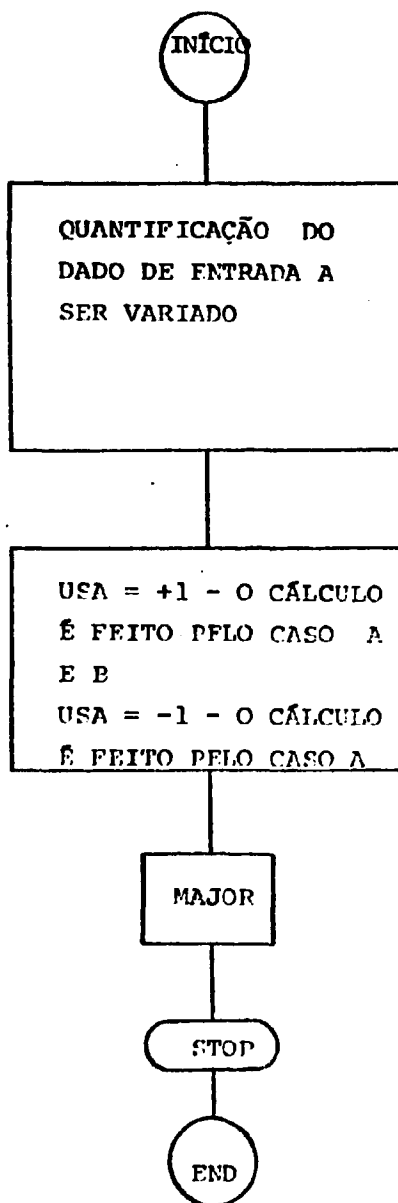


Figura A.1 - Diagrama do programa principal

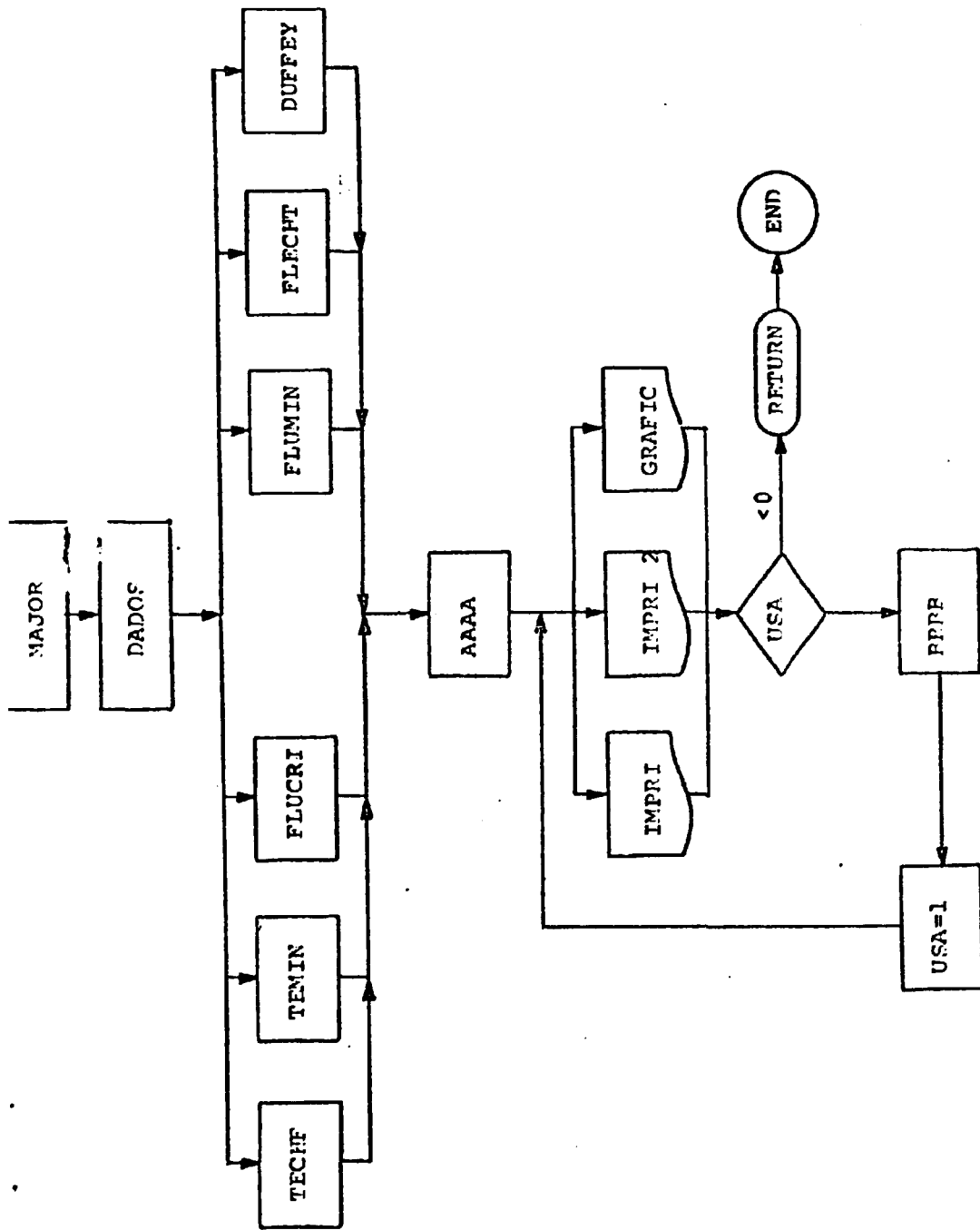


Figura A.2 - Diagrama da sub-rotina MAJOR

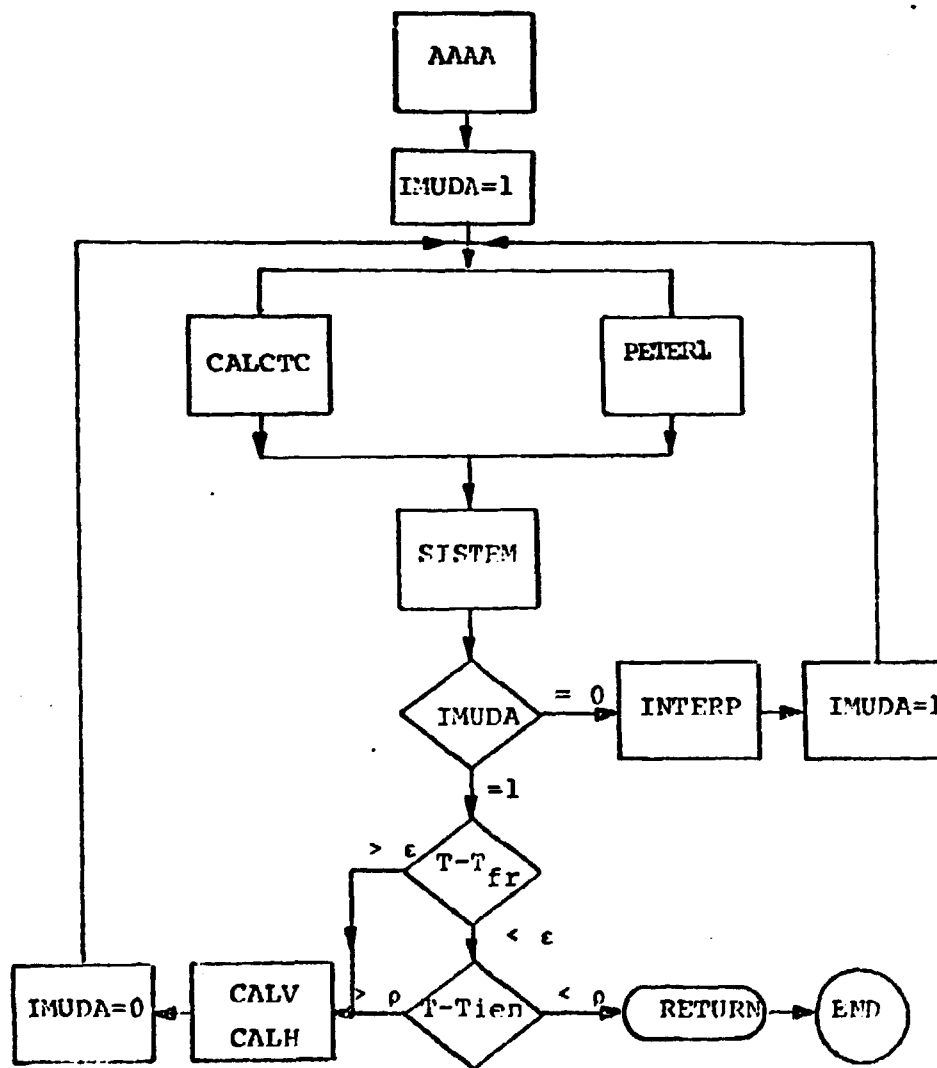


Figura A.3 - Diagrama da sub-rotina AAAA

A.2 - Listagem do Programa

```

C          *****
C          ***** P R O G R A M A  -  R E P L C I A  *****
C          *****
C
C          ESTE CDDIGO FAZ PARTE DA DISSERTACAO DE MESTRADO, CUJO TEMA E:
C          SIMULACAO NUMERICA DO FENOMENO DE REPLENIMENTO DE UM ELEMENTO DE
C          COMBUSTIVEL.
C
C          AUTOR: FRANCISCO ANTONIO BRAZ FILHO
C
C          PROGRAMA PRINCIPAL
C
C          ESTE PROGRAMA SERA USADO PARA ANALISAR O REPLENIMENTO DE UMA
C          CAMARA DE COMBUSTIVEL, CALCULANDO O PERFIL DE TEMPERATURAS, COEFICIENTE
C          DE TRANSFERENCIA DE CALOR, VELOCIDADE DE REPLENIMENTO E O
C          COMPRIMENTO DA FRENTE DE RESFRIAMENTO.
C
C          IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
C          LSA=+1
C          CALL MAJOR
C          STOP
C          END
C
C          SLENCUTINE AAAA
C
C          *****
C          ***** MCDELO DE TRES ZONAS *****
C          *****
C
C          ESTE PROGRAMA USA PARA INVERSAO DA MATRIZ UMA
C          SUBROTINA DA HAWKELL PARA MATRIZ ESPARSAS(MA28A/MA28C).
C
C          CONSIDERAMOS NESTE PROGRAMA UM PERFIL LINEAR DA TEMPERATURA
C          NA REGIAO SUBRESFRIADA E SUPERAQUECIDA E UM PERFIL CONSTANTE
C          EM CADA ZONA DE TRANSFERENCIA DE CALOR.
C
C          IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
C          COMMON /NETUNC/ ABSORV,EMISSI,BOLTSM
C          COMMON /CLIMFC/ T(1444),S(1444)
C          COMMON /AP/ VB1(1444),VB2(1444),VC(1444),VA1(1444),VA2(1444),R(11)
C          COMMON /TRGIA/ TA,VA,HA
C          COMMON /SCL/ TSAT,RCF,RCG,CAFG,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG,
C          *          AMIG,AMIF,PRF,PRG
C          COMMON /JLPTER/ TCHF,TNG,TQF,CPF,FMIN,XPNT
C          COMMON /MAKTE/ TP(288),TA(288),CTG(288),A,P,NH,NCHF,CC,CN,FC(288)
C          COMMON /VENLS/ PRH,AKH,CPH,RUH
C          COMMON /LLA/ G,TIT(288),DETA
C          COMMON /PLLTAC/ CH,Cb,RI,RE,AREA
C          COMMON /MEKLR/ VL,wL,RCL,GL,APIL,TL,PRL,AKL
C          COMMON /ZEUS/ V,H
    
```

```

00000010
00000020
00000030
00000040
00000050
00000060
00000070
00000080
00000090
00000100
00000110
00000120
00000130
00000140
00000150
00000160
00000170
00000180
00000190
00000200
00000210
00000220
00000230
00000240
00000250
00000260
00000270
00000280
00000290
00000300
00000310
00000320
00000330
00000340
00000350
00000360
00000370
00000380
00000390
00000400
00000410
00000420
00000430
00000440
00000450
00000460
00000470
00000480
00000490
00000500
00000510
00000520
00000530
00000540
00000550
00000560
00000570
00000580
00000590
00000600
00000610
00000620
00000630
    
```


C
L
C

```

SUBROUTINE CALA1
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
  COMMON /VENUS/ P,N,AK,K,CP,M,RCM
  COMMON /ZELS/ V,M
  COMMON /MARTE/ TP(255),TR(255),CTC(255),N,P,NM,NCHF,CC,CH,FC(255)
  COMMON /AP/ VE1(144),VD2(144),VC(144),VA1(144),VA2(144),R(11)
  COMMON /THOR/ DZ,DR,USA,IRA
  COMMON /PLUTAC/ CH,DB,RJ,RE,AREA
  R(1)=M1
  P1=P-1
  DO 10 I=1,M1
    R(I+1)=R(I)+CR
  10 CONTINUE
  K=P+N-M+1
  L=1
  DO 20 J=1,M1
    L=L+1
    VA1(J)=(1+R(L-1))/R(L)/((DR**2)*2)
  20 CONTINUE
  DO 30 J1=P,K,M
    I1=J1+1
    I2=J1-M-1
    L=1
    VA1(J1)=0.0
    DO 40 J2=I1,I2
      L=L+1
      VA1(J2)=(1+R(L-1))/R(L)/((DR**2)*2)
  40 CONTINUE
  30 RETURN
  END

```

00001900
00001910
00001920
00001930
00001940
00001950
00001960
00001970
00001980
00001990
00002000
00002010
00002020
00002030
00002040
00002050
00002060
00002070
00002080
00002090
00002100
00002110
00002120
00002130
00002140
00002150
00002160
00002170
00002180
00002190
00002200
00002210
00002220

L
C

```

SUBROUTINE CALA2
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
  COMMON /VENUS/ P,N,AK,K,CP,M,RCM
  COMMON /ZELS/ V,M
  COMMON /MARTE/ TP(255),TR(255),CTC(255),N,P,NM,NCHF,CC,CH,FC(255)
  COMMON /AP/ VE1(144),VD2(144),VC(144),VA1(144),VA2(144),R(11)
  COMMON /THOR/ DZ,DR,USA,IRA
  COMMON /PLUTAC/ CH,DB,RJ,RE,AREA
  K=P+N-M+1
  DO 10 I=1,K,M
    VA2(I)=2/(CH**2)
    L=1
    I1=I+1
    I2=I-P-2
    DO 20 J1=I1,I2
      L=L+1
      VA2(J1)=(1+R(L+1))/R(L)/((DR**2)*2)
  20 CONTINUE
  I3=I+P-1
  IF(I3-K)30,10,10
  30 VA2(I3)=0.0
  10 CONTINUE
  RETURN
  END

```

00002230
00002240
00002250
00002260
00002270
00002280
00002290
00002300
00002310
00002320
00002330
00002340
00002350
00002360
00002370
00002380
00002390
00002400
00002410
00002420
00002430
00002440
00002450
00002460
00002470
00002480

C
C

```

SUBROUTINE CALB1
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)

```

00002490
00002500
00002510
00002520

```

CEPPCN /VENLS/ PKh,AKh,CPH,RCh          00002530
CEPPCN /MARTE/ TP(288),TR(288),CTC(288),N,M,Nh,NChF,CC,CN,FC(288) 00002540
CEPPCN /ZELS/ V,M                          00002550
CEPPCN /AP/ VB1(1444),VB2(1444),VC(1444),VA1(1444),VA2(1444),R(11) 00002560
CEPPCN /THCR/ CZ,DR,USA,IKA              00002570
EV1=1/(DZ**2)-((RCh*CPH*V)/(2*AKh*CZ))    00002580
K=M*(N-1)                                  00002590
CC 10 I=1,K                                00002600
VB1(I)=EV1                                  00002610
10 CONTINUE                                 00002620
RETURN                                       00002630
END                                          00002640

```

C
C

```

SUBROUTINE CALU2
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
CEPPCN /VENLS/ PKh,AKh,CPH,RCh          00002650
CEPPCN /ZELS/ V,M                          00002660
CEPPCN /MARTE/ TP(288),TR(288),CTC(288),N,M,Nh,NChF,CC,CN,FC(288) 00002670
CEPPCN /AP/ VB1(1444),VB2(1444),VC(1444),VA1(1444),VA2(1444),R(11) 00002680
CEPPCN /THCR/ CZ,DR,USA,IKA              00002690
EV2=1/(DZ**2)+((RCh*CPH*V)/(2*AKh*CZ))    00002700
K=M*(N-1)                                  00002710
CC 10 I=1,K                                00002720
VB2(I)=EV2                                  00002730
10 CONTINUE                                 00002740
RETURN                                       00002750
END                                          00002760

```

C
C

```

SUBROUTINE CALC
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
CEPPCN /VENLS/ PKh,AKh,CPH,RCh          00002770
CEPPCN /ZELS/ V,M                          00002780
CEPPCN /MARTE/ TP(288),TR(288),CTC(288),N,M,Nh,NChF,CC,CN,FC(288) 00002790
CEPPCN /AP/ VB1(1444),VB2(1444),VC(1444),VA1(1444),VA2(1444),R(11) 00002800
CEPPCN /THCR/ CZ,DR,USA,IKA              00002810
CEPPCN /PLUTAD/ CH,DB,RI,RE,AREA         00002820
LL=C                                        00002830
K=N*M-M+1                                  00002840
CC 10 I=1,K,M                              00002850
L=1                                        00002860
VC(I)=-2/(DZ**2)-2/(DR**2)               00002870
J1=I+1                                     00002880
J2=I+M-2                                   00002890
CC 20 J=J1,J2                              00002900
L=L+1                                       00002910
VC(I,J)=(1+(R(L-1)/R(L))-(1+(R(L+1)/R(L))))/((DR**2)*2)-2/(DZ**2) 00002920
20 CONTINUE                                 00002930
J3=I+M-1                                   00002940
L=L+1                                       00002950
LL=LL+1                                     00002960
VC(I,J3)=(1+(R(L-1)/R(L)))/((DR**2)*2)-2*CTC(LL)/(DR*AKh)-2/(DZ**2) 00002970
10 CONTINUE                                 00002980
RETURN                                       00002990
END                                          00003000

```

C
C

```

SUBROUTINE CALCTC
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
CEPPCN /ICARC/ CTCL,CTCS,CTCV           00003010
CEPPCN /SUL/ TSAT,ROF,ROG,CAFG,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG, 00003020

```



```

CCPPCN /PLLTAC/ CH,Cd,RI,RE,AREA
CCPPCN /GLIMPC/ T(1444),S(1444)
CCPPCN /IPIS/ TV,TU,TB
CCPPCN /MERCEN/ VL,CL,NCL,UL,APIL,TL,PRL,AKL
I=1
K=P+A
P1=P+1
P2=P-1
K1=K-2*P+1
K2=K-M+1
K3=K-1
CC 10 J=1,M2
S(I)=-((1/ICZ**2)-((ROW*CPH*V)/(2*AKH*CZ)))*TB
1C CONTINUE
PAR=(2*CTC(I)/(DR*AKH))*TR(I)
S(I)=-((1/ICZ**2)-((ROW*CPH*V)/(2*AKH*CZ)))*TB-PAR
I=I+1
CC 20 J1=P1,K1,M
P2=J1+M-2
CC 30 J2=J1,P3
S(I)=0.0
30 CONTINUE
IF(IJ1+M-1)-(K*3/4-M*NH))40,5C,5C
4C S(IJ1+M-1)=-((2*CTC(I)/(DR*AKH))*TR(I)
I=I+1
CC 7C 20
5C IF(IJ1+M-1)-(K*3/4))60,60,70
60 S(IJ1+M-1)=-((2*CTC(I)/(DR*AKH))*TR(I)
I=I+1
CC 70 20
70 S(IJ1+M-1)=-((2*CTC(I)/(DR*AKH))*TR(I)
I=I+1
20 CONTINUE
CC 80 J3=K2,K3
S(J3)=-((1/ICZ**2)+((ROW*CPH*V)/(2*AKH*CZ)))*TU
80 CONTINUE
S(PAV)=SCMAV+RAV
PARC=(2*CTC(I)/(DR*AKH))*TR(I)
S(K)=-((1/ICZ**2)+((ROW*CPH*V)/(2*AKH*CZ)))*TU-PARC
RETLRN
EAC

C
C
SLEAOUTINE CALT
IMPLICIT REAL*8(A-H,C-Z)
INTEGER*2 ICA, IKN, Iu, IKEEP
CCPPCN /CLIPPC/ T(1444),S(1444)
CCPPCN /BACO/ A(33333),N2,ICN(33333),IAN(33333)
CCPPCN /AP/ VB1(1444),VB2(1444),VC(1444),VA1(1444),VA2(1444),R(1)
CCPPCN /HERPES/ W(1444),Iu(1444,10),IKEEP(1444,5)
CCPPCN /MARTE/ TP(288),TR(288),CTC(268),A,P,NH,NCH,CC,CN,FC(288)
K=P+A
LICH=33333
LIRN=33333
L=1.00-01
CALL MA2BAC(A,N2,A,LICH,IAN,LIRN,ICN,L,IKEEP,Iu,h,IFLAG)
IF(IFLAG)IC,15,10
15 CALL MA2BC(K,A,LICH,ICN,IKEEP,S,h,G)
CC 20 I=1,K
I(I)=S(I)
20 CONTINUE
RETLRN
1C BFI)Z(1e,30)

```

```

000C3780
00003793
00CC3800
000C3810
00003820
0C003830
00003840
000C3850
00003860
00003870
00CC3880
00003890
00003900
00003910
00003920
000C3930
00003940
000C3950
00003960
00003970
00CC3980
000C3990
00004000
00004010
00004020
000C4030
000C4040
00004050
000C4060
00004070
00004080
00004090
00004100
000C4110
00004120
00004130
00004140
00004150
000C4160
00004170
00004180
00004190
00004200
00004210
00004220
00004230
00004240
00004250
00004260
00004270
00004280
000C4290
00004300
00004310
00004320
00004330
00004340
00004350
00004360
00004370
00004380
00004390
00004400

```

```

3C FCFPAT(1H ,10X ,*****ERKCR*****)
WRITE(6,4C)IFLAG
40 FCFPAT(1H ,10X ,*IFLAG=*,13)
RETURN
END
SUBROUTINE CALTEP
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
COMMON /JUPTER/ TCHF,TNB,TGF,CHF,FMIN,XPNT
COMMON /MARTE/ TPI(288),TRI(288),CTC(288),N,M,NH,NCHF,CC,CN,FC(288)
COMMON /CLIMFC/ T(1444),S(1444)
K=PI*N
L=C
DO 10 I=M,K,P
L=L+1
TF(L)=T(I)
10 CONTINUE
J1=1
J=N*3/4
40 IF(TPI(J)-TCHF)20,20,30
30 J=J-1
J1=J1+1
GO TO 40
20 NCHF=J1-1
RETURN
END

```

L
C
C
C
C
L

```

SUBROUTINE CALV
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
COMMON /SCL/ TSAT,RCF,RCG,CAFG,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG,
* APIG,AMIF,PRF,PRG
COMMON /VENUS/ PRW,AKW,CPW,RGW
COMMON /ZELS/ V,H
COMMON /MARTE/ TPI(288),TRI(288),CTC(288),N,P,NH,NCHF,CC,CN,FC(288)
COMMON /THCR/ LZ,DR,USA,IKA
COMMON /PLUTAC/ Dh,Cd,RI,RE,AREA
COMMON /CLIMFC/ T(1444),S(1444)
COMMON /IRIS/ TV,TU,TB
COMMON /MEXCLR/ VL,VL,RCL,GL,APIL,TL,PRL,AKL
COMMON /JUPTER/ TCHF,TNB,TGF,CHF,FMIN,XPNT
PI=(TGF-T(N*N*3/4))/TGF
IF(T(N*N*3/4)-TGF)10,10,20
10 V=(I+PI)*V
IKA=1
RETURN
20 V=(I+PI)*V
IKA=C
RETURN
END

```

L
C

```

SUBROUTINE CCEPIC
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
COMMON /SCL/ TSAT,RCF,RCG,CAFG,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG,
* APIG,AMIF,PRF,PRG
COMMON /JUPTER/ TCHF,TNB,TGF,CHF,FMIN,XPNT
COMMON /MARTE/ TPI(288),TRI(288),CTC(288),N,P,NH,NCHF,CC,CN,FC(288)
COMMON /VENUS/ PRW,AKW,CPW,RGW
COMMON /LLA/ G,TIT(288),BETA
COMMON /PLUTAC/ Dh,Cd,RI,RE,AREA

```

```

CCPPCN /NETLNC/ ABSCHV,EMISSI,ECLTSM
CCPPCN /MERCLR/ VL,VL,NCL,GL,APIL,TL,PRL,AKL
C
C CALCULO DA QUALIDADE
C
C CALL QUALID
C
C SINGLE PHASE LIQUID
C
J=C
REL=GL*DH/APIL
IFIREL=2000.)/10,10,20
10 K1=N*3/4-NH
CC 30 I=1,K1
J=J+1
A1=C.17*AKL*(REL**0.33)*(PRL**C.43)/DH
A2=(PRL/PHH)**C.25
CTFR=TP(1)-TR(1)
IFILTPH)11,11,22
11 A3=C
GC TO 33
22 A3=(10H**3)*(RCL**2)=G*BETA*CTFR/(AMIL**2)**0.1
33 CTC(J)=A1*A2*A3
30 CONTINUE
GC TO 50
20 K1=N*3/4-NH
CC 40 I=1,K1
J=J+1
CTC(J)=0.023*AKL*(REL**C.6)*(FR.**0.4)/DH
40 CONTINUE
C
C CALCULATE BUBLING
C
50 K2=K1+1
K3=N*3/4-NCH+1
CC 140 I2=K2,K3
J=J+1
XLI=(TIT(J)/(1-TIT(J))**0.9)*(RCF/RCC)**0.5*(AMIG/AMIF)**0.1
IF(XLI-0.1)60,00,70
60 FCHEM=1.0
GC TO 80
70 FCHEM=2.35*(XLI+0.213)**0.736)
80 RETP=GL*(1-TIT(J))*DH*(FCHEM**1.25)*10-04/AMIF
IF(RETP->2.5)50,100,100
90 SCHEM=1/(1+0.12*(RETP**1.14))
GC TO 130
100 IF(RETP-70)110,120,120
110 SCHEM=1/(1+0.42*(RETP**C.78))
GC TO 130
120 SCHEM=C.1
C
C CALCULO DA PRESSAO NA PAREDE ATRAVES
C DE CPA CORRELACAO
C
130 F1=151.80-1F(IJ)
P2=C.1150501*(1F(IJ)-151.80)-7.048432
P=(1-C*P1/P2)*10+05
REF=GL*(1-TIT(J))*DH/APIL
CTCSPL=C.C23*AKF*(REF**C.8)*(PHF**0.4)*FCHEM/DH
B1=(AKF**0.75)*(CPF**0.45)*(RCF**C.49)
B2=(17**0.5)*(AMIF**0.24)*(CAF6**0.24)*(RCC**0.24)
B3=B1/B2
B4=1F(IJ)-1SAT

```

```

00005040
00005050
00005060
00005070
00005080
00005090
00005100
00005110
00005120
00005130
00005140
00005150
00005160
00005170
00005180
00005190
00005200
00005210
00005220
00005230
00005240
00005250
00005260
00005270
00005280
00005290
00005300
00005310
00005320
00005330
00005340
00005350
00005360
00005370
00005380
00005390
00005400
00005410
00005420
00005430
00005440
00005450
00005460
00005470
00005480
00005490
00005500
00005510
00005520
00005530
00005540
00005550
00005560
00005570
00005580
00005590
00005600
00005610
00005620
00005630
00005640
00005650
00005660

```



```

      H5=Fh-P
      IF (E5) 200, 200, 210
200 H5=C
      H4=C
210 CTCLAB=0.00122*B3*(H4**0.24)*(E5**0.75)*SCHEN
      CTCIJ)=CTCSPL+CTCNB
140 CONTINUE
C
C TRANSITION BOILING
C
      K4=K3+1
      K5=N*3/4
      DC 150 I3=K4,K5
      J=J+1
      CTCIJ)=CHF*((TPIJ)/TCHF)**XPNT)/(TPIJ)-TSAT)
150 CONTINUE
C
C INVERTED ANNULAR FILM BOILING
C
      ALFP=3.1416*DB
      C1=0.0175M/(1/EMISSI+1/ABSCRV-1)
      K6=K5+1
      DC 160 I4=K6,K7
      J=J+1
      DELT=TPIJ)-(TPIJ)+TSAT)/2
      CAFGP=CAFG*(1+C.5*CPG*DELT/CAFG)
      CTCFB=C.62*(G*RCG*(RCF-RCG)*CAFGM*(AKG**3)/(AMIG*DELT*ALAM))**0.250005930
      CTCFAD=C1*(TPIJ)**4-TSAT**4)/DELT
      CTCIJ)=CTCFB+CTCRAD
160 CONTINUE
      RETLRA
      EAC
C
C
C
      SLEFGUTINE CACCS
      IFFLICIT REAL*(A-H,D-Z)
      CAPPEN /ICARC/ CTCL,CTCS,CTCV
      CAPPEN /ZEUS/ V,H
      CAPPEN /SCL/ TSAT,ROF,RCG,CAFG,ST,F,CPF,CPG,AKF,AKG,
      AMIG,AMIF,PRF,PRG
      CAPPEN /MARIE/ TPI(200),TRI(200),CTC(200),N,M,NH,NCHF,CC,CN,FL(200)
      CAPPEN /VENUS/ PRN,AKH,CPh,RCh
      CAPPEN /LUA/ G,TIT(200),BETA
      CAPPEN /PLLITAC/ CH,C0,HI,RE,AREA
      CAPPEN /NETUNC/ ABSERV,EMISSI,EDLTM
      CAPPEN /MERCUR/ VL,GL,RCL,GL,APIL,TL,PRL,AKL
      CAPPEN /THOR/ OZ,OR,USA,IKA
      CAPPEN /IRIS/ TV,TL,TB
C
C CCP A TEMPERATURA DE SATURACAO FERREAS COTICAS
C AS PROPRIEDADES DOS FLUIDOS DA TABELA DO COLLIER.
C ESTAS PROPRIEDADES ENCONTRAM-SE NO SISTEMA INTERNACIONAL.
C
      REAC15,10)TSAT,ROF,RCG,ST,CAFG,P
      IC FERPAT(6D11.6)
      REAC15,20)CPF,CPG,AKF,AKG,AMIG,AMIF
      2C FERPAT(6D11.6)
      REAC15,30)PRF,PRG,BETA
      3C FERPAT(6D11.6)
C
C
C
C NUMERO DE PRANDTL A TEMPERATURA DA PARDE
C SERA CONSIDERADO IGUAL AO DO LIQUIDO NA SATURACAO.

```

```

00005570
00005600
00005670
00005700
00005710
00005720
00005730
00005740
00005750
00005760
00005770
00005780
00005790
00005800
00005810
00005820
00005830
00005840
00005850
00005860
00005870
00005880
00005890
00005900
00005910
00005920
00005930
00005940
00005950
00005960
00005970
00005980
00005990
00006000
00006010
00006020
00006030
00006040
00006050
00006060
00006070
00006080
00006090
00006100
00006110
00006120
00006130
00006140
00006150
00006160
00006170
00006180
00006190
00006200
00006210
00006220
00006230
00006240
00006250
00006260
00006270
00006280
00006290

```

```

C          FFM=PMF                                00006300
L          CACC DE GEOMETRIA                      00006310
C          REAC(15,40)CE,AREA,RI,RE              00006320
C          40 FCFPAT(4011.6)                      00006330
L          CACC DOS NOS E DO COMPRIMENTO DA FRENTE DE RESFRIAMENTO 00006340
C          E DO COMPRIMENTO FCI COTICO DA FORMULA DE SUN ET AL. 00006350
L          REAC(15,45)A,P,F                        00006360
C          45 FCFPAT(4511.6)                      00006370
L          CACC DE IRRADIACAO                     00006380
C          REAC(15,50)A,SCRV,EMISSI,BOLTSM       00006390
C          50 FCFPAT(5011.6)                      00006400
L          GRAVIDADE                               00006410
C          REAC(15,60)G                            00006420
C          60 FCFPAT(6011.6)                      00006430
L          PROPRIEDADES DE ENTRADA DO LIQUIDO    00006440
C          REAC(15,70)RCL,AMIL,TL,PRL,AKL,VL     00006450
C          70 FCFPAT(7011.6)                      00006460
C          GL=RCL*VL                               00006470
C          CL=VL*AREA                              00006480
L          INCREMENTO DELTAZ E DELTAR            00006490
C          REAC(15,80)DZ,DR                        00006500
C          80 FCFPAT(8011.6)                      00006510
L          TEMPERATURAS DE ENTORNO              00006520
C          REAC(15,90)TU                           00006530
C          90 FCFPAT(9011.6)                      00006540
C          TV=(TSAT+TU)/2                          00006550
C          TE=1L*2                                 00006560
L          CALCULO DE NH                          00006570
C          AF=F/DZ                                 00006580
L          PROPRIEDADES MEDIAS DO CLAD (ACC INCX) FCFRAM 00006590
C          COTICAS DO FARMER E CONEY              00006600
C          CFN=477+0.18*((TU+TB)/2)               00006610
C          AKN=14.7+C.013*((TU+TB)/2)             00006620
C          RCN=7580-0.4000*((TU+TB)/2)           00006630
L          END OF DATA                            00006640
L          RETLRN                                  00006650
L          END                                      00006660
L          00006670
L          00006680
L          00006690
L          00006700
L          00006710
L          00006720
L          00006730
L          00006740
L          00006750
L          00006760
L          00006770
L          00006780
L          00006790
L          00006800
L          00006810
L          00006820
L          00006830
L          00006840
L          00006850
L          00006860
L          00006870
L          00006880
L          00006890
L          00006900
L          00006910
L          00006920

```

```

L
SUBROUTINE CUFFEY
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-W)
  CCPPCN /MARTE/ TP(288),TR(288),CTC(288),N,M,NH,NCHF,CC,CN,FC(288)
  CCPPCN /VENUS/ PRN,AKN,CPN,RDN
  CCPPCN /PLUTAC/ DH,CB,RI,RE,AREA
  CCPPCN /MERCUR/ VL,CL,RCL,GL,APIL,TL,PRL,AKL
  CCPPCN /SCL/ TSAT,RCF,RCG,CAPG,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG,
  *   AMIG,AMIF,PRF,PRG
  CCPPCN /ZEUS/ V,H
  CCPPCN /IRIS/ TV,TU,TB

  TPINDU=220
  X1=VL*AREA*(RE-RI)*RCL*1.0E+05
  X2=3.1416*DE*AKN
  X3=(TPINDU-TSAT)/(TU-TMINDU)
  X=X1/X2
  IF(X-C.25)10,10,20
10 VA=X*X3*(X**C.5)
  V=VA*AKN/((RE-RI)*RCN*CPN)
  CC=E.74C+04
  CA=C.67EC7C
  I=1
  GC 10 3C
20 VA=X*X3*X
  V=V*AKN/((RE-RI)*RCN*CPN)
  CC=4.5244D+C5
  CA=1.2E9E6E6E
  I=2
30 WRITE(6,4C)
40 FORMAT(1H,5X,'VELCCLDACE PCR CUFFEY')
  WRITE(6,6C)1
60 FORMAT(1H,5X,'FOI USADO O AJLSTE ',12,/)
  WRITE(6,50)V
50 FORMAT(1H,10X,'V=',D11.6,/////////)
  RETURN
  END

L
L
L
SUBROUTINE FCALOR
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
  CCPPCN /MARTE/ TP(288),TR(288),CTC(288),N,M,NH,NCHF,CC,CN,FC(288)
  CC IC I=1,N
  FC(I)=CTC(I)*(TP(I)-TR(I))
10 CONTINUE
  RETURN
  END

L
L
L
L
SUBROUTINE FLECHT
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-W)
  CCPPCN /PLUTAC/ DH,CB,RI,RE,AREA
  CCPPCN /SCL/ TSAT,RCF,RCG,CAPG,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG,
  *   AMIG,AMIF,PRF,PRG
  CCPPCN /IRIS/ TV,TU,TB
  CCPPCN /JUPITER/ TCHF,TNB,TQF,CHF,FPIN,XPNT
  CCPPCN /MERCUR/ VL,CL,RCL,GL,APIL,TL,PRL,AKL

  FI=17CC

```

```

00006930
00006940
00006950
00006960
00006970
00006980
00006990
00007000
00007010
00007020
00007030
00007040
00007050
00007060
00007070
00007080
00007090
00007100
00007110
00007120
00007130
00007140
00007150
00007160
00007170
00007180
00007190
00007200
00007210
00007220
00007230
00007240
00007250
00007260
00007270
00007280
00007290
00007300
00007310
00007320
00007330
00007340
00007350
00007360
00007370
00007380
00007390
00007400
00007410
00007420
00007430
00007440
00007450
00007460
00007470
00007480
00007490
00007500
00007510
00007520
00007530
00007540
00007550

```



```

WRITE(C,200)TCHF,TNB,TGF,CHF,FMIN
200 FCMPAT(IIM),EX,'TCHF=',F6.1,EX,'GNALS CENTIGRACCS',
* //,EX,'TNB =',F6.1,EX,'GRAUS CENTIGRACCS',
* //,EX,'TGF =',F6.1,EX,'GNALS CENTIGRACCS',
* //,EX,'CHF =',D11.6,3X,'N/M*2',
* //,EX,'FMIN=',D11.6,3X,'N/P*2',////)
WRITE(C,200)
200 FCMPAT(IIM),EX,'TP =TEMPERATURA LA PAREDE(GRAUS CENTIGRACCS)',
* //,EX,'CTC=COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR(W/M2/C)',
* //,EX,'CTC=COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR(W/M2/C)',//)
WRITE(C,100)(I,TP(I),CTC(I),FC(I)),I=1,N)
100 FCMPAT(IIM),ICX,I,EX,'TP=',F6.1,3X,'CTC=',D11.6,3X,'FC=',D11.6)
RETURN
END

```

L
L
L

```

SUBROUTINE INTER
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-W)
COMMON /SCL/ TSAT,RUF,ROG,CAFG,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG,
* AMIG,AMIF,PRF,PRG
COMMON /VENUS/ PRN,AKN,CPN,RDN
COMMON /JUPITER/ TCHF,TNB,TGF,CHF,FMIN,XPNT
COMMON /ZELS/ V,H
COMMON /MARTE/ TP(288),TR(288),CTC(288),N,M,NH,NCHF,CC,CN,FC(288)
COMMON /THER/ CZ,DR,USA,IKA
COMMON /PLUT/ CH,CD,RI,RE,AREA
COMMON /CLIPFC/ T(1444),S(1444)
COMMON /MIRIS/ TV,TU,TB
COMMON /MERCUR/ VL,CL,RCL,GL,APIL,TL,PRL,AKL
COMMON /TRCIA/ TA,VA,HA
IF(ABS(TA-T(M*N*3/4))-0.0001)10,10,20
10 V=(V+VA)/2
H=(H+HA)/2
RETURN
20 IF(T(M*N*3/4)-TGF)100,100,110
110 IF(IKAN)120,120,130
120 V=VA-((TA-TGF)/(TA-T(M*N*3/4)))*(VA-V)
RETURN
130 V=VA+((TGF-TA)/(T(M*N*3/4)-TA))*(VA-V)
RETURN
140 IF(IKAN)140,140,150
140 V=V+((TGF-T(M*N*3/4))/(TA-T(M*N*3/4)))*(VA-V)
RETURN
150 V=VA+((TGF-TA)/(T(M*N*3/4)-TA))*(VA-V)
RETURN
END

```

L
L

```

SUBROUTINE INTERP
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-W)
COMMON /SCL/ TSAT,RCF,ROG,CAFG,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG,
* AMIG,AMIF,PRF,PRG
COMMON /VENUS/ PRN,AKN,CPN,RDN
COMMON /JUPITER/ TCHF,TNB,TGF,CHF,FMIN,XPNT
COMMON /ZELS/ V,H
COMMON /MARTE/ TP(288),TR(288),CTC(288),N,M,NH,NCHF,CC,CN,FC(288)
COMMON /THER/ CZ,DR,USA,IKA
COMMON /PLUT/ CH,CD,RI,RE,AREA
COMMON /CLIPFC/ T(1444),S(1444)
COMMON /MIRIS/ TV,TL,TB
COMMON /MERCUR/ VL,CL,RCL,GL,APIL,TL,PRL,AKL
COMMON /TRCIA/ TA,VA,HA

```

	IF ICAES (TA-T(M*N*3/4))-C.CCC))IC,IC,ZC	0000450
10C	V=(V+VA)/2	0000540
	F=(F+FA)/2	0000570
	ZIF1=F/CZ	0000590
	NF=IFIX(ZIF1)	0000590
	F=NF*CF	0000590
	RETLRN	0000590
20	IF (T(M*N*3/4)-TQF)IC0,IC0,11C	0000590
11C	IF (I(A)I20,I20,130	0000590
12C	V=VA-((TA-TCF)/(TA-T(M*N*3/4)))*(VA-V)	0000590
	F=(F+FA)/2	0000590
	ZIF1=F/CZ	0000590
	NF=IFIX(ZIF1)	0000590
	F=NF*CF	0000590
	RETLRN	0000590
130	V=VA+((TQF-TA)/(T(M*N*3/4)-TA))*(V-VA)	0000600
	F=(F+FA)/2	0000610
	ZIF1=F/DZ	0000620
	NF=IFIX(ZIF1)	0000630
	F=NF*DZ	0000640
	RETLRN	0000650
140	IF (I(A)I40,140,150	0000660
14C	V=V+((TCF-T(M*N*3/4))/(TA-T(M*N*3/4)))*(VA-V)	0000670
	F=(F+FA)/2	0000680
	ZIF1=F/CZ	0000690
	NF=IFIX(ZIF1)	0000700
	F=NF*CF	0000710
	RETLRN	0000720
150	V=VA+((TQF-TA)/(T(M*N*3/4)-TA))*(V-VA)	0000730
	F=(F+FA)/2	0000740
	ZIF1=F/DZ	0000750
	NF=IFIX(ZIF1)	0000760
	F=NF*DZ	0000770
	RETLRN	0000780
	ENC	0000790
C		0000800
C		0000810
C		0000820
	SUBROUTINE PAJCR	0000830
	IMPLICIT REAL*8(A-H,O-n)	0000840
	COMMON /SCL/ TSAT,RCF,ROG,CAFC,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG,	0000850
	APIG,AMIF,FRF,FRG	0000860
	COMMON /JUPTER/ TChF,TNG,TQF,CFF,FMIN,XPNT	0000870
	COMMON /MARTE/ TP(200),TX(200),CTC(200),N,M,NF,NCHF,CC,CN,FC(200)	0000880
	COMMON /VENUS/ PRn,AKn,CPn,RCn	0000890
	COMMON /LLA/ G,TIT(200),BETA	0000900
	COMMON /PLLTAC/ CH,UB,RI,RE,AFEA	0000910
	COMMON /NETLAC/ ABSORV,EMISSI,ECLTSM	0000920
	COMMON /MERCUR/ VL,CL,RCL,GL,APIL,TL,PRL,AKL	0000930
	COMMON /ZEUS/ V,H	0000940
	COMMON /CLIPFC/ T(1444),S(1444)	0000950
	COMMON /IRIS/ TV,TL,TB	0000960
	COMMON /TCCR/ CZ,DR,USA,KA	0000970
	COMMON /ICARC/ CTCL,CTCS,CTCV	0000980
C		0000990
C		00010000
	CALL DADOS	00010010
C		00010020
C		00010030
	CALL TECHF	00010040
C		00010050
C		00010060
	CALL TEMIN	00010070

C		CCCCC60
L		0001C090
	CALL FLUCH1	00010100
L		C001C110
C		C0010120
	CALL FLUMIN	00010130
L		CC01C140
C		00010150
	CALL FLECHT	00010160
L		C0010170
L		00010180
	CALL ELFFEY	C0010190
C		00010200
C		00010210
	CALL AAAA	C001C220
C		00010230
	IF (ILSA) 110, 110, 120	00010240
120	TAE=TSAT+1	00010250
	IT=C	00010260
	IPLEA=1	C0010270
C		00010280
C		00010290
	30 CALL BBBB	C0010300
C		00010310
L		00010320
	IF (IMUCA) 50, 50, 60	00010330
60	HA=F	00010340
	IT=IT+1	C001C350
	IF (IT-9) 60, 40, 10	C0010360
40	IF (IT-4) 20, 20, 25	00010370
25	CT=(ABS(TIM*N*2/4-M*NH)-TNB)	00010380
	IF (CT-1.0) 10, 10, 20	00010390
C		CCCCG400
L		00010410
	20 CALL CALH	00010420
	IPLEA=C	C0010430
	CC TC 30	00010440
10	WRITE(6,90)	C0010450
90	FCRPAI(IH, IIX, '**CALCULO USANDO O PERFIL RECOMENDADO DE CTC**')	00010460
	WRITE(6,70)	00010470
70	FCRPAI(IH, //, 5X, 'NUMERO DE ITERACCES')	00010480
	WRITE(6,80) IT	C0010490
60	FCRPAI(IH, IIX, 'IT=', J2)	00010500
	CALL CALTEP	CC01C510
	CALL IMPR1	00010520
	CALL FCALCR	00010530
	CALL IMPR2	C0010540
	CALL GRAFIC	00010550
110	RETURN	C001C560
50	F=(F+FA)/2	00010570
	ZIF=F/DZ	00010580
	AF=IFIX(ZIF)	0001C590
	F=AF*EZ	00010600
	IPLEA=1	00010610
	CC TC 30	C001C620
	EAC	00010630
C		00010640
C		00010650
C		00010660
	STOP/TIME MCNTA	CC01C670
	IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)	00010680
	INTEGER*2 ICA, IMA	00010690
		CC01C700


```

CCPPCN /BACC/ A(33333),N2,ICN(33333),IFN(33333) 00010710
CCPPCN /AF/ VE1(1444),VE2(1444),VC(1444),VA1(1444),VA2(1444),R(11)GC01C720
CCPPCN /MARTE/ TP(288),TR(288),CTC(288),N,P,NF,NCF,CC,CA,FC(288) 00010730
I=C 0001C740
K)=P*N 00010750
CC 10 I1=I,K1 00010760
I=I+1 0001C770
A(I)=VC(I1) 00010760
IFN(I)=I1 00010790
ICN(I)=I1 0001C300
10 CONTINUE 00010810
I1=C 0001C820
K2=2*P*N-1 00010830
K2=P*N+1 00010840
CC 20 I2=K2,K3 0001C850
I1=I1+1 00010860
IF(VA1(I1))25,20,25 00010870
25 I=I+1 00010890
A(I)=VA1(I1) 00010890
IFN(I)=I1 0001C900
ICN(I)=I1+1 0001C910
20 CONTINUE 00010920
I2=C 0001C930
K4=2*P*N-1+1 00010940
K5=2*P*N-2 00010950
CC 30 I3=K4,K5 0001C960
I2=I2+1 00010970
IF(VA2(I2))25,30,35 00010980
35 I=I+1 0001C990
A(I)=VA2(I2) 00011000
IFN(I)=I2+1 00011010
ICN(I)=I2 00011020
30 CONTINUE 00011030
I3=C 00011040
K6=2*P*N-2+1 00011050
K7=2*P*N-2+P*(A-1) 00011060
CC 40 I4=K6,K7 00011070
I3=I3+1 00011080
I=I+1 00011090
A(I)=VB1(I3) 00011100
IFN(I)=I3 00011110
ICN(I)=I3*P 00011120
40 CONTINUE 00011130
I4=C 00011140
K8=2*P*N-2+P*(N-1)+1 00011150
K5=2*P*N-2+P*(N-1)*2 00011160
CC 50 I5=K8,K5 00011170
I4=I4+1 00011180
I=I+1 00011190
A(I)=VB2(I4) 00011200
IFN(I)=I4*P 00011210
ICN(I)=I4 00011220
50 CONTINUE 00011230
N2=I 00011240
RETLRA 00011250
ENC 00011260
C 00011270
C 00011280
SUBROUTINE PETER1 00011290
  IMPLICIT REAL*(A-H,C-Z) 00011300
  CCPPCN /SCL/ TSAT,RCF,RDG,CAFG,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG, 00011310
  AP)G,AP)F,PRF,PRE 00011320
  CCPPCN /MARTE/ TP(288),TR(288),CTC(288),N,P,NF,NCF,CC,CA,FC(288) 00011330

```



```

> IF IPP .GT. 0 .AND. MP .LT. 3) GO TO 6
PP = 1
WRITE (6,82) IIMP, MM
6 IF (LL .GT. C .AND. LL .LT. 4) GO TO 7
LL = 1
WRITE (6,82) IILL, LL
7 CONTINUE
CC 5 I = 1, JACRSS, 5
ECFCER(I) = LBCR(1)
ECFCER(I+1) = LBCR(2)
ECFCER(I+2) = LBCR(3)
ECFCER(I+3) = LBCR(4)
ECFCER(I+4) = LBCR(5)
8 CC 10 I = 1, JACRSS
CC 10 J = 1, NLS
10 AREA(I, J) = BLANK
ACL1 = ACL+1
ACLF = ACL1/IC
JNC = ACL1/JSIZE+1
JNP = JND+1
JFS = POC (ACL1, JSIZE)+1
IF (JNP .GT. JACRSS) GO TO 12
CC 11 I = JNP, JACRSS
11 ECFCER(I) = BLANK
12 CC 13 I = JFS, JSIZE
13 ECFCER(JNC) = EORDER(JND).AND.BMASK(I).OR.BLANK.AND.AMASK(I)
GO TO (14,15), PM
14 LX = 1
LY = 2
NX = PX
NY = MY
GO TO 16
15 LX = 2
LY = 1
NX = PY
NY = PX
16 IF (LL .EQ. 1) GO TO 24
ALL = 1
CC 15 I = 1, NF
NEF = NEATA(I)
CC 15 J = 1, NDF
YYY = YY(I, J)
IF (YYY) 16,17,19
17 IF (LL .EQ. 1 .OR. LL .EQ. 3) GO TO 19
18 WRITE (6,83) J, I, YYY
LL = 2
19 CONTINUE
IF (NY .LE. C) GO TO 23
CC 22 I = 1, NY
YLINEG = YLINE(I)
IF (YLINEG) 21,20,22
20 IF (LL .EQ. 1 .OR. LL .EQ. 3) GO TO 22
21 WRITE (6,84) I, YLINEG
LL = 2
22 CONTINUE
23 IF (LLL .EQ. 1) GO TO 24
WRITE (6,85)
WRITE (6,86)
LL = 1
24 ZZ(LX) = XX(I, 1)
ZZ(LY) = YY(I, 1)
XPA = ZZ(1)
XPA = XMAX
00012600
00012610
00012620
00012630
00012640
00012650
00012660
00012670
00012680
00012690
00012700
00012710
00012720
00012730
00012740
00012750
00012760
00012770
00012780
00012790
00012800
00012810
00012820
00012830
00012840
00012850
00012860
00012870
00012880
00012890
00012900
00012910
00012920
00012930
00012940
00012950
00012960
00012970
00012980
00012990
00013000
00013010
00013020
00013030
00013040
00013050
00013060
00013070
00013080
00013090
00013100
00013110
00013120
00013130
00013140
00013150
00013160
00013170
00013180
00013190
00013200
00013210
00013220

```

```

YPA> = ZZ(2)
YPIA = YPAX
CC 25 I = 1, AF
ACF = NCATA(1)
CC 25 J = 1, ACF
ZZ(IX) = XX(I, 1)
ZZ(IY) = YY(I, 1)
>>> = ZZ(1)
YYY = ZZ(2)
XPA> = APAX(XPAX, XXX)
XPIA = AMIN(XPIN, XXX)
25 YPA> = APAX(YPAX, YYY)
YPIA = APIN(YPIN, YYY)
IF (IX .LE. C) GO TO 27
CC 26 J = 1, AX
ZZ(IX) = XLINE(J)
ZZ(IY) = YLINE(J)
XLINEG = ZZ(1)
26 XPA> = AMAX(XPAX, XLINEG)
XPIA = APIN(XPIN, XLINEG)
27 IF (IY .LE. C) GO TO 29
CC 26 J = 1, AY
ZZ(IX) = XLINE(J)
ZZ(IY) = YLINE(J)
YLINEG = ZZ(2)
28 YPA> = AMAX(YPAX, YLINEG)
YPIA = AMIN(YPIN, YLINEG)
29 CC TC (34,3C,32), LL
30 IF (IMH .EQ. 2) GO TO 31
YPIA = ALCG(YMIN)
YPA> = ALCG(YMAX)
CC TO 34
31 XPIA = ALCG(XMIN)
XPA> = ALCG(XMAX)
CC TC 34
32 IF (IPM .EQ. 2) GO TO 33
YMIN = SQRT(YPIN)
YPA> = SQRT(YPAX)
CC TO 34
33 XPIA = SQRT(XPIN)
XPA> = SQRT(XPAX)
34 XCIFX = XPA>-XPIA
YCIFY = YPA>-YMIN
IF (XCIFX .NE. 0.) GO TO 35
XPIA = XMIN-.5*ABS(XMIN)-1.CE-77
XPA> = XMAX+.5*ABS(XMAX)+1.CE-77
XCIFX = XPA>-XPIA
35 IF (YCIFY .NE. 0.) GO TO 36
YPIA = YMIN-.5*ABS(YMIN)-1.CE-77
YPA> = YMAX+.5*ABS(YMAX)+1.CE-77
YCIFY = YPA>-YPIA
36 XSC = (ACL-1.C)/XCIFX
YSC = (ALS-1.C)/YCIFY
IF (ILL .EQ. 1) GO TO 37
IF (IPM .EQ. 2) GO TO 39
37 IF (XPA>*XPIA .GE. 0.0) GO TO 39
J = -XMIN*XSC+JSIZE+1.5
JWCRC = JX/JSIZE
JFCS = MCC (JX, JSIZE)+1
CC 28 J = 1, NLS
38 ARE/(JWCRC, J) = AREA(JWCRC, J),ANC,BMASK(JPOS),CH,UPLINE,AND,AMASO
<R1JFCS)
39 IF (ILL .EQ. 1) GO TO 4C

```

```

00013250
00013260
00013270
00013280
00013290
00013300
00013310
00013320
00013330
00013340
00013350
00013360
00013370
00013380
00013390
00013400
00013410
00013420
00013430
00013440
00013450
00013460
00013470
00013480
00013490
00013500
00013510
00013520
00013530
00013540
00013550
00013560
00013570
00013580
00013590
00013600
00013610
00013620
00013630
00013640
00013650
00013660
00013670
00013680
00013690
00013700
00013710
00013720
00013730
00013740
00013750
00013760
00013770
00013780
00013790
00013800
00013810
00013820
00013830
00013840
00013850

```

```

IF IPP .EQ. 1) GC TC 43
40 IF (YMAX*YMIN .GE. C.C) GC TC 43
JY = -YMIN*YSC+1.5
CC 41 I = 1, JND
41 AREA(I, JY) = CASH
CC 42 I = JFS, JSIZE
42 AREA(JND, JY) = AREA(JND, JY).AND..EMASK(I).CR..BLANK.AND..AMASK(I)
42 IF (IX .LE. C) GO TC 40
CC 47 I = 1, NX
ZZ(LX) = XLINE(I)
ZZ(LY) = YLINE(I)
XLINEG = ZZ(I)
GC TC (40,44,45), LL
44 IF (PM .EQ. 1) GC TC 40
XLINEG = ALCG(XLINEG)
GC TC 40
45 IF (IM .EQ. 1) GO TC 46
XLINEG = SCRT (XLINEG)
46 J = (XLINEG-XMIN)*XSC+JSIZE+1.5
JNCRU = JX/JSIZE
JFCS = MCG (JX, JSIZE)+1
GC 47 J = 1, NLS
47 AREA(JNCRU, J) = AREA(JNCRU, J).AND..BASK(JPCS).CR..UPLINE.AND..AMASK(I)
IN(JFCS)
48 IF (NY .LE. C) GO TC 54
CC 53 J = 1, NY
ZZ(LX) = XLINE(J)
ZZ(LY) = YLINE(J)
YLINEG = ZZ(J)
GC TC (51,45,50), LL
45 IF (PM .EQ. 2) GO TC 51
YLINEG = ALCG(YLINEG)
GC TC 51
50 IF (PM .EQ. 2) GO TC 51
YLINEG = SORT (YLINEG)
51 JY = (YLINEG-YMIN)*YSC+1.5
CC 52 I = 1, JND
52 AREA(I, JY) = CASH
CC 53 I = JFS, JSIZE
53 AREA(JND, JY) = AREA(JND, JY).AND..EMASK(I).CR..BLANK.AND..AMASK(I)
54 CC 61 I = 1, NF
NEF = ACATA(I)
CC 61 J = 1, NDF
ZZ(LX) = XX(J, I)
ZZ(LY) = YY(J, I)
XXX = ZZ(I)
YYY = ZZ(J)
GC TC (54,55,57), LL
55 IF (PM .EQ. 2) GO TO 50
YYY = ALCG(YYY)
GC TO 55
56 XXX = ALCG(XXX)
GC TO 55
57 IF (PM .EQ. 2) GO TO 58
YYY = SCRT (YYY)
GC TO 55
58 XXX = SCRT (XXX)
59 J = (XXX-XMIN)*XSC+JSIZE+1.5
JY = (YYY-YMIN)*YSC+1.5
JNCRU = JX/JSIZE
JFCS = MCG (JX, JSIZE)+1
ITEST = AREA(JNCRU, JY).AND..APASK(JPCS)
ITLGE = EQUAL.AND..APASK(JPCS)

```

```

CC013000
00013970
CC013980
00013990
00013900
00013900
00013920
00013930
00013940
00013950
00013960
00013970
00013980
00013990
00014000
00014010
00014020
00014030
00014040
00014050
00014060
00014070
00014080
00014090
00014100
00014110
00014120
00014130
00014140
00014150
00014160
00014170
00014180
00014190
00014200
00014210
00014220
00014230
00014240
00014250
00014260
00014270
00014280
00014290
00014300
00014310
00014320
00014330
00014340
00014350
00014360
00014370
00014380
00014390
00014400
00014410
00014420
00014430
00014440
00014450
00014460
00014470
00014480

```

	IF (JTEST .EQ. JTUBE) GO TO 41	00014490
	SYN = ISYMBL(1)	00014500
	CC 40 J = 1, NF	00014510
	ITLER = ISYMBL(1).AND.AMASK(JFCS)	00014520
	IF (JTEST .NE. JTUBE) GO TO 40	00014530
	SYN = EQUAL	00014540
40	CONTINUE	00014550
	AREA(IJNDRC, JY) = AREA(IJ*CRD, JY).AND.EMASK(JFCS).CR.SYN.AND.AMAS	00014560
	1(.FCS)	00014570
41	CONTINUE	00014580
	CC 42 J = 1, NLS	00014590
	AREA(I, J) = AREA(I, J).AND.EPASK(1).CR.SIDE.AND.AMASK(1)	00014600
42	AREA(IJND, J) = AREA(IJND, J).AND.EPASK(JPS).CR.SIDE.AND.AMASK(JPS)	00014610
	CC 43 J = 1, NLS	00014620
43	YSCALE(J) = YPIN*(J-1.0)/YSC	00014630
	CC 44 J = 1, NCLP	00014640
44	XSCALE(J) = XPIN*10.0*(J-1.0)/XSC	00014650
	CC 70 (73,65,65), LL	00014660
45	IF (IMP .EQ. 2) GO TO 47	00014670
	CC 46 J = 1, NLS	00014680
	SAVE = YSCALE(J)	00014690
46	YSCALE(J) = EXP (SAVE)	00014700
	CC 70 73	00014710
47	CC 46 J = 1, NCLP	00014720
	SAVE = XSCALE(J)	00014730
48	XSCALE(J) = EXP (SAVE)	00014740
	CC 70 73	00014750
49	IF (IMP .EQ. 2) GO TO 71	00014760
	CC 70 J = 1, NLS	00014770
70	YSCALE(J) = YSCALE(J)*YSCALE(J)	00014780
	CC 70 73	00014790
71	CC 72 J = 1, NCLP	00014800
72	XSCALE(J) = XSCALE(J)*XSCALE(J)	00014810
73	XLIMIT = 1.0/XSC	00014820
	YLIMIT = 1.0/YSC	00014830
	CC 70 (74,76,75), LL	00014840
74	WRITE (6,67) XUNIT, YLIMIT	00014850
	CC 70 77	00014860
75	WRITE (6,68) XUNIT	00014870
	CC 70 77	00014880
76	WRITE (6,65) XUNIT	00014890
77	IF (IMP .EQ. 2) GO TO 75	00014900
	WRITE (6,50) (BCRDER(I), I = 1, JACRSS)	00014910
	NLS1 = NLS+1	00014920
	CC 78 JC = 1, NLS	00014930
	J = NLS1-JC	00014940
78	WRITE (6,51) YSCALE(J), (AREA(I,J), I=1, JACRSS)	00014950
	WRITE (6,50) (BCRDER(I), I = 1, JACRSS)	00014960
	WRITE (6,52) (XSCALE(J), J = 1, NCLP, 2)	00014970
	WRITE (6,52) (XSCALE(J), J = 2, NCLP, 2)	00014980
	CC 70 61	00014990
79	WRITE (6,52) (XSCALE(J), J = 1, NCLP, 2)	00015000
	WRITE (6,53) (XSCALE(J), J = 2, NCLP, 2)	00015010
	WRITE (6,50) (BCRDER(I), I = 1, JACRSS)	00015020
	CC 80 J = 1, NLS	00015030
80	WRITE (6,51) YSCALE(J), (AREA(I,J), I=1, JACRSS)	00015040
	WRITE (6,50) (BCRDER(I), I = 1, JACRSS)	00015050
81	CC 100 I = 1, NF	00015060
	NCF = NDATA(I)	00015070
	XPI = XX(1,I)	00015080
	XPA = XX(1,I)	00015090
	YPI = YY(1,I)	00015100
	YPA = YY(1,I)	00015110

```

CC 1C1 J = 2,NCF
XPI = AMINI(XPI,XX(J,1))
XPA = APAXI(XPA,XX(J,1))
YPI = AMINI(YPI,YY(J,1))
YPA = APAXI(YPA,YY(J,1))
1C1 1FITE(10,0C1) 1,1SYMDL(1),XPI,XPA,YPI,YPA
1CC RETURN
02 FCRPAT (5X,10)DEFAULT ASSUMICC,5X,A3,14)
02 FCRPAT (5H Y(,13,1h,,12,3F) =,E10.5)
04 FCRPAT (7H YLINE(,12,3F) =,E10.5)
05 FCRPAT (1F ,* GRAFICCS SEMILOG E RAIZ QUADRADA NAC ACEITAM UM3015220
ELEMENTO NEGATIVO E SEMILGO NAC ACEITA UM ELEMENTO ZERO*) 00015230
06 FCRPAT (7F ERROS ENCONTRADOS (LL=1, LINEAR LL=2, SEMI-LOG0015240
1 LL=3, RAIZ QUADRADA)) 00015250
07 FCRPAT ( 0 = INDICA PONTOS COINCIDENTES*, 00015260
1 /,21F UNIDADE HORIZONTAL =,E10.3,15X,1EMUNIDADE VERTICAL =,0C015270
2E10.3) 00015280
08 FCRPAT ( 0 = INDICA PONTOS COINCIDENTES*, 00015290
1 /,21F UNIDADE HORIZONTAL =,E10.3,15X,2FESCALA VERTICAL RAIO0015300
2Z (LACHADA) 00015310
09 FCRPAT ( 0 = INDICA PONTOS COINCIDENTES*, 00015320
1 /,21F UNIDADE HORIZONTAL =,E10.3,15X,23FESCALA VERTICAL SEM0015330
2)100) 00015340
10 FCRPAT (1H ,12X,29A4,A3) 00015350
11 FCRPAT (1F ,E10.3,1X,30A4) 00015360
12 FCRPAT (1H ,bX,E10.3,4X,1F1,5(5X,E10.3,4X,1F1)) 00015370
13 FCRPAT (1F ,bX,6(4X,1H1,5),E10.3)) 00015380
1C0 FCRPAT(1H)) 00015390
1C1 FCRPAT(0 ,12,0-SIMBOLO :0 ,A4,2X,0XMIN =0 ,E14.7,2X,0XMAX =0 ,E14.7 00015400
1,4X,0YMIN =0 ,E14.7,2X,0YMAX =0 ,E14.7) 00015410
END 00015420
C 00015430
C 00015440
00015450
SUBROUTINE CLALID 00015450
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z) 00015460
COMMON /MAITE/ TP(208),TH(208),CTC(208),N,M,NH,NCHF,CC,CN,FL(208) 0015470
COMMON /LLA/ G,TIT(288),BETA 00015480
TIT1=0.0 00015490
TIT2=0.C1 00015500
TIT3=C.6 00015510
C1=(TIT3-TIT2)/(NH-NCHF) 00015520
K1=N*3/4-NH 00015530
CC 10 I=1,K1 00015540
1C TIT(I)=TIT1 00015550
K2=K1+1 00015560
K3=N*3/4-NCHF 00015570
SCPA=TIT2 00015580
CC 20 I1=K2,K3 00015590
SCPA=SCPA+CT 00015600
20 TIT(I1)=SCPA 00015610
K4=K3+1 00015620
CC 30 I2=K4,N 00015630
30 TIT(I2)=TIT3 00015640
RETURN 00015650
END 00015660
C 00015670
C 00015680
SUBROUTINE SISTEM 00015690
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z) 00015700
INTEGER*2 ILN,IRN 00015710
COMMON /CLIMFC/ T(1444),S(1444) 00015720
COMMON /AF/ VB1(1444),VB2(1444),VC(1444),VA1(1444),VA2(1444),R(11) 00015730
COMMON /TROIA/ TA,VA,MA 00015740

```



```

CCPPCN /SQL/ TSAT,RCF,RCG,CAFG,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG,      00015750
      APIG,AMIF,FMF,FMG      00015760
CCPPCN /JUPTER/ TCHF,TNB,TCF,CHF,FMIN,XPNT      00015770
CCPPCN /MARTE/ TP(266),TR(266),CTC(266),N,M,NH,NCF,CC,CN,FC(263) 00015780
CCPPCN /VENUS/ PRN,AKN,CPN,RCN      00015790
CCPPCN /LLA/ G,TIT(266),BETA      00015800
CCPPCN /PLCTAG/ LM,CB,RI,RE,AFEA      00015810
CCPPCN /MERCUR/ VL,CL,RCL,GL,APIL,TL,PRL,AKL      00015820
CCPPCN /ZEUS/ V,M      00015830
CCPPCN /IRIS/ TV,TU,TB      00015840
CCPPCN /MCF/ C2,CR,USA,KA      00015850
CCPPCN /UACC/ A(33333),NZ,ICN(33333),IMN(33333) 00015860
CALL CALB1      00015870
CALL CALB2      00015880
CALL CALA1      00015890
CALL CALA2      00015900
CALL CALC      00015910
CALL CALS      00015920
CALL PENTA      00015930
CALL TEST      00015940
CALL CALT      00015950
RETURN      00015960
END      00015970

C
C
SUBROUTINE TECHF      00015980
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)      00015990
  CCPPCN /SQL/ TSAT,RCF,RCG,CAFG,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG,      00016000
      APIG,AMIF,PRF,PRG      00016010
  CCPPCN /JUPTER/ TCHF,TNB,TCF,CHF,FMIN,XPNT      00016020
  CCPPCN /LLA/ G,TIT(266),BETA      00016030
  T1=(1ST*G*(MCF-RCG))/(RCG**2)**C.25      00016040
  T2=C*EXP(-P/14.35D+C6))      00016050
  TCHF=TSAT*(7.1CC-05*T2*RCG*CAFG*T1)**C.5      00016060
  RETURN      00016070
  END      00016080

C
C
SUBROUTINE TEMIN      00016090
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)      00016100
  CCPPCN /SQL/ TSAT,RCF,RCG,CAFG,ST,P,CPF,CPG,AKF,AKG,      00016110
      APIG,AMIF,PRF,PRG      00016120
  CCPPCN /JUPTER/ TCHF,TNB,TCF,CHF,FMIN,XPNT      00016130
  CCPPCN /VENUS/ PRN,AKN,CPN,RCN      00016140
  CCPPCN /LLA/ G,TIT(266),BETA      00016150
  CCPPCN /IRIS/ TV,TU,TB      00016160
  E1=C.66666666666666666666      00016170
  E2=C.3333333333333333      00016180
  BKb=14.7+C.C13C*TU      00016190
  BFCb=7980-C.4000*TU      00016200
  BCPb=477+C.18C*TU      00016210
  T1=(G*(MCF-RCG)/(RCF+RCG))**E1      00016220
  T2=(ST/(G*(RCF-RCG)))**C.5      00016230
  T3=(AMIG/(G*(MCF-RCG)))**E2      00016240
  TPINb=TSAT+C.127*RCG*CAFG*T1*T2*T3/AKG      00016250
  T4=(IAKF*RCF*CPF)/(EKn*BFCb*E(Cb))**C.5      00016260
  TCF=TPINb+C.42*(TMINb-TSAT)*(1T4*CAFG/(BCPb*(TPINb-TSAT)))*C.6) 00016270
  TNb=TSAT+5      00016280

  RETURN      00016290
  END      00016300

C
C
ESTA SUB-ROUTINA TESTA A CONVERGENCIA DO METODO EMPREGADO, 00016310

```


APÊNDICE B

P. DADOS DE ENTRADA DO PROGRAMA

B.1 Descrição dos Dados de Entrada

Apresenta-se, como exemplo, uma descrição dos dados de entrada do caso de referência (ver secção 4.1).

Da tabela do Collier⁽⁵⁾, uma vez definida a pressão ou a temperatura de saturação do sistema, obtém-se todas as propriedades necessárias do líquido saturado e do vapor saturado seco:

Tsat = 100
 ROF = 957,8529
 ROG = 0,5977
 ST = 0,05878
 CAFG = 2,257 10⁶
 P = 1,01325 10⁵
 CPF = 4,218 10³
 CPG = 2,023 10³
 AKF = 0,681
 AKG = 24,9 10⁻³
 AMIG = 12,06 10⁻⁶
 AMIF = 283,1 10⁻⁶
 PRF = 1,75
 PRG = 0,987
 BETA = 0,18 10⁻³

O número de Prandtl à temperatura da parede será considerada igual ao do líquido saturado:

$$PRW = PRF$$

A geometria do sistema é definida pelos seguintes dados:

DH = 0,014
DR = 0,016
AREA = 0,0005057964.
RI = 0,007
RE = 0,008

O número de nós e o comprimento da frente de remolha
mento são dados:

N = 280
M = 5
H = $5,00 \cdot 10^{-3}$

Para cálculo do coeficiente de transferência de calor
por irradiação são necessários as seguintes constantes:

EMISSI = 0,8
ABSORV = 0,2
POLTSM = $5,67 \cdot 10^{-8}$

O valor da aceleração da gravidade é:

G = 9,8

As propriedades do fluido de entrada são:

VL = 0,0015
ROL = 971,65
AMIL = $315,6 \cdot 10^{-6}$
TL = 80
PRL = 2,23
AKL = 0,671

Uma vez definida a geometria do sistema, os incrementos
espaciais radial e axial são calculados:

DZ = $0,04 \cdot 10^{-3}$
DR = $0,2 \cdot 10^{-3}$

A temperatura inicial do encamisamento deve ser fornecida:

$$TV = 600$$

As propriedades médias do encamisamento são dadas em função da temperatura média do mesmo ⁽³⁷⁾.

Para o aço inox são:

$$CPW = 477 + 0,18 ((TU+TB)/2)$$

$$AKW = 14,7 + 0,013 ((TU+TB)/2)$$

$$ROW = 7980 - 0,4 ((TU+TB)/2)$$

B.2 Cartões de Entrada

Cartão 1 - (6D11.6) TSAT, ROF, ROG, ST, CAFG, F

- TSAT - Temperatura de saturação
- ROF - Densidade específica do líquido
- ROG - Densidade específica do vapor
- ST - Tensão superficial do líquido
- CAFG - Calor latente de vaporização
- P - Pressão

Cartão 2 - (6D11.6) CPF, CPG, AKF, AKG, AMIF, AMIG

- CPF - Calor específico do líquido
- CPG - Calor específico do vapor
- AKF - Condutividade térmica do líquido
- AKG - Condutividade térmica do vapor
- AMIF - Viscosidade dinâmica do líquido
- AMIG - Viscosidade dinâmica do vapor

Cartão 3 - (3D11.6) PRF, PRG, BETA

- PRF - Número de Prondtl do líquido

PRG - Número de Prondtl do vapor

BETA - Coeficiente de expansão térmica

Cartão 4 - (4D11.6) DP, AREA, RI, RE

DP - Diâmetro da barra

AREA - Área de escoamento

RI - Raio interno do encamisamento

RE - Raio externo do encamisamento

Cartão 5 - (2I3,D11.6) N, M, H

N - Número de nós axiais

M - Número de nós radiais

H - Comprimento da frente de remolhamento

Cartão 6 - (3D11.6) ABSORV, EMISSI, POLTSM

ABSORV - Absorvidade da parede

EMISSI - Emissividade da parede

BOLTSM - Constante de Poltsm

Cartão 7 - (D11.6) G

G - Aceleração da gravidade

Cartão 8 - (6D11.6) ROL, AMIL, TL, PRL, AKL, VL

ROL - Densidade específica do líquido de entrada

AMIL - Viscosidade dinâmica do líquido de entrada

TL - Temperatura do líquido de entrada

PRL - Número de Prondtl do líquido de entrada

AKL - Condutividade térmica do líquido de entrada

VL - Velocidade do líquido na entrada

Cartão 9 - (2D11.6) DZ, DR

DZ - Incremento espacial axial

DR - Incremento espacial radial

Cartão 10 - (D11.6) TU

TU - Temperatura inicial do encamisamento

As unidades de todas as variáveis dimensionais estão no Sistema Internacional. O arquivo dos cartões de entrada para o caso de referência encontra-se na figura B.1.

.100000+C3.957853C+G3.597700C+00.5876C0C-02.225700C+C7.101325C+C6
.421800C+C4.202300C+04.681000D+00.245000C-C1.283100C-C1.120600C-04
.175000C+C1.587000C+00.180000C-03
.140000C-C1.160000C-01.505796D-03.700000C-C2.600000C-02
280 5.500000C-02
.200000C+CC.600000C+00.567000C-07
.580000C+1
.971600C+C3.315600C-C3.800000D+02.223000C+C1.671000C+CC.150000C-02
.400000C-C4.200000C-03
.600000C-C3

Figura B.1 - Arquivo dos cartões de entrada.

APENDICE C

C. RESPOSTA DO PROGRAMA "REMOLHA"

C.1 Descrição dos Dados de Saída

São impresso os seguintes dados:

- velocidade de remolhamento,
- número de iterações necessárias,
- comprimento da frente de remolhamento
- perfil de temperaturas do encamisamento do refrigerante,
- gráficos do coeficiente de transferência de calor em função da temperatura superficial da parede do fluxo de calor em função da mesma.

Todos os dados acima descritos são relacionados para ambos os modelos A e B.

Apresenta-se a seguir uma das saídas do programa REMOLHA referente ao caso base.

C.2 - Listagens de Saída do Programa

VELOCIDADE DE REMOLHAMENTO (CLFFEY,M/S)
FCI USADO O AJUSTE 1

V=.1254320-02

** CALCULO USANDO O MODELO A **

ALPERC DE ITERACOES
IT= 5

VELOCIDADE DE REMOLHAMENTO (METROS/S)
V=0.11640-02

COMPRIMENTO DA QUENCH FRONT (METROS)
L=C.50400-02

****PERFIL DE TEMPERATURAS****

(GRAUS CENTIGRADOS)

		1	2	3	4	5
		600.0	600.0	600.0	600.0	600.0
1	350.0	597.2	597.2	597.2	597.2	597.2
2	346.4	594.5	594.5	594.5	594.5	594.5
3	342.9	591.6	591.6	591.7	591.7	591.7
4	339.3	588.8	588.8	588.8	588.8	588.8
5	335.7	585.9	585.9	585.9	585.9	585.9
6	332.1	583.0	583.0	583.0	583.0	583.0
7	328.6	580.1	580.1	580.1	580.1	580.1
8	325.0	577.1	577.1	577.2	577.2	577.2
9	321.4	574.1	574.2	574.2	574.2	574.2
10	317.9	571.1	571.1	571.1	571.1	571.2
11	314.3	568.1	568.1	568.1	568.1	568.1
12	310.7	565.0	565.0	565.0	565.0	565.0
13	307.1	561.9	561.9	561.9	561.9	561.9
14	303.6	558.7	558.7	558.7	558.8	558.8
15	300.0	555.5	555.5	555.6	555.6	555.6
16	296.4	552.3	552.3	552.4	552.4	552.4
17	292.9	549.1	549.1	549.1	549.1	549.1
18	289.3	545.8	545.8	545.8	545.8	545.8

19	285.7	542.5	542.5	542.5	542.5	542.5
20	282.1	539.1	539.2	539.2	539.2	539.2
21	278.6	535.8	535.8	535.8	535.8	535.8
22	275.0	532.3	532.4	532.4	532.4	532.4
23	271.4	528.9	528.9	528.9	528.9	528.9
24	267.9	525.4	525.4	525.5	525.5	525.5
25	264.3	521.9	521.9	521.9	522.0	522.0
26	260.7	518.3	518.4	518.4	518.4	518.4
27	257.1	514.7	514.6	514.8	514.8	514.8
28	253.6	511.1	511.1	511.2	511.2	511.2
29	250.0	507.4	507.5	507.5	507.5	507.5
30	246.4	503.7	503.8	503.8	503.8	503.8
31	242.9	500.0	500.0	500.0	500.1	500.1
32	239.3	496.2	496.2	496.3	496.3	496.3
33	235.7	492.4	492.4	492.4	492.5	492.5
34	232.1	488.5	488.5	488.6	488.6	488.6
35	228.6	484.6	484.6	484.7	484.7	484.7
36	225.0	480.6	480.7	480.8	480.8	480.8
37	221.4	476.7	476.7	476.8	476.8	476.8
38	217.9	472.6	472.7	472.8	472.8	472.8
39	214.3	468.6	468.6	468.7	468.8	468.8
40	210.7	464.4	464.5	464.6	464.7	464.7
41	207.1	460.3	460.4	460.5	460.5	460.6
42	203.6	456.1	456.2	456.3	456.4	456.4
43	200.0	451.8	451.9	452.0	452.2	452.2
44	196.4	447.5	447.6	447.8	447.9	447.9
45	192.9	443.2	443.3	443.5	443.6	443.7
46	189.3	438.8	438.9	439.1	439.3	439.3
47	185.7	434.3	434.5	434.7	434.9	435.0
48	182.1	429.9	430.0	430.3	430.5	430.6
49	178.6	425.3	425.5	425.8	426.0	426.1
50	175.0	420.7	420.9	421.3	421.5	421.6
51	171.4	416.1	416.3	416.7	417.0	417.1
52	167.9	411.3	411.6	412.1	412.4	412.5
53	164.3	406.6	406.9	407.4	407.8	407.9
54	160.7	401.7	402.1	402.7	403.1	403.3
55	157.1	396.8	397.3	397.9	398.4	398.6
56	153.6	391.9	392.4	393.1	393.7	393.9
57	150.0	386.8	387.5	388.3	389.0	389.2
58	146.4	381.7	382.4	383.4	384.2	384.5
59	142.9	376.5	377.4	378.5	379.4	379.7
60	139.3	371.2	372.3	373.5	374.5	374.9
61	135.7	365.9	367.1	368.5	369.6	370.0
62	132.1	360.4	361.6	363.5	364.7	365.2
63	128.6	354.8	356.5	358.4	359.6	360.3
64	125.0	349.1	351.1	353.3	354.9	355.5
65	121.4	343.2	345.7	348.2	350.0	350.6
66	117.9	337.2	340.2	343.1	345.0	345.7
67	114.3	331.0	334.6	337.9	340.1	340.8
68	110.7	324.6	329.0	332.8	335.2	336.0
69	107.1	318.0	323.4	327.6	330.2	331.1
70	103.6	311.1	317.7	322.5	325.3	326.3
71	100.0	303.8	312.1	317.4	320.5	321.5
72	100.0	297.1	306.6	312.4	315.6	316.7
73	100.0	290.8	301.2	307.4	310.8	312.0
74	100.0	284.8	295.8	302.4	306.1	307.3
75	100.0	279.2	290.6	297.5	301.4	302.6
76	100.0	273.9	285.6	292.8	296.7	298.1
77	100.0	268.8	280.7	288.1	292.2	293.5
78	100.0	264.0	275.4	283.4	287.7	289.0
79	100.0	259.3	271.3	278.9	283.2	284.6
80	100.0	254.9	266.8	274.5	278.9	280.3
81	100.0	250.6	262.4	270.1	274.6	276.0

82	100.0	246.5	256.1	265.5	270.4	271.8
83	100.0	242.5	254.0	261.8	266.2	267.7
84	100.0	235.7	250.0	257.7	262.2	263.7
85	100.0	235.0	246.1	253.6	258.2	259.7
86	100.0	231.4	242.3	249.5	254.4	255.8
87	100.0	227.9	236.7	246.1	250.6	252.0
88	100.0	224.5	235.1	242.5	246.8	248.3
89	100.0	221.3	231.6	238.5	243.2	244.7
90	100.0	218.1	228.2	235.4	239.6	241.1
91	100.0	215.1	224.5	232.0	236.2	237.6
92	100.0	212.1	221.7	228.6	232.8	234.2
93	100.0	209.2	218.6	225.4	229.5	230.8
94	100.0	206.4	215.6	222.2	226.2	227.6
95	100.0	203.6	212.6	219.1	223.1	224.4
96	100.0	200.9	209.7	216.1	220.0	221.3
97	100.0	198.4	206.5	213.2	217.0	218.3
98	100.0	195.8	204.2	210.3	214.0	215.3
99	100.0	193.4	201.6	207.5	211.2	212.4
100	100.0	191.0	199.0	204.8	208.4	209.6
101	100.0	188.7	196.5	202.2	205.6	206.8
102	100.0	186.4	194.0	199.6	203.0	204.1
103	100.0	184.2	191.6	197.0	200.4	201.5
104	100.0	182.0	189.2	194.6	197.8	199.0
105	100.0	180.0	187.0	192.2	195.4	196.5
106	100.0	177.9	184.8	189.9	193.0	194.0
107	100.0	175.9	182.6	187.6	190.6	191.6
108	100.0	174.0	180.5	185.4	188.3	189.3
109	100.0	172.1	178.5	183.2	186.1	187.1
110	100.0	170.3	176.5	181.1	183.9	184.9
111	100.0	168.5	174.6	179.0	181.8	182.7
112	100.0	166.8	172.7	177.0	179.7	180.6
113	100.0	165.1	170.8	175.1	177.7	178.6
114	100.0	163.4	169.0	173.2	175.7	176.6
115	100.0	161.8	167.2	171.3	173.8	174.7
116	100.0	160.2	165.6	169.5	171.9	172.8
117	100.0	158.7	163.9	167.7	170.1	170.9
118	100.0	157.2	162.3	166.0	168.3	169.1
119	100.0	155.7	160.7	164.3	166.6	167.4
120	100.0	154.3	159.1	162.7	164.9	165.7
121	100.0	152.9	157.6	161.1	163.3	164.0
122	100.0	151.6	156.2	159.6	161.6	162.4
123	100.0	150.3	154.7	158.0	160.1	160.8
124	100.0	149.0	153.2	156.6	158.6	159.2
125	100.0	147.8	152.0	155.1	157.1	157.7
126	100.0	146.5	150.7	153.7	155.6	156.3
127	100.0	145.3	149.4	152.4	154.2	154.8
128	100.0	144.2	148.1	151.0	152.8	153.4
129	100.0	143.1	146.9	149.7	151.5	152.1
130	100.0	142.0	145.7	148.4	150.2	150.7
131	100.0	140.9	144.5	147.2	148.9	149.4
132	100.0	139.9	143.4	146.0	147.6	148.2
133	100.0	138.8	142.3	144.8	146.4	146.9
134	100.0	137.8	141.2	143.7	145.2	145.7
135	100.0	136.9	140.1	142.6	144.1	144.6
136	100.0	135.9	139.1	141.5	142.9	143.4
137	100.0	135.0	138.1	140.4	141.8	142.3
138	100.0	134.1	137.1	139.4	140.6	141.2
139	100.0	133.2	136.2	138.4	139.7	140.2
140	100.0	132.4	135.3	137.4	138.7	139.1
141	100.0	131.5	134.3	136.4	137.7	138.1
142	100.0	130.7	133.5	135.5	136.7	137.2
143	100.0	129.9	132.6	134.6	135.6	136.2
144	100.0	129.2	131.8	133.7	134.9	135.3

143	100.0	126.4	130.9	132.8	134.0	134.4
146	100.0	127.7	130.1	132.0	133.1	133.5
147	100.0	127.0	129.4	131.1	132.2	132.6
148	100.0	126.3	128.6	130.2	131.4	131.8
149	100.0	125.6	127.9	129.5	130.6	130.9
150	100.0	124.9	127.1	128.6	129.6	130.1
151	100.0	124.3	126.4	128.0	129.0	129.3
152	100.0	123.6	125.7	127.3	128.2	128.6
153	100.0	123.0	125.1	126.6	127.5	127.8
154	100.0	122.4	124.4	125.9	126.8	127.1
155	100.0	121.8	123.6	125.2	126.1	126.4
156	100.0	121.2	123.1	124.5	125.4	125.7
157	100.0	120.7	122.5	123.9	124.7	125.0
158	100.0	120.1	121.9	123.3	124.1	124.4
159	100.0	119.6	121.2	122.6	123.4	123.7
160	100.0	119.1	120.6	122.0	122.8	123.1
161	100.0	118.6	120.2	121.4	122.2	122.5
162	100.0	118.1	119.7	120.9	121.6	121.9
163	100.0	117.6	119.2	120.3	121.0	121.3
164	100.0	117.1	118.6	119.6	120.5	120.7
165	100.0	116.6	118.1	119.2	119.9	120.1
166	100.0	116.2	117.6	118.7	119.4	119.6
167	100.0	115.8	117.2	118.2	118.8	119.0
168	100.0	115.3	116.7	117.7	118.3	118.5
169	100.0	114.9	116.2	117.2	117.8	118.0
170	100.0	114.5	115.6	116.7	117.3	117.5
171	100.0	114.1	115.3	116.3	116.8	117.0
172	100.0	113.7	114.9	115.8	116.3	116.5
173	100.0	113.3	114.5	115.2	115.9	116.1
174	100.0	112.9	114.1	114.9	115.4	115.6
175	100.0	112.5	113.7	114.5	115.0	115.2
176	100.0	112.2	113.3	114.1	114.6	114.7
177	100.0	111.8	112.9	113.6	114.1	114.3
178	100.0	111.5	112.5	113.2	113.7	113.9
179	100.0	111.1	112.1	112.6	113.3	113.5
180	100.0	110.8	111.8	112.5	112.9	113.0
181	100.0	110.5	111.4	112.1	112.5	112.7
182	100.0	110.1	111.0	111.7	112.1	112.3
183	100.0	109.8	110.7	111.3	111.7	111.9
184	100.0	109.5	110.4	111.0	111.4	111.5
185	100.0	109.2	110.0	110.6	111.0	111.1
186	100.0	108.9	109.7	110.3	110.6	110.8
187	100.0	108.6	109.4	109.9	110.3	110.4
188	100.0	108.3	109.1	109.6	109.9	110.1
189	100.0	108.1	108.8	109.3	109.6	109.7
190	100.0	107.8	108.5	109.0	109.3	109.4
191	100.0	107.5	108.2	108.6	108.9	109.0
192	100.0	107.2	107.9	108.3	108.6	108.7
193	100.0	107.0	107.6	108.0	108.3	108.4
194	100.0	106.7	107.3	107.7	108.0	108.1
195	100.0	106.5	107.0	107.4	107.7	107.7
196	100.0	106.2	106.7	107.1	107.3	107.4
197	100.0	106.0	106.4	106.8	107.0	107.1
198	99.8	105.7	106.2	106.5	106.7	106.8
199	99.5	105.5	105.9	106.2	106.4	106.5
200	99.3	105.2	105.6	105.9	106.1	106.2
201	99.0	105.0	105.3	105.6	105.8	105.9
202	98.8	104.7	105.1	105.3	105.5	105.6
203	98.6	104.5	104.8	105.1	105.2	105.3
204	98.3	104.2	104.5	104.8	104.9	105.0
205	98.1	103.9	104.2	104.5	104.7	104.7
206	97.8	103.7	104.0	104.2	104.4	104.4
207	97.6	103.4	103.7	103.9	104.1	104.1

208	97.3	103.1	103.4	103.6	103.8	103.8
209	97.1	102.9	103.1	103.4	103.5	103.6
210	96.9	102.6	102.9	103.1	103.2	103.3
211	96.6	102.3	102.6	102.8	102.9	103.0
212	96.4	102.1	102.3	102.5	102.6	102.7
213	96.1	101.8	102.0	102.2	102.4	102.4
214	95.9	101.5	101.8	102.0	102.1	102.1
215	95.7	101.2	101.5	101.7	101.8	101.8
216	95.4	101.0	101.2	101.4	101.5	101.6
217	95.2	100.7	100.9	101.1	101.2	101.3
218	94.9	100.4	100.7	100.8	101.0	101.0
219	94.7	100.1	100.4	100.6	100.7	100.7
220	94.5	99.9	100.1	100.3	100.4	100.4
221	94.2	99.6	99.8	100.0	100.1	100.1
222	94.0	99.3	99.5	99.7	99.8	99.9
223	93.7	99.0	99.3	99.4	99.5	99.6
224	93.5	98.8	99.0	99.2	99.3	99.3
225	93.3	98.5	98.7	98.9	99.0	99.0
226	93.0	98.2	98.4	98.6	98.7	98.7
227	92.8	97.9	98.1	98.3	98.4	98.4
228	92.5	97.6	97.9	98.0	98.1	98.2
229	92.3	97.4	97.6	97.7	97.8	97.9
230	92.0	97.1	97.3	97.5	97.6	97.6
231	91.8	96.8	97.0	97.2	97.3	97.3
232	91.6	96.5	96.7	96.9	97.0	97.0
233	91.3	96.3	96.5	96.6	96.7	96.7
234	91.1	96.0	96.2	96.3	96.4	96.5
235	90.8	95.7	95.9	96.1	96.1	96.2
236	90.6	95.4	95.6	95.8	95.9	95.9
237	90.4	95.1	95.3	95.5	95.6	95.6
238	90.1	94.8	95.1	95.2	95.3	95.3
239	89.9	94.6	94.8	94.9	95.0	95.0
240	89.6	94.3	94.5	94.6	94.7	94.7
241	89.4	94.0	94.2	94.3	94.4	94.5
242	89.2	93.7	93.9	94.1	94.1	94.2
243	88.9	93.4	93.6	93.8	93.9	93.9
244	88.7	93.1	93.3	93.5	93.6	93.6
245	88.4	92.9	93.1	93.2	93.3	93.3
246	88.2	92.6	92.8	92.9	93.0	93.0
247	88.0	92.3	92.5	92.6	92.7	92.7
248	87.7	92.0	92.2	92.3	92.4	92.4
249	87.5	91.7	91.9	92.0	92.1	92.1
250	87.2	91.4	91.6	91.7	91.8	91.8
251	87.0	91.1	91.3	91.4	91.5	91.5
252	86.7	90.8	91.0	91.1	91.2	91.3
253	86.5	90.6	90.7	90.9	90.9	91.0
254	86.3	90.3	90.4	90.6	90.6	90.7
255	86.0	90.0	90.1	90.3	90.3	90.4
256	85.8	89.7	89.8	90.0	90.0	90.1
257	85.5	89.4	89.5	89.7	89.7	89.8
258	85.3	89.1	89.2	89.4	89.4	89.5
259	85.1	88.8	88.9	89.1	89.1	89.1
260	84.8	88.5	88.6	88.8	88.8	88.8
261	84.6	88.2	88.3	88.5	88.5	88.5
262	84.3	87.9	88.0	88.1	88.2	88.2
263	84.1	87.6	87.7	87.8	87.9	87.9
264	83.9	87.3	87.4	87.5	87.6	87.6
265	83.6	87.0	87.1	87.2	87.3	87.3
266	83.4	86.7	86.8	86.9	87.0	87.0
267	83.1	86.4	86.5	86.6	86.6	86.7
268	82.9	86.1	86.2	86.3	86.3	86.3
269	82.7	85.8	85.9	86.0	86.0	86.0
270	82.4	85.5	85.6	85.6	85.7	85.7

271	82.2	85.1	85.2	85.3	85.4	85.4
272	81.9	84.8	84.5	85.0	85.0	85.1
273	81.7	84.5	84.6	84.7	84.7	84.7
274	81.4	84.2	84.3	84.4	84.4	84.4
275	81.2	83.9	84.0	84.0	84.1	84.1
276	81.0	83.6	83.7	83.7	83.7	83.7
277	80.7	83.3	83.3	83.4	83.4	83.4
278	80.5	82.9	83.0	83.0	83.0	83.0
279	80.2	82.6	82.7	82.7	82.7	82.7
280	80.0	82.3	82.3	82.3	82.4	82.4
		82.0	82.0	82.0	82.0	82.0

1 TCF = 124.2 GRAUS CENTIGRACCS
 TNe = 105.0 GRAUS CENTIGRACCS
 TCF = 303.8 GRAUS CENTIGRACCS
 CTF = .126E370 C7 W/M**2
 FFIN = .2E55230 C6 W/M**2

TP = TEMPERATURA DA PAREDE (GRAUS CENTIGRADCS)
 CTC = COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR (W/M2/C)
 CTC = COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR (W/M2/C)

1	TP=	82.3	CTC=	.2646680 C4	FC=	.6124450 C4
2	TP=	82.6	CTC=	.2646680 C4	FC=	.6320500 C4
3	TP=	82.9	CTC=	.2646680 C4	FC=	.6517630 C4
4	TP=	82.3	CTC=	.2646680 C4	FC=	.6715340 C4
5	TP=	83.6	CTC=	.2646680 C4	FC=	.6912170 C4
6	TP=	83.9	CTC=	.2646680 C4	FC=	.7107600 C4
7	TP=	84.2	CTC=	.2646680 C4	FC=	.7301320 C4
8	TP=	84.5	CTC=	.2646680 C4	FC=	.7492780 C4
9	TP=	84.8	CTC=	.2646680 C4	FC=	.7681750 C4
10	TP=	85.1	CTC=	.2646680 C4	FC=	.7868010 C4
11	TP=	85.5	CTC=	.2646680 C4	FC=	.8051410 C4
12	TP=	85.8	CTC=	.2646680 C4	FC=	.8231660 C4
13	TP=	86.1	CTC=	.2646680 C4	FC=	.8408280 C4
14	TP=	86.4	CTC=	.2646680 C4	FC=	.8581640 C4
15	TP=	86.7	CTC=	.2646680 C4	FC=	.8751450 C4
16	TP=	87.0	CTC=	.2646680 C4	FC=	.8922150 C4
17	TP=	87.3	CTC=	.2646680 C4	FC=	.9094320 C4
18	TP=	87.6	CTC=	.2646680 C4	FC=	.9258480 C4
19	TP=	87.9	CTC=	.2646680 C4	FC=	.9425680 C4
20	TP=	88.2	CTC=	.2646680 C4	FC=	.9595900 C4
21	TP=	88.5	CTC=	.2646680 C4	FC=	.9769380 C4
22	TP=	88.8	CTC=	.2646680 C4	FC=	.9946010 C4
23	TP=	89.1	CTC=	.2646680 C4	FC=	1.0125790 C5
24	TP=	89.4	CTC=	.2646680 C4	FC=	1.0308820 C5
25	TP=	89.7	CTC=	.2646680 C4	FC=	1.0495100 C5
26	TP=	90.0	CTC=	.2646680 C4	FC=	1.0684600 C5
27	TP=	90.3	CTC=	.2646680 C4	FC=	1.0877300 C5
28	TP=	90.6	CTC=	.2646680 C4	FC=	1.1073100 C5
29	TP=	90.8	CTC=	.2646680 C4	FC=	1.1272100 C5
30	TP=	91.1	CTC=	.2646680 C4	FC=	1.1474300 C5
31	TP=	91.4	CTC=	.2646680 C4	FC=	1.1679700 C5
32	TP=	91.7	CTC=	.2646680 C4	FC=	1.1888300 C5
33	TP=	92.0	CTC=	.2646680 C4	FC=	1.2099900 C5
34	TP=	92.3	CTC=	.2646680 C4	FC=	1.2314500 C5

35	TP= 92.6	CTC=.264668D C4	FC=.110063D 05
36	TP= 92.9	CTC=.264668D C4	FC=.117255D 05
37	TP= 93.1	CTC=.264668D C4	FC=.118424D 05
38	TP= 93.4	CTC=.264668D C4	FC=.119552D 05
39	TP= 93.7	CTC=.264668D C4	FC=.120734D 05
40	TP= 94.0	CTC=.264668D C4	FC=.121862D 05
41	TP= 94.3	CTC=.264668D C4	FC=.122975D 05
42	TP= 94.6	CTC=.264668D C4	FC=.124074D 05
43	TP= 94.8	CTC=.264668D C4	FC=.125160D 05
44	TP= 95.1	CTC=.264668D C4	FC=.126234D 05
45	TP= 95.4	CTC=.264668D C4	FC=.127295D 05
46	TP= 95.7	CTC=.264668D C4	FC=.128346D 05
47	TP= 96.0	CTC=.264668D C4	FC=.129395D 05
48	TP= 96.3	CTC=.264668D C4	FC=.130413D 05
49	TP= 96.5	CTC=.264668D C4	FC=.131422D 05
50	TP= 96.8	CTC=.264668D C4	FC=.132441D 05
51	TP= 97.1	CTC=.264668D C4	FC=.133441D 05
52	TP= 97.4	CTC=.264668D C4	FC=.134433D 05
53	TP= 97.6	CTC=.264668D C4	FC=.135416D 05
54	TP= 97.9	CTC=.264668D C4	FC=.136391D 05
55	TP= 98.2	CTC=.264668D C4	FC=.137358D 05
56	TP= 98.5	CTC=.264668D C4	FC=.138318D 05
57	TP= 98.8	CTC=.264668D C4	FC=.139271D 05
58	TP= 99.0	CTC=.264668D C4	FC=.140216D 05
59	TP= 99.3	CTC=.264668D C4	FC=.141154D 05
60	TP= 99.6	CTC=.264668D C4	FC=.142085D 05
61	TP= 99.9	CTC=.264668D C4	FC=.143009D 05
62	TP= 100.1	CTC=.264668D C4	FC=.143925D 05
63	TP= 100.4	CTC=.264668D C4	FC=.144833D 05
64	TP= 100.7	CTC=.264668D C4	FC=.145734D 05
65	TP= 101.0	CTC=.264668D C4	FC=.146625D 05
66	TP= 101.2	CTC=.264668D C4	FC=.147507D 05
67	TP= 101.5	CTC=.264668D C4	FC=.148378D 05
68	TP= 101.8	CTC=.264668D C4	FC=.149237D 05
69	TP= 102.1	CTC=.264668D C4	FC=.150082D 05
70	TP= 102.3	CTC=.264668D C4	FC=.150913D 05
71	TP= 102.6	CTC=.264668D C4	FC=.151728D 05
72	TP= 102.9	CTC=.264668D C4	FC=.152519D 05
73	TP= 103.1	CTC=.264668D C4	FC=.153288D 05
74	TP= 103.4	CTC=.264668D C4	FC=.154030D 05
75	TP= 103.7	CTC=.264668D C4	FC=.154740D 05
76	TP= 103.9	CTC=.264668D C4	FC=.155412D 05
77	TP= 104.2	CTC=.264668D C4	FC=.156039D 05
78	TP= 104.5	CTC=.264668D C4	FC=.156612D 05
79	TP= 104.7	CTC=.264668D C4	FC=.157121D 05
80	TP= 105.0	CTC=.264668D C4	FC=.157550D 05
81	TP= 105.2	CTC=.264668D C4	FC=.157893D 05
82	TP= 105.5	CTC=.264668D C4	FC=.158120D 05
83	TP= 105.7	CTC=.264668D C4	FC=.158212D 05
84	TP= 106.0	CTC=.529337D C4	FC=.316275D 05
85	TP= 106.2	CTC=.529337D C4	FC=.329169D 05
86	TP= 106.5	CTC=.529337D C4	FC=.342332D 05
87	TP= 106.7	CTC=.529337D C4	FC=.355754D 05
88	TP= 107.0	CTC=.529337D C4	FC=.369427D 05
89	TP= 107.2	CTC=.529337D C4	FC=.383350D 05
90	TP= 107.5	CTC=.529337D C4	FC=.397523D 05
91	TP= 107.8	CTC=.529337D C4	FC=.411548D 05
92	TP= 108.1	CTC=.529337D C4	FC=.426330D 05
93	TP= 108.3	CTC=.529337D C4	FC=.441574D 05
94	TP= 108.6	CTC=.529337D C4	FC=.456789D 05
95	TP= 108.9	CTC=.529337D C4	FC=.472231D 05
96	TP= 109.2	CTC=.529337D C4	FC=.488060D 05
97	TP= 109.5	CTC=.529337D C4	FC=.504136D 05

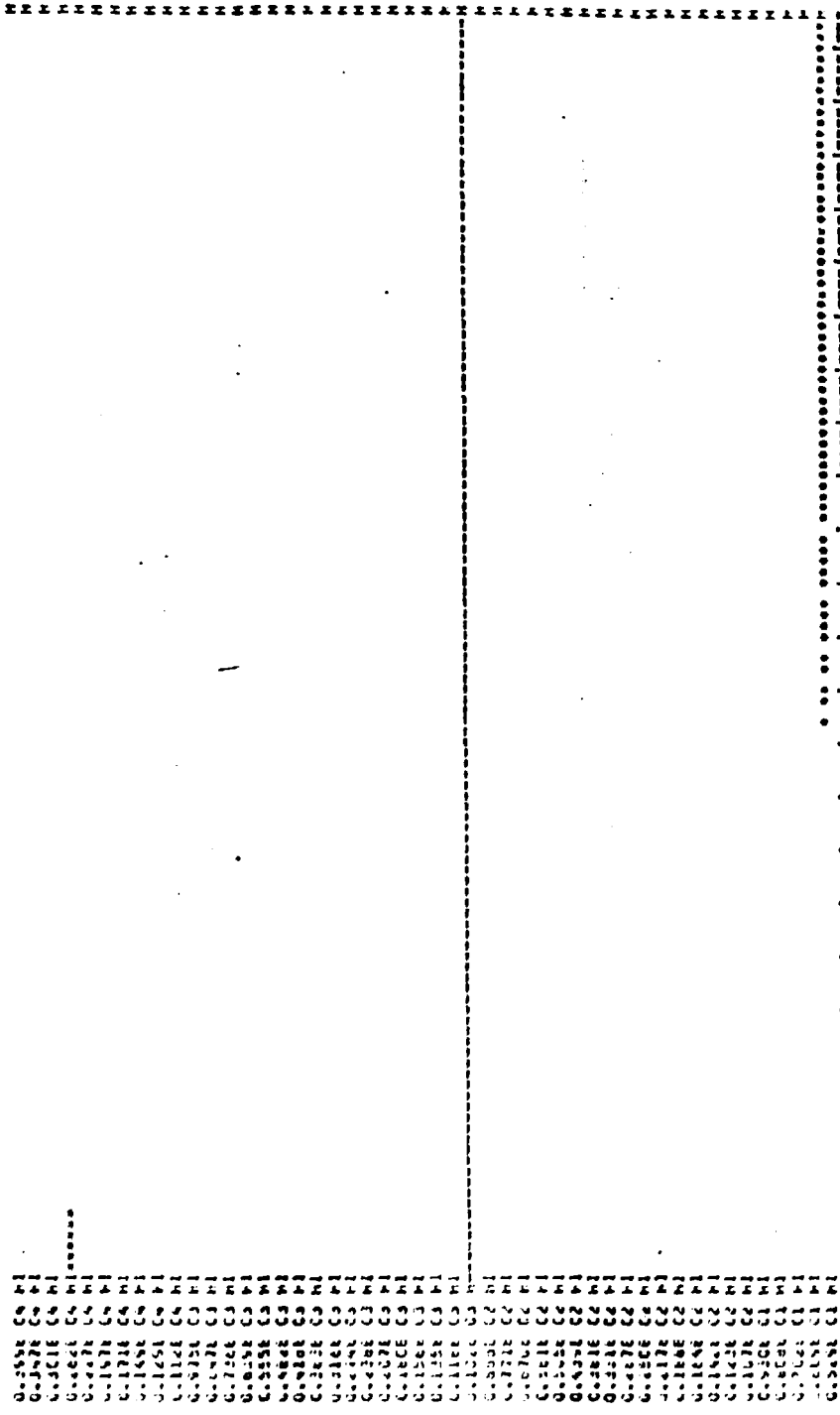
98	TP= 109.8	CTC=.5293370 C4	FC=.5205170 C5
99	TP= 110.1	CTC=.5293370 C4	FC=.5372140 C5
100	TP= 110.5	CTC=.5293370 C4	FC=.5542390 C5
101	TP= 110.8	CTC=.5293370 C4	FC=.5716030 C5
102	TP= 111.1	CTC=.5293370 C4	FC=.5892170 C5
103	TP= 111.5	CTC=.5293370 C4	FC=.6073530 C5
104	TP= 111.8	CTC=.5293370 C4	FC=.6258430 C5
105	TP= 112.2	CTC=.5293370 C4	FC=.6446810 C5
106	TP= 112.5	CTC=.5293370 C4	FC=.6639180 C5
107	TP= 112.9	CTC=.5293370 C4	FC=.6835650 C5
108	TP= 113.3	CTC=.5293370 C4	FC=.7026480 C5
109	TP= 113.7	CTC=.5293370 C4	FC=.7241630 C5
110	TP= 114.1	CTC=.5293370 C4	FC=.7451350 C5
111	TP= 114.5	CTC=.5293370 C4	FC=.7665760 C5
112	TP= 114.9	CTC=.5293370 C4	FC=.7885010 C5
113	TP= 115.3	CTC=.5293370 C4	FC=.8109230 C5
114	TP= 115.8	CTC=.5293370 C4	FC=.8338600 C5
115	TP= 116.2	CTC=.5293370 C4	FC=.8573260 C5
116	TP= 116.6	CTC=.5293370 C4	FC=.8813380 C5
117	TP= 117.1	CTC=.5293370 C4	FC=.9059120 C5
118	TP= 117.6	CTC=.5293370 C4	FC=.9310640 C5
119	TP= 118.1	CTC=.5293370 C4	FC=.9568110 C5
120	TP= 118.6	CTC=.5293370 C4	FC=.9831720 C5
121	TP= 119.1	CTC=.5293370 C4	FC=1.010160 C6
122	TP= 119.6	CTC=.5293370 C4	FC=1.037800 C6
123	TP= 120.1	CTC=.5293370 C4	FC=1.066110 C6
124	TP= 120.7	CTC=.5293370 C4	FC=1.095110 C6
125	TP= 121.2	CTC=.5293370 C4	FC=1.124810 C6
126	TP= 121.8	CTC=.5293370 C4	FC=1.155240 C6
127	TP= 122.4	CTC=.5293370 C4	FC=1.186410 C6
128	TP= 123.0	CTC=.5293370 C4	FC=1.218360 C6
129	TP= 123.6	CTC=.5293370 C4	FC=1.251090 C6
130	TP= 124.3	CTC=.5293370 C4	FC=1.284630 C6
131	TP= 124.9	CTC=.5293370 C4	FC=1.319000 C6
132	TP= 125.6	CTC=.5293370 C4	FC=1.354240 C6
133	TP= 126.3	CTC=.5293370 C4	FC=1.390350 C6
134	TP= 127.0	CTC=.5293370 C4	FC=1.427370 C6
135	TP= 127.7	CTC=.5293370 C4	FC=1.465310 C6
136	TP= 128.4	CTC=.5293370 C4	FC=1.504210 C6
137	TP= 129.2	CTC=.5293370 C4	FC=1.544090 C6
138	TP= 129.9	CTC=.5293370 C4	FC=1.584970 C6
139	TP= 130.7	CTC=.5293370 C4	FC=1.626850 C6
140	TP= 131.5	CTC=.5293370 C4	FC=1.669870 C6
141	TP= 132.4	CTC=.5293370 C4	FC=1.713940 C6
142	TP= 133.2	CTC=.5293370 C4	FC=1.759130 C6
143	TP= 134.1	CTC=.5293370 C4	FC=1.805470 C6
144	TP= 135.0	CTC=.5293370 C4	FC=1.852990 C6
145	TP= 135.9	CTC=.5293370 C4	FC=1.901720 C6
146	TP= 136.9	CTC=.5293370 C4	FC=1.951700 C6
147	TP= 137.8	CTC=.5293370 C4	FC=2.002950 C6
148	TP= 138.8	CTC=.5293370 C4	FC=2.055510 C6
149	TP= 139.9	CTC=.5293370 C4	FC=2.109420 C6
150	TP= 140.9	CTC=.5293370 C4	FC=2.164720 C6
151	TP= 142.0	CTC=.5293370 C4	FC=2.221430 C6
152	TP= 143.1	CTC=.5293370 C4	FC=2.279600 C6
153	TP= 144.2	CTC=.5293370 C4	FC=2.339260 C6
154	TP= 145.3	CTC=.5293370 C4	FC=2.400470 C6
155	TP= 146.5	CTC=.5293370 C4	FC=2.463240 C6
156	TP= 147.8	CTC=.5293370 C4	FC=2.527640 C6
157	TP= 149.0	CTC=.5293370 C4	FC=2.593700 C6
158	TP= 150.3	CTC=.5293370 C4	FC=2.661470 C6
159	TP= 151.6	CTC=.5293370 C4	FC=2.730980 C6
160	TP= 152.9	CTC=.5293370 C4	FC=2.802300 C6

161	TP= 154.3	CTC=.525337C	C4	FC=.287546C	C6
162	TF= 155.7	CTC=.525337C	C4	FC=.295055D	C6
163	TP= 157.2	CTC=.525337C	C4	FC=.302754C	C6
164	TP= 158.7	CTC=.525337C	C4	FC=.310653C	C6
165	TP= 160.2	CTC=.525337C	C4	FC=.318761C	C6
166	TP= 161.8	CTC=.525337C	C4	FC=.327095C	C6
167	TP= 163.4	CTC=.525337C	C4	FC=.335614D	C6
168	TF= 165.1	CTC=.525337C	C4	FC=.344371C	C6
169	TP= 166.8	CTC=.525337C	C4	FC=.353352C	C6
170	TP= 168.5	CTC=.525337C	C4	FC=.362560C	C6
171	TP= 170.3	CTC=.525337C	C4	FC=.372044C	C6
172	TP= 172.1	CTC=.525337C	C4	FC=.381757C	C6
173	TP= 174.0	CTC=.525337C	C4	FC=.391726C	C6
174	TP= 175.9	CTC=.525337C	C4	FC=.401958C	C6
175	TP= 177.9	CTC=.525337C	C4	FC=.412461C	O6
176	TP= 180.0	CTC=.525337C	C4	FC=.423243C	C6
177	TP= 182.0	CTC=.525337C	C4	FC=.434312C	C6
178	TP= 184.2	CTC=.525337C	C4	FC=.445675C	C6
179	TP= 186.4	CTC=.525337C	C4	FC=.457345C	C6
180	TP= 188.7	CTC=.525337C	C4	FC=.469335C	O6
181	TP= 191.0	CTC=.525337C	C4	FC=.481645C	C6
182	TP= 193.4	CTC=.525337C	C4	FC=.494250C	C6
183	TP= 195.8	CTC=.525337C	C4	FC=.507282C	C6
184	TP= 198.4	CTC=.525337C	C4	FC=.520632C	C6
185	TP= 200.9	CTC=.525337C	C4	FC=.534333C	C6
186	TP= 203.6	CTC=.525337C	C4	FC=.548455C	C6
187	TP= 206.4	CTC=.525337C	C4	FC=.562964C	C6
188	TP= 209.2	CTC=.525337C	C4	FC=.577883C	C6
189	TP= 212.1	CTC=.525337C	C4	FC=.593233C	C6
190	TP= 215.1	CTC=.525337C	C4	FC=.609032C	O6
191	TP= 218.1	CTC=.525337C	C4	FC=.625301C	C6
192	TP= 221.3	CTC=.525337C	C4	FC=.642060C	C6
193	TP= 224.6	CTC=.525337C	C4	FC=.659333C	C6
194	TP= 227.9	CTC=.525337C	C4	FC=.677146C	C6
195	TP= 231.4	CTC=.525337C	C4	FC=.695529C	O6
196	TP= 235.0	CTC=.525337C	C4	FC=.714513C	C6
197	TP= 238.7	CTC=.525337C	C4	FC=.734135C	C6
198	TP= 242.5	CTC=.525337C	C4	FC=.754456C	C6
199	TP= 246.5	CTC=.525337C	C4	FC=.775463D	C6
200	TP= 250.6	CTC=.525337C	C4	FC=.797269C	O6
201	TP= 254.9	CTC=.525337C	C4	FC=.819910C	C6
202	TP= 259.3	CTC=.525337C	C4	FC=.843475C	C6
203	TP= 264.0	CTC=.525337C	C4	FC=.868025C	C6
204	TF= 268.6	CTC=.525337C	O4	FC=.893677C	C6
205	TP= 273.9	CTC=.525337C	C4	FC=.920536C	C6
206	TP= 279.2	CTC=.525337C	C4	FC=.948743C	C6
207	TP= 284.8	CTC=.525337C	C4	FC=.978468C	O6
208	TP= 290.8	CTC=.525337C	C4	FC=1.009551C	C7
209	TP= 297.1	CTC=.525337C	C4	FC=1.043220C	C7
210	TP= 303.8	CTC=.525337C	C4	FC=1.079030C	C7
211	TP= 311.1	CTC=.525337C	O1	FC=1.116460C	C4
212	TP= 318.0	CTC=.525337C	O1	FC=1.156170C	C4
213	TP= 324.6	CTC=.525337C	O1	FC=1.197260C	C4
214	TF= 331.0	CTC=.525337C	O1	FC=1.240750C	C4
215	TP= 337.2	CTC=.525337C	O1	FC=1.286140C	C4
216	TF= 343.2	CTC=.525337C	O1	FC=1.333450C	C4
217	TP= 349.1	CTC=.525337C	O1	FC=1.382620C	C4
218	TF= 354.8	CTC=.525337C	O1	FC=1.433740C	C4
219	TF= 360.4	CTC=.525337C	O1	FC=1.486850C	C4
220	TP= 365.9	CTC=.525337C	O1	FC=1.542000C	C4
221	TF= 371.2	CTC=.525337C	O1	FC=1.600250C	C4
222	TF= 376.5	CTC=.525337C	O1	FC=1.660650C	C4
223	TF= 381.7	CTC=.525337C	O1	FC=1.724200C	C4

224	TP= 386.8	CTC=.525337C C1	FC=.125362C 04
225	TP= 391.9	CTC=.525337C C1	FC=.126139C 04
226	TP= 396.8	CTC=.525337C C1	FC=.126876C 04
227	TP= 401.7	CTC=.525337C C1	FC=.127580C 04
228	TP= 406.6	CTC=.525337C C1	FC=.128249C 04
229	TP= 411.3	CTC=.525337C C1	FC=.128884C 04
230	TP= 416.1	CTC=.525337C C1	FC=.129489C 04
231	TP= 420.7	CTC=.525337C C1	FC=.130062C 04
232	TP= 425.3	CTC=.525337C C1	FC=.130607C 04
233	TP= 429.9	CTC=.525337C C1	FC=.131123C 04
234	TP= 434.3	CTC=.525337C C1	FC=.131611C 04
235	TP= 438.8	CTC=.525337C C1	FC=.132072C 04
236	TP= 443.2	CTC=.525337C C1	FC=.132507C 04
237	TP= 447.5	CTC=.525337C C1	FC=.132917C 04
238	TP= 451.9	CTC=.525337C C1	FC=.133301C 04
239	TP= 456.	CTC=.525337C C1	FC=.133661C 04
240	TP= 460.3	CTC=.525337C C1	FC=.134006C 04
241	TP= 464.4	CTC=.525337C C1	FC=.134326C 04
242	TP= 468.6	CTC=.525337C C1	FC=.134626C 04
243	TP= 472.6	CTC=.525337C C1	FC=.134911C 04
244	TP= 476.7	CTC=.525337C C1	FC=.135184C 04
245	TP= 480.6	CTC=.525337C C1	FC=.135446C 04
246	TP= 484.6	CTC=.525337C C1	FC=.135698C 04
247	TP= 488.5	CTC=.525337C C1	FC=.135940C 04
248	TP= 492.4	CTC=.525337C C1	FC=.136174C 04
249	TP= 496.2	CTC=.525337C C1	FC=.136399C 04
250	TP= 500.0	CTC=.525337C C1	FC=.136616C 04
251	TP= 503.7	CTC=.525337C C1	FC=.136826C 04
252	TP= 507.4	CTC=.525337C C1	FC=.137028C 04
253	TP= 511.1	CTC=.525337C C1	FC=.137222C 04
254	TP= 514.7	CTC=.525337C C1	FC=.137408C 04
255	TP= 518.3	CTC=.525337C C1	FC=.137586C 04
256	TP= 521.9	CTC=.525337C C1	FC=.137757C 04
257	TP= 525.4	CTC=.525337C C1	FC=.137921C 04
258	TP= 528.9	CTC=.525337C C1	FC=.138078C 04
259	TP= 532.3	CTC=.525337C C1	FC=.138228C 04
260	TP= 535.8	CTC=.525337C C1	FC=.138371C 04
261	TP= 539.1	CTC=.525337C C1	FC=.138508C 04
262	TP= 542.5	CTC=.525337C C1	FC=.138639C 04
263	TP= 545.6	CTC=.525337C C1	FC=.138764C 04
264	TP= 549.1	CTC=.525337C C1	FC=.138883C 04
265	TP= 552.3	CTC=.525337C C1	FC=.139006C 04
266	TP= 555.5	CTC=.525337C C1	FC=.139123C 04
267	TP= 558.7	CTC=.525337C C1	FC=.139234C 04
268	TP= 561.9	CTC=.525337C C1	FC=.139339C 04
269	TP= 565.0	CTC=.525337C C1	FC=.139438C 04
270	TP= 568.1	CTC=.525337C C1	FC=.139531C 04
271	TP= 571.1	CTC=.525337C C1	FC=.139619C 04
272	TP= 574.1	CTC=.525337C C1	FC=.139702C 04
273	TP= 577.1	CTC=.525337C C1	FC=.139780C 04
274	TP= 580.1	CTC=.525337C C1	FC=.139853C 04
275	TP= 583.0	CTC=.525337C C1	FC=.139921C 04
276	TP= 585.9	CTC=.525337C C1	FC=.140004C 04
277	TP= 588.8	CTC=.525337C C1	FC=.140081C 04
278	TP= 591.6	CTC=.525337C C1	FC=.140153C 04
279	TP= 594.5	CTC=.525337C C1	FC=.140220C 04
280	TP= 597.2	CTC=.525337C C1	FC=.140282C 04

INILIA PENIUS COINCIDENTES
UNIDADE PURIFICADA 0.842E 01

ESCALA VERTICAL SEMILOG
0.522E 04 MI
0.842E 04 MI



0.842E 02
0.842E 03
0.842E 04
0.842E 05
0.842E 06
0.842E 07
0.842E 08
0.842E 09
0.842E 10
0.842E 11
0.842E 12
0.842E 13
0.842E 14
0.842E 15
0.842E 16
0.842E 17
0.842E 18
0.842E 19
0.842E 20
0.842E 21
0.842E 22
0.842E 23
0.842E 24
0.842E 25
0.842E 26
0.842E 27
0.842E 28
0.842E 29
0.842E 30
0.842E 31
0.842E 32
0.842E 33
0.842E 34
0.842E 35
0.842E 36
0.842E 37
0.842E 38
0.842E 39
0.842E 40
0.842E 41
0.842E 42
0.842E 43
0.842E 44
0.842E 45
0.842E 46
0.842E 47
0.842E 48
0.842E 49
0.842E 50
0.842E 51
0.842E 52
0.842E 53
0.842E 54
0.842E 55
0.842E 56
0.842E 57
0.842E 58
0.842E 59
0.842E 60
0.842E 61
0.842E 62
0.842E 63
0.842E 64
0.842E 65
0.842E 66
0.842E 67
0.842E 68
0.842E 69
0.842E 70
0.842E 71
0.842E 72
0.842E 73
0.842E 74
0.842E 75
0.842E 76
0.842E 77
0.842E 78
0.842E 79
0.842E 80
0.842E 81
0.842E 82
0.842E 83
0.842E 84
0.842E 85
0.842E 86
0.842E 87
0.842E 88
0.842E 89
0.842E 90
0.842E 91
0.842E 92
0.842E 93
0.842E 94
0.842E 95
0.842E 96
0.842E 97
0.842E 98
0.842E 99
0.842E 00

NUMERO DE ITERACOES
IT= 5

VELOCIDADE DE REPLICAMENTO (METROS/S)
v=C.1C35C-02

EXPERIMENTO DA QUENCH FRONT (METROS)
m=C.4E8CC-02

PERFIL DE TEMPERATURAS

(GRAUS CENTIGRAOS)

		1	2	3	4	5
		600.0	600.0	600.0	600.0	600.0
1	350.0	596.8	596.9	596.9	596.9	596.9
2	340.4	593.5	593.7	593.8	593.8	593.8
3	342.9	590.3	590.5	590.6	590.7	590.7
4	339.3	587.1	587.3	587.5	587.5	587.6
5	335.7	583.8	584.1	584.3	584.4	584.4
6	332.1	580.5	580.9	581.0	581.1	581.2
7	328.6	577.2	577.6	577.8	577.9	577.9
8	325.0	573.9	574.3	574.5	574.6	574.7
9	321.4	570.6	571.0	571.2	571.4	571.4
10	317.9	567.2	567.6	567.9	568.0	568.1
11	314.3	563.8	564.3	564.5	564.7	564.7
12	310.7	560.4	560.9	561.2	561.3	561.4
13	307.1	557.0	557.4	557.6	557.9	558.0
14	303.6	553.5	554.0	554.3	554.5	554.6
15	300.0	550.1	550.5	550.9	551.0	551.1
16	296.4	546.6	547.1	547.4	547.6	547.6
17	292.9	543.0	543.5	543.9	544.1	544.1
18	289.3	539.5	540.0	540.3	540.5	540.6
19	285.7	535.9	536.4	536.8	537.0	537.0
20	282.1	532.3	532.8	533.2	533.4	533.5
21	278.6	528.7	529.2	529.6	529.8	529.8
22	275.0	525.1	525.6	525.9	526.1	526.2
23	271.4	521.4	521.9	522.3	522.5	522.5
24	267.9	517.7	518.2	518.6	518.8	518.8
25	264.3	513.9	514.5	514.8	515.1	515.1
26	260.7	510.2	510.7	511.1	511.3	511.4
27	257.1	506.4	506.9	507.3	507.5	507.6
28	253.6	502.6	503.1	503.5	503.7	503.8
29	250.0	498.7	499.2	499.6	499.9	500.0
30	246.4	494.9	495.4	495.8	496.0	496.1
31	242.9	491.0	491.5	491.9	492.1	492.2
32	239.3	487.0	487.6	487.9	488.2	488.3
33	235.7	483.1	483.6	484.0	484.2	484.3
34	232.1	479.1	479.6	480.0	480.2	480.3
35	228.6	475.1	475.6	476.0	476.2	476.3
36	225.0	471.0	471.5	471.9	472.2	472.3
37	221.4	466.9	467.5	467.9	468.1	468.2
38	217.9	462.8	463.2	463.7	464.0	464.1
39	214.3	458.7	459.2	459.6	459.9	459.9
40	210.7	454.5	455.0	455.4	455.7	455.8
41	207.1	450.3	450.8	451.2	451.5	451.6
42	203.6	446.0	446.6	447.0	447.2	447.3
43	200.0	441.7	442.3	442.7	443.0	443.1
44	196.4	437.4	438.0	438.4	438.7	438.8
45	192.9	433.1	433.6	434.1	434.4	434.4
46	189.3	428.7	429.2	429.7	430.0	430.1
47	185.7	424.3	424.8	425.3	425.6	425.7
48	182.1	419.8	420.3	420.8	421.1	421.2

INSTITUTO DE PESQUISAS NUCLEARES
CAJALMARA - SP

52	167.9	401.6	402.2	402.8	403.1	403.3
53	164.3	397.0	397.6	398.2	398.5	398.7
54	160.7	392.3	392.9	393.5	393.9	394.1
55	157.1	387.5	388.2	388.8	389.2	389.4
56	153.6	382.8	383.5	384.1	384.6	384.7
57	150.0	377.9	378.7	379.4	379.6	380.0
58	146.4	373.1	373.8	374.6	375.1	375.3
59	142.9	368.1	368.9	369.6	370.3	370.5
60	139.3	363.2	364.1	364.9	365.5	365.7
61	135.7	358.2	359.1	360.0	360.7	360.9
62	132.1	353.1	354.1	355.1	355.8	356.1
63	128.6	347.9	349.0	350.1	350.9	351.2
64	125.0	342.7	343.9	345.2	346.0	346.3
65	121.4	337.4	338.8	340.1	341.1	341.4
66	117.9	332.1	333.6	335.1	336.1	336.5
67	114.3	326.7	328.4	330.0	331.1	331.5
68	110.7	321.1	323.1	324.9	326.1	326.6
69	107.1	315.5	317.8	319.8	321.1	321.6
70	103.6	309.7	312.5	314.7	316.1	316.6
71	100.0	303.8	307.1	309.5	311.1	311.6
72	100.0	298.0	301.7	304.4	306.1	306.6
73	100.0	292.2	296.3	299.2	301.0	301.6
74	100.0	286.5	290.5	294.1	296.0	296.7
75	100.0	280.8	285.6	288.9	291.0	291.7
76	100.0	275.1	280.2	282.8	286.0	286.7
77	100.0	269.4	274.8	278.7	281.0	281.8
78	100.0	263.8	269.5	272.5	276.0	276.8
79	100.0	258.2	264.2	268.4	271.0	271.9
80	100.0	252.6	258.6	263.4	266.1	267.0
81	100.0	247.1	253.6	258.3	261.2	262.1
82	100.0	241.6	248.4	253.3	256.3	257.2
83	100.0	236.1	243.2	248.3	251.5	252.5
84	100.0	230.6	238.0	243.4	246.7	247.8
85	100.0	225.2	232.9	238.5	241.9	243.1
86	100.0	219.8	227.8	233.7	237.2	238.4
87	100.0	214.4	222.8	228.5	232.6	233.8
88	100.0	209.1	217.9	224.2	228.0	229.2
89	100.0	203.9	212.5	219.5	223.4	224.8
90	100.0	198.7	208.1	214.9	219.0	220.3
91	100.0	193.5	203.3	210.4	214.6	216.0
92	100.0	188.5	198.6	205.9	210.2	211.7
93	100.0	183.5	194.0	201.5	206.0	207.5
94	100.0	178.5	189.5	197.2	201.8	203.4
95	100.0	173.7	185.1	193.0	197.8	199.4
96	100.0	169.0	180.8	189.0	193.8	195.4
97	100.0	164.4	176.6	185.0	189.9	191.6
98	100.0	159.9	172.5	181.1	186.1	187.8
99	100.0	155.6	168.5	177.3	182.5	184.2
100	100.0	151.4	164.7	173.7	178.9	180.6
101	100.0	147.4	161.0	170.2	175.4	177.2
102	100.0	143.6	157.5	166.8	172.1	173.9
103	100.0	140.1	154.2	163.5	168.9	170.6
104	100.0	136.7	151.1	160.4	165.8	167.5
105	100.0	133.6	148.1	157.4	162.8	164.5
106	100.0	130.9	145.3	154.6	159.9	161.7
107	100.0	128.4	142.7	151.9	157.2	158.9
108	100.0	126.2	140.3	149.4	154.5	156.2
109	100.0	124.3	138.1	147.0	152.0	153.7
110	100.0	122.8	136.1	144.7	149.6	151.3
111	100.0	121.6	134.2	142.5	147.4	149.0
112	100.0	120.7	132.6	140.5	145.2	146.7
113	100.0	120.2	131.1	138.6	142.1	144.6
114	100.0	119.7	129.7	136.9	141.2	142.6

115	100.0	115.2	128.4	135.2	135.3	140.7
116	100.0	116.7	127.2	133.6	137.6	138.9
117	100.0	118.2	126.1	132.2	135.5	137.2
118	100.0	117.7	125.0	130.8	134.3	135.5
119	100.0	117.2	124.1	129.4	132.8	134.0
120	100.0	116.7	123.1	128.2	131.4	132.5
121	100.0	116.3	122.3	127.0	130.1	131.1
122	100.0	115.8	121.4	125.9	128.8	129.8
123	100.0	115.4	120.6	124.6	127.6	128.5
124	100.0	115.0	119.9	123.9	126.4	127.3
125	100.0	114.5	119.2	122.5	125.4	126.2
126	100.0	114.1	118.5	122.0	124.3	125.1
127	100.0	113.7	117.9	121.2	123.3	124.1
128	100.0	113.4	117.2	120.4	122.4	123.1
129	100.0	113.0	116.6	119.6	121.5	122.2
130	100.0	112.6	116.1	118.9	120.7	121.3
131	100.0	112.3	115.5	118.2	119.9	120.5
132	100.0	112.0	115.0	117.5	119.1	119.7
133	100.0	111.6	114.5	116.9	118.4	118.9
134	100.0	111.3	114.1	116.3	117.7	118.2
135	100.0	111.0	113.6	115.7	117.1	117.5
136	100.0	110.7	113.2	115.1	116.4	116.9
137	100.0	110.4	112.7	114.6	115.8	116.3
138	100.0	110.1	112.3	114.1	115.3	115.7
139	100.0	109.9	112.0	113.6	114.7	115.1
140	100.0	109.6	111.6	113.2	114.2	114.6
141	100.0	109.4	111.2	112.7	113.7	114.0
142	100.0	109.1	110.9	112.3	113.2	113.5
143	100.0	108.9	110.5	111.9	112.6	113.1
144	100.0	108.6	110.2	111.5	112.3	112.6
145	100.0	108.4	109.9	111.1	111.9	112.2
146	100.0	108.2	109.6	110.8	111.5	111.8
147	100.0	108.0	109.3	110.4	111.1	111.4
148	100.0	107.8	109.1	110.1	110.7	111.0
149	100.0	107.6	108.8	109.8	110.4	110.6
150	100.0	107.4	108.5	109.4	110.0	110.3
151	100.0	107.2	108.2	109.1	109.7	109.9
152	100.0	107.0	108.0	108.8	109.4	109.6
153	100.0	106.8	107.8	108.6	109.1	109.3
154	100.0	106.6	107.6	108.3	108.8	109.0
155	100.0	106.4	107.3	108.0	108.5	108.7
156	100.0	106.3	107.1	107.8	108.2	108.4
157	100.0	106.1	106.9	107.6	108.0	108.1
158	100.0	105.9	106.7	107.3	107.7	107.8
159	100.0	105.8	106.5	107.1	107.5	107.6
160	100.0	105.6	106.3	106.9	107.2	107.3
161	100.0	105.5	106.1	106.6	107.0	107.1
162	100.0	105.3	105.9	106.4	106.8	106.9
163	100.0	105.2	105.8	106.2	106.5	106.6
164	100.0	105.0	105.6	106.0	106.3	106.4
165	100.0	104.9	105.4	105.8	106.1	106.2
166	100.0	104.7	105.2	105.6	105.9	106.0
167	100.0	104.6	105.1	105.5	105.7	105.8
168	100.0	104.5	104.9	105.3	105.5	105.6
169	100.0	104.3	104.8	105.1	105.3	105.4
170	100.0	104.2	104.6	104.9	105.1	105.2
171	100.0	104.1	104.4	104.7	104.9	105.0
172	100.0	103.9	104.2	104.6	104.8	104.8
173	100.0	103.8	104.1	104.4	104.6	104.6
174	100.0	103.7	104.0	104.2	104.4	104.5
175	100.0	103.6	103.9	104.1	104.2	104.3
176	100.0	103.4	103.7	103.9	104.1	104.1
177	100.0	103.3	103.6	103.8	103.9	104.0

178	100.0	103.2	103.4	103.6	103.7	103.8
179	100.0	103.0	103.3	103.5	103.6	103.6
180	100.0	102.9	103.1	103.3	103.4	103.5
181	100.0	102.8	103.0	103.2	103.3	103.3
182	100.0	102.7	102.9	103.0	103.1	103.1
183	100.0	102.5	102.7	102.9	102.9	103.0
184	100.0	102.4	102.6	102.7	102.8	102.8
185	100.0	102.3	102.4	102.6	102.6	102.7
186	100.0	102.2	102.3	102.4	102.5	102.5
187	100.0	102.0	102.2	102.3	102.3	102.4
188	100.0	101.9	102.0	102.1	102.2	102.2
189	100.0	101.8	101.9	102.0	102.0	102.0
190	100.0	101.7	101.7	101.8	101.9	101.9
191	100.0	101.5	101.6	101.7	101.7	101.7
192	100.0	101.4	101.5	101.5	101.6	101.6
193	100.0	101.3	101.3	101.4	101.4	101.4
194	99.8	101.1	101.2	101.2	101.3	101.3
195	99.5	101.0	101.0	101.1	101.1	101.1
196	99.3	100.8	100.9	100.9	101.0	101.0
197	99.1	100.7	100.7	100.8	100.8	100.8
198	98.9	100.6	100.6	100.6	100.6	100.6
199	98.6	100.4	100.4	100.5	100.5	100.5
200	98.4	100.3	100.3	100.3	100.3	100.3
201	98.2	100.1	100.1	100.1	100.2	100.2
202	97.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
203	97.7	99.8	99.8	99.8	99.8	99.8
204	97.5	99.6	99.6	99.7	99.7	99.7
205	97.2	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5
206	97.0	99.3	99.3	99.3	99.4	99.4
207	96.8	99.2	99.2	99.2	99.2	99.2
208	96.6	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
209	96.3	98.8	98.8	98.8	98.9	98.9
210	96.1	98.7	98.7	98.7	98.7	98.7
211	95.9	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5
212	95.6	98.3	98.3	98.3	98.3	98.3
213	95.4	98.1	98.2	98.2	98.2	98.2
214	95.2	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0
215	94.9	97.8	97.8	97.8	97.8	97.8
216	94.7	97.6	97.6	97.6	97.6	97.6
217	94.5	97.4	97.4	97.5	97.5	97.5
218	94.3	97.3	97.3	97.3	97.3	97.3
219	94.0	97.1	97.1	97.1	97.1	97.1
220	93.8	96.9	96.9	96.9	96.9	96.9
221	93.6	96.7	96.7	96.7	96.7	96.7
222	93.3	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5
223	93.1	96.3	96.3	96.3	96.3	96.3
224	92.9	96.1	96.1	96.1	96.2	96.2
225	92.6	95.9	95.9	96.0	96.0	96.0
226	92.4	95.7	95.8	95.8	95.8	95.8
227	92.2	95.6	95.6	95.6	95.6	95.6
228	92.0	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4
229	91.7	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2
230	91.5	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0
231	91.3	94.8	94.8	94.8	94.8	94.8
232	91.0	94.5	94.6	94.6	94.6	94.6
233	90.8	94.3	94.3	94.4	94.4	94.4
234	90.6	94.1	94.1	94.1	94.2	94.2
235	90.3	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9
236	90.1	93.7	93.7	93.7	93.7	93.7
237	89.9	93.5	93.5	93.5	93.5	93.5
238	89.7	93.3	93.3	93.3	93.3	93.3
239	89.4	93.1	93.1	93.1	93.1	93.1
240	89.2	92.8	92.9	92.9	92.9	92.9

241	89.0	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6
242	88.7	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4
243	88.5	92.2	92.2	92.2	92.2	92.2
244	88.3	91.9	92.0	92.0	92.0	92.0
245	88.0	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7
246	87.8	91.5	91.5	91.5	91.5	91.5
247	87.6	91.3	91.3	91.3	91.3	91.3
248	87.4	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
249	87.1	90.8	90.8	90.8	90.8	90.8
250	86.9	90.5	90.6	90.6	90.6	90.6
251	86.7	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3
252	86.4	90.1	90.1	90.1	90.1	90.1
253	86.2	89.8	89.8	89.8	89.8	89.8
254	86.0	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6
255	85.7	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3
256	85.5	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1
257	85.3	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8
258	85.1	88.6	88.6	88.6	88.6	88.6
259	84.8	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3
260	84.6	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0
261	84.4	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8
262	84.1	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5
263	83.9	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2
264	83.7	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0
265	83.4	86.7	86.7	86.7	86.7	86.7
266	83.2	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4
267	83.0	86.1	86.2	86.2	86.2	86.2
268	82.8	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9
269	82.5	85.6	85.6	85.6	85.6	85.6
270	82.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
271	82.1	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
272	81.8	84.7	84.7	84.7	84.7	84.7
273	81.6	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
274	81.4	84.1	84.1	84.1	84.1	84.1
275	81.1	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8
276	80.9	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
277	80.7	83.2	83.2	83.2	83.2	83.2
278	80.5	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9
279	80.2	82.6	82.6	82.6	82.6	82.6
280	80.0	82.3	82.3	82.3	82.3	82.3
		82.0	82.0	82.0	82.0	82.0

1 TCF = 124.2 GRAUS CENTIGRADCS
 TAE = 101.0 GRAUS CENTIGRADCS
 TCF = 303.8 GRAUS CENTIGRADCS
 CPF = .126E270 07 W/M**2
 FPIA = .2E55230 C6 W/M**2

TF = TEMPERATURA CA PAREDE (GRAUS CENTIGRADCS)
 CTC = COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR (W/P2/C)
 CFC = COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR (W/P2/C)

1	TP = 82.3	CTC = .1444080 C3	FCC = .3340260 C3
2	TP = 82.6	CTC = .1450070 C3	FCC = .3470860 C3
3	TP = 82.9	CTC = .1455630 C3	FCC = .3597660 C3
4	TP = 83.2	CTC = .1460880 C3	FCC = .3720660 C3

5	TP=	83.5	CTC=	.146581C	C3	FC=	.382577C	C3
6	TF=	83.8	CTC=	.147046C	C3	FC=	.382646C	C3
7	TP=	84.1	CTC=	.147489C	C3	FC=	.402627C	C3
8	TP=	84.4	CTC=	.147957C	C3	FC=	.417264C	C3
9	TP=	84.7	CTC=	.148267C	C3	FC=	.427706C	C3
10	TP=	85.0	CTC=	.148652C	C3	FC=	.437858C	C3
11	TF=	85.3	CTC=	.149009C	C3	FC=	.447215C	C3
12	TP=	85.6	CTC=	.149229C	C3	FC=	.455027C	C3
13	TP=	85.9	CTC=	.149642C	C3	FC=	.462510C	C3
14	TP=	86.1	CTC=	.149937C	C3	FC=	.467252C	C3
15	TP=	86.4	CTC=	.150215C	C3	FC=	.468152C	C3
16	TF=	86.7	CTC=	.150477C	C3	FC=	.468132C	C3
17	TP=	87.0	CTC=	.150725C	C3	FC=	.468251C	C3
18	TP=	87.2	CTC=	.150955C	C3	FC=	.468312C	C3
19	TP=	87.5	CTC=	.151174C	C3	FC=	.468364C	C3
20	TP=	87.8	CTC=	.151387C	C3	FC=	.468414C	C3
21	TP=	88.0	CTC=	.151582C	C3	FC=	.468411C	C3
22	TP=	88.3	CTC=	.151762C	C3	FC=	.468472C	C3
23	TP=	88.6	CTC=	.151935C	C3	FC=	.468510C	C3
24	TP=	88.8	CTC=	.152101C	C3	FC=	.468525C	C3
25	TP=	89.1	CTC=	.152252C	C3	FC=	.468545C	C3
26	TP=	89.3	CTC=	.152393C	C3	FC=	.468531C	C3
27	TP=	89.6	CTC=	.152524C	C3	FC=	.468575C	C3
28	TP=	89.8	CTC=	.152646C	C3	FC=	.468522C	C3
29	TP=	90.1	CTC=	.152759C	C3	FC=	.468568C	C3
30	TP=	90.3	CTC=	.152862C	C3	FC=	.468510C	C3
31	TP=	90.5	CTC=	.152957C	C3	FC=	.468512C	C3
32	TP=	90.8	CTC=	.153043C	C3	FC=	.468575C	C3
33	TP=	91.0	CTC=	.153121C	C3	FC=	.468524C	C3
34	TP=	91.3	CTC=	.153191C	C3	FC=	.468526C	C3
35	TP=	91.5	CTC=	.153253C	C3	FC=	.468552C	C3
36	TF=	91.7	CTC=	.153307C	C3	FC=	.468521C	C3
37	TP=	91.9	CTC=	.153353C	C3	FC=	.468533C	C3
38	TP=	92.2	CTC=	.153392C	C3	FC=	.468559C	C3
39	TP=	92.4	CTC=	.153424C	C3	FC=	.468525C	C3
40	TP=	92.6	CTC=	.153448C	C3	FC=	.468527C	C3
41	TP=	92.8	CTC=	.153464C	C3	FC=	.468506C	C3
42	TP=	93.1	CTC=	.153474C	C3	FC=	.468548C	C3
43	TP=	93.3	CTC=	.153476C	C3	FC=	.468521C	C3
44	TP=	93.5	CTC=	.153472C	C3	FC=	.468522C	C3
45	TP=	93.7	CTC=	.153460C	C3	FC=	.468517C	C3
46	TP=	93.9	CTC=	.153442C	C3	FC=	.468526C	C3
47	TP=	94.1	CTC=	.153417C	C3	FC=	.468572C	C3
48	TP=	94.3	CTC=	.153385C	C3	FC=	.468521C	C3
49	TP=	94.5	CTC=	.153342C	C3	FC=	.468544C	C3
50	TP=	94.8	CTC=	.153300C	C3	FC=	.468545C	C3
51	TP=	95.0	CTC=	.153247C	C3	FC=	.468514C	C3
52	TP=	95.2	CTC=	.153186C	C3	FC=	.468551C	C3
53	TP=	95.4	CTC=	.153122C	C3	FC=	.468554C	C3
54	TP=	95.6	CTC=	.153046C	C3	FC=	.468522C	C3
55	TP=	95.7	CTC=	.152966C	C3	FC=	.468594C	C3
56	TF=	95.9	CTC=	.152881C	C3	FC=	.468414C	C3
57	TP=	96.1	CTC=	.152787C	C3	FC=	.468112C	C3
58	TP=	96.3	CTC=	.152685C	C3	FC=	.468106C	C3
59	TP=	96.5	CTC=	.152577C	C3	FC=	.468230C	C3
60	TP=	96.7	CTC=	.152461C	C3	FC=	.468237C	C3
61	TP=	96.9	CTC=	.152332C	C3	FC=	.468126C	C3
62	TP=	97.1	CTC=	.152207C	C3	FC=	.468351C	C3
63	TP=	97.3	CTC=	.152065C	C3	FC=	.468227C	C3
64	TP=	97.4	CTC=	.151922C	C3	FC=	.448403C	C3
65	TP=	97.6	CTC=	.151768C	C3	FC=	.448260C	C3
66	TP=	97.8	CTC=	.151605C	C3	FC=	.431277C	C3
67	TP=	98.0	CTC=	.151424C	C3	FC=	.422237C	C3

66	TP= 96.1	CTC=.151254C C3	FC=.414349C C3
69	TP= 96.3	CTC=.151022C C3	FC=.405214C C3
70	TP= 96.5	CTC=.150790C C3	FC=.396079C C3
71	TP= 96.7	CTC=.150558C C3	FC=.386944C C3
72	TP= 96.9	CTC=.150326C C3	FC=.377809C C3
73	TP= 96.0	CTC=.150094C C3	FC=.368674C C3
74	TP= 95.2	CTC=.149862C C3	FC=.359539C C3
75	TP= 95.3	CTC=.149725C C3	FC=.358272C C3
76	TP= 95.5	CTC=.149588C C3	FC=.357005C C3
77	TP= 95.6	CTC=.149451C C3	FC=.355738C C3
78	TP= 95.8	CTC=.149314C C3	FC=.354471C C3
79	TP= 100.0	CTC=.148555C C3	FC=.300415C C3
80	TP= 100.1	CTC=.148272C C3	FC=.286510C C3
81	TP= 100.3	CTC=.147941C C3	FC=.270457C C3
82	TP= 100.4	CTC=.147586C C3	FC=.264071C C3
83	TP= 100.6	CTC=.147212C C3	FC=.251402C C3
84	TP= 100.7	CTC=.146815C C3	FC=.238438C C3
85	TP= 100.9	CTC=.146394C C3	FC=.225122C C3
86	TP= 101.0	CTC=.145944C C3	FC=.211555C C3
87	TP= 101.1	CTC=.145473C C3	FC=.197866C C3
88	TP= 101.3	CTC=.144979C C3	FC=.183925C C3
89	TP= 101.4	CTC=.144463C C4	FC=.169754C C4
90	TP= 101.5	CTC=.143937C C4	FC=.155325C C4
91	TP= 101.7	CTC=.143393C C4	FC=.140677C C4
92	TP= 101.8	CTC=.142832C C4	FC=.125833C C4
93	TP= 101.9	CTC=.142254C C4	FC=.110736C C4
94	TP= 102.0	CTC=.141661C C4	FC=.095427C C4
95	TP= 102.2	CTC=.141053C C4	FC=.079847C C4
96	TP= 102.3	CTC=.140431C C4	FC=.064027C C4
97	TP= 102.4	CTC=.139795C C4	FC=.047997C C4
98	TP= 102.5	CTC=.139146C C4	FC=.031705C C4
99	TP= 102.7	CTC=.138484C C4	FC=.015190C C4
100	TP= 102.8	CTC=.137809C C4	FC=.000000C C5
101	TP= 102.9	CTC=.137122C C4	FC=.116250C C5
102	TP= 103.0	CTC=.136423C C4	FC=.125321C C5
103	TP= 103.2	CTC=.135712C C4	FC=.134200C C5
104	TP= 103.3	CTC=.134989C C4	FC=.142891C C5
105	TP= 103.4	CTC=.134254C C4	FC=.151398C C5
106	TP= 103.6	CTC=.133507C C4	FC=.159725C C5
107	TP= 103.7	CTC=.132749C C4	FC=.167876C C5
108	TP= 103.8	CTC=.131980C C4	FC=.175855C C5
109	TP= 103.9	CTC=.131201C C4	FC=.183666C C5
110	TP= 104.1	CTC=.130412C C4	FC=.191313C C5
111	TP= 104.2	CTC=.129613C C4	FC=.198799C C5
112	TP= 104.3	CTC=.128805C C4	FC=.206128C C5
113	TP= 104.5	CTC=.127988C C4	FC=.213303C C5
114	TP= 104.6	CTC=.127162C C4	FC=.220328C C5
115	TP= 104.7	CTC=.126328C C4	FC=.227207C C5
116	TP= 104.9	CTC=.125485C C4	FC=.233944C C5
117	TP= 105.0	CTC=.124634C C4	FC=.240542C C5
118	TP= 105.2	CTC=.123775C C4	FC=.247005C C5
119	TP= 105.3	CTC=.122908C C4	FC=.253337C C5
120	TP= 105.5	CTC=.122033C C4	FC=.259542C C5
121	TP= 105.6	CTC=.121150C C4	FC=.265615C C5
122	TP= 105.8	CTC=.120259C C4	FC=.271560C C5
123	TP= 105.9	CTC=.119360C C4	FC=.277380C C5
124	TP= 106.1	CTC=.118453C C4	FC=.283079C C5
125	TP= 106.3	CTC=.117538C C4	FC=.288660C C5
126	TP= 106.4	CTC=.116615C C4	FC=.294127C C5
127	TP= 106.6	CTC=.115684C C4	FC=.299484C C5
128	TP= 106.8	CTC=.114745C C4	FC=.304735C C5
129	TP= 107.0	CTC=.113798C C4	FC=.309884C C5
130	TP= 107.2	CTC=.112843C C4	FC=.314935C C5

131	TP= 107.4	CTC=.6561270 C4	FC=.6315e40 C5
132	TP= 107.6	CTC=.6786450 C4	FC=.6049C610 C5
133	TP= 107.8	CTC=.6957350 C4	FC=.6963370 C5
134	TP= 108.0	CTC=.5214250 C4	FC=.7244440 C5
135	TP= 108.2	CTC=.5427670 C4	FC=.7725220 C5
136	TP= 108.4	CTC=.5607650 C4	FC=.8127120 C5
137	TP= 108.6	CTC=.5904720 C4	FC=.8551550 C5
138	TP= 108.8	CTC=.1014520 C5	FC=.5555540 C5
139	TP= 109.1	CTC=.1040140 C5	FC=.5472540 C5
140	TP= 109.4	CTC=.1066180 C5	FC=.5575320 C5
141	TP= 109.6	CTC=.1092050 C5	FC=.1050600 C6
142	TP= 109.9	CTC=.1120880 C5	FC=.1106740 C6
143	TP= 110.1	CTC=.1145850 C5	FC=.1168320 C6
144	TP= 110.4	CTC=.1175420 C5	FC=.1225460 C6
145	TP= 110.7	CTC=.1210250 C5	FC=.1296420 C6
146	TP= 111.0	CTC=.1242200 C5	FC=.1367500 C6
147	TP= 111.3	CTC=.1275230 C5	FC=.1442590 C6
148	TP= 111.6	CTC=.1305710 C5	FC=.1523220 C6
149	TP= 112.0	CTC=.1345420 C5	FC=.1606530 C6
150	TP= 112.3	CTC=.1382530 C5	FC=.1695300 C6
151	TP= 112.6	CTC=.1421130 C5	FC=.1755550 C6
152	TP= 113.0	CTC=.1461320 C5	FC=.1858520 C6
153	TP= 113.4	CTC=.1503150 C5	FC=.2008710 C6
154	TP= 113.7	CTC=.1546850 C5	FC=.2125620 C6
155	TP= 114.1	CTC=.1592440 C5	FC=.2250000 C5
156	TP= 114.5	CTC=.1640080 C5	FC=.2364460 C6
157	TP= 115.0	CTC=.1689520 C5	FC=.2527310 C6
158	TP= 115.4	CTC=.1742160 C5	FC=.2660120 C6
159	TP= 115.8	CTC=.1796560 C5	FC=.2843750 C6
160	TP= 116.3	CTC=.1854520 C5	FC=.3018590 C6
161	TP= 116.7	CTC=.1915100 C5	FC=.3206840 C6
162	TP= 117.2	CTC=.1978950 C5	FC=.3408270 C6
163	TP= 117.7	CTC=.2046370 C5	FC=.3624300 C6
164	TP= 118.2	CTC=.2117700 C5	FC=.3855570 C6
165	TP= 118.7	CTC=.2193200 C5	FC=.4104250 C6
166	TP= 119.2	CTC=.2273600 C5	FC=.4370000 C6
167	TP= 119.7	CTC=.2359050 C5	FC=.4653810 C6
168	TP= 120.2	CTC=.2450210 C5	FC=.4955870 C6
169	TP= 120.7	CTC=.4567820 C5	FC=.1028710 C7
170	TP= 121.6	CTC=.4745570 C5	FC=.1023810 C7
171	TP= 122.6	CTC=.4922190 C5	FC=.1031850 C7
172	TP= 124.3	CTC=.4313540 C5	FC=.1045410 C7
173	TP= 126.2	CTC=.4055550 C5	FC=.1073410 C7
174	TP= 128.4	CTC=.3802760 C5	FC=.1078540 C7
175	TP= 130.9	CTC=.3465000 C5	FC=.1065390 C7
176	TP= 133.6	CTC=.3120220 C5	FC=.1045520 C7
177	TP= 136.7	CTC=.2780520 C5	FC=.1023320 C7
178	TP= 140.1	CTC=.2476340 C5	FC=.9920060 C6
179	TP= 143.6	CTC=.2195100 C5	FC=.9576070 C6
180	TP= 147.4	CTC=.1944180 C5	FC=.9220550 C6
181	TP= 151.4	CTC=.1722640 C5	FC=.8857150 C6
182	TP= 155.6	CTC=.1523290 C5	FC=.8454590 C6
183	TP= 159.9	CTC=.1358420 C5	FC=.8136880 C6
184	TP= 164.4	CTC=.1210210 C5	FC=.7792300 C6
185	TP= 169.0	CTC=.1080530 C5	FC=.7457540 C6
186	TP= 173.7	CTC=.9681040 C4	FC=.7136060 C6
187	TP= 178.5	CTC=.8094550 C4	FC=.6828000 C6
188	TP= 183.5	CTC=.7821550 C4	FC=.6535710 C6
189	TP= 188.5	CTC=.7073420 C4	FC=.6257230 C6
190	TP= 193.5	CTC=.6407480 C4	FC=.5993000 C6
191	TP= 198.7	CTC=.5819740 C4	FC=.5742630 C6
192	TP= 203.9	CTC=.5300030 C4	FC=.5505620 C6
193	TP= 209.1	CTC=.4839220 C4	FC=.5281340 C6

195	TP= 215.8	CTC=.4422510 C4	FC=.506540 C6
196	TP= 225.2	CTC=.4564250 C4	FC=.4600010 C6
197	TP= 230.0	CTC=.4727740 C4	FC=.4447510 C6
198	TP= 236.1	CTC=.4912100 C4	FC=.4495310 C6
199	TP= 241.0	CTC=.5117100 C4	FC=.4590000 C6
200	TP= 247.1	CTC=.5344510 C4	FC=.4765410 C6
201	TP= 252.6	CTC=.5597350 C4	FC=.4937250 C6
202	TP= 258.2	CTC=.5876510 C4	FC=.5125170 C6
203	TP= 263.8	CTC=.6181500 C4	FC=.5320040 C6
204	TP= 269.4	CTC=.6513500 C4	FC=.5532850 C6
205	TP= 275.1	CTC=.6873150 C4	FC=.5763520 C6
206	TP= 280.8	CTC=.7260500 C4	FC=.6022370 C6
207	TP= 286.5	CTC=.7676720 C4	FC=.6309720 C6
208	TP= 292.2	CTC=.8122800 C4	FC=.6625500 C6
209	TP= 298.0	CTC=.8600800 C4	FC=.6970820 C6
210	TP= 303.8	CTC=.9111700 C4	FC=.7346720 C6
211	TP= 309.7	CTC=.9656500 C3	FC=.7754200 C5
212	TP= 315.5	CTC=.1024700 C3	FC=.8194320 C5
213	TP= 321.1	CTC=.1108550 C3	FC=.8667950 C5
214	TP= 326.7	CTC=.1200000 C3	FC=.9175100 C5
215	TP= 332.1	CTC=.1300000 C3	FC=.9716800 C5
216	TP= 337.4	CTC=.1408500 C3	FC=.1024000 C5
217	TP= 342.7	CTC=.1525500 C3	FC=.1132210 C5
218	TP= 347.9	CTC=.1651500 C3	FC=.1241070 C5
219	TP= 353.1	CTC=.1786500 C3	FC=.1350450 C5
220	TP= 358.2	CTC=.1930500 C3	FC=.1461400 C5
221	TP= 363.2	CTC=.2083500 C3	FC=.1573930 C5
222	TP= 368.1	CTC=.2245500 C3	FC=.1688010 C5
223	TP= 373.1	CTC=.2416500 C3	FC=.1803700 C5
224	TP= 377.9	CTC=.2596500 C3	FC=.1921000 C5
225	TP= 382.8	CTC=.2785500 C3	FC=.2040000 C5
226	TP= 387.5	CTC=.2983500 C3	FC=.2160700 C5
227	TP= 392.3	CTC=.3191000 C3	FC=.2283100 C5
228	TP= 397.0	CTC=.3408000 C3	FC=.2407200 C5
229	TP= 401.6	CTC=.3634500 C3	FC=.2533000 C5
230	TP= 406.2	CTC=.3870500 C3	FC=.2660500 C5
231	TP= 410.8	CTC=.4116500 C3	FC=.2790000 C5
232	TP= 415.3	CTC=.4372500 C3	FC=.2921500 C5
233	TP= 419.8	CTC=.4638500 C3	FC=.3055000 C5
234	TP= 424.3	CTC=.4914500 C3	FC=.3190500 C5
235	TP= 428.7	CTC=.5200500 C3	FC=.3328000 C5
236	TP= 433.1	CTC=.5496500 C3	FC=.3467500 C5
237	TP= 437.4	CTC=.5802500 C3	FC=.3609000 C5
238	TP= 441.7	CTC=.6118500 C3	FC=.3752500 C5
239	TP= 446.0	CTC=.6444500 C3	FC=.3898000 C5
240	TP= 450.3	CTC=.6780500 C3	FC=.4045500 C5
241	TP= 454.5	CTC=.7126500 C3	FC=.4195000 C5
242	TP= 458.7	CTC=.7482500 C3	FC=.4346500 C5
243	TP= 462.8	CTC=.7848500 C3	FC=.4499000 C5
244	TP= 466.9	CTC=.8224500 C3	FC=.4653500 C5
245	TP= 471.0	CTC=.8610500 C3	FC=.4809000 C5
246	TP= 475.1	CTC=.9006500 C3	FC=.4966500 C5
247	TP= 479.1	CTC=.9412500 C3	FC=.5126000 C5
248	TP= 483.1	CTC=.9828500 C3	FC=.5287500 C5
249	TP= 487.0	CTC=.1029000 C3	FC=.5451000 C5
250	TP= 491.0	CTC=.1139000 C3	FC=.5616500 C5
251	TP= 494.9	CTC=.1249000 C3	FC=.5784000 C5
252	TP= 498.7	CTC=.1369000 C3	FC=.5953500 C5
253	TP= 502.6	CTC=.1489000 C3	FC=.6125000 C5
254	TP= 506.4	CTC=.1609000 C3	FC=.6298500 C5
255	TP= 510.2	CTC=.1729000 C3	FC=.6474000 C5
256	TP= 513.9	CTC=.1849000 C3	FC=.6651500 C5
257	TP= 517.7	CTC=.1969000 C3	FC=.6831000 C5
258	TP= 521.4	CTC=.2089000 C3	FC=.7012500 C5
259	TP= 525.1	CTC=.2209000 C3	FC=.7196000 C5
260	TP= 528.7	CTC=.2329000 C3	FC=.7381500 C5
261	TP= 532.3	CTC=.2449000 C3	FC=.7569000 C5
262	TP= 535.9	CTC=.2569000 C3	FC=.7758500 C5
263	TP= 539.5	CTC=.2689000 C3	FC=.7950000 C5
264	TP= 543.0	CTC=.2809000 C3	FC=.8143500 C5
265	TP= 546.6	CTC=.2929000 C3	FC=.8339000 C5
266	TP= 550.1	CTC=.3049000 C3	FC=.8536500 C5
267	TP= 553.5	CTC=.3169000 C3	FC=.8736000 C5
268	TP= 557.0	CTC=.3289000 C3	FC=.8937500 C5
269	TP= 560.4	CTC=.3409000 C3	FC=.9141000 C5
270	TP= 563.8	CTC=.3529000 C3	FC=.9346500 C5
271	TP= 567.2	CTC=.3649000 C3	FC=.9554000 C5
272	TP= 570.6	CTC=.3769000 C3	FC=.9763500 C5
273	TP= 573.9	CTC=.3889000 C3	FC=.9975000 C5
274	TP= 577.2	CTC=.4009000 C3	FC=.1008000 C5
275	TP= 580.5	CTC=.4129000 C3	FC=.1042000 C5
276	TP= 583.8	CTC=.4249000 C3	FC=.1077000 C5
277	TP= 587.1	CTC=.4369000 C3	FC=.1112000 C5
278	TP= 590.3	CTC=.4489000 C3	FC=.1148000 C5
279	TP= 593.5	CTC=.4609000 C3	FC=.1184000 C5
280	TP= 596.7	CTC=.4729000 C3	FC=.1221000 C5

