

Marcelo Oliveira de Souza

**Software para o Cálculo de Problemas de
Transferência de Calor**

Nota 10,0

Aprovado

ms

**Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia Mecânica**

São Paulo

1997

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

TRABALHO DE FORMATURA 1997

**PMC-581 PROJETO MECÂNICO II
(Projeto e Fabricação)**

**Software para o Cálculo de Problemas de
Transferência de Calor**

Aluno:	Marcelo Oliveira de Souza	Nº USP: 2816467
Prof. Orientador:	Míriam R. Tavares	
Prof. Responsável:	Edson Gomes	

Índice

1 Objetivo	1
2 Estudo de Viabilidade do Projeto	2
2.1 Estabelecimento da necessidade	2
2.2 Formulação do Projeto	2
2.3 Síntese das soluções	3
3 Projeto Básico	6
3.1 Solução adotada	6
3.2 Estrutura do Software	6
3.3 Estrutura da planilha Ferramentas	7
3.3.1 Condução	7
3.3.1.1 Unidimensional em Regime Permanente	7
3.3.1.2 Regime Transitório	8
3.3.2 Convecção	8
3.3.2.1 Convecção Forçada no Escoamento Externo	8
3.3.2.2 Convecção Forçada no Escoamento Interno	9
3.3.2.3 Convecção Natural no Escoamento Externo	9
3.4 Estrutura das Ferramentas	10
3.4.1 Tela de Entrada de Dados e Resultados	10
3.4.2 Tela de Fórmulas	11
3.4.3 Tela de Perfil de Temperaturas	12
3.4.4 Ferramentas Auxiliares	13
3.4.4.1 Caixa de Seleção do Material	13
3.4.4.2 Caixa de Seleção do Fluido	13
3.4.4.3 Caixa de Seleção da Correlação	14
3.4.4.4 Caixa de Seleção da Escala de Tempo	14
3.4.4.5 Botões de Movimentação	15
4 Como utilizar o software	16
4.1 Entrada de Dados e Resultados	16
4.2 Fórmulas	16
4.3 Perfil de Temperaturas	17
4.4 Observações	17
5 Conclusão	18
Apêndices	19
I - Propriedades dos Materiais	19
II - Coeficientes	26
Bibliografia	31

1 Objetivo

Este Trabalho de Formatura tem como objetivo o desenvolvimento de um software com as ferramentas básicas da Transferência de Calor para facilitar e agilizar a resolução dos problemas de Transferência de Calor.

2 Estudo de Viabilidade do Projeto

2.1 Estabelecimento da necessidade

A resolução dos problemas de Transferência de Calor muitas vezes são complicados e envolvem muitas fórmulas, tabelas, gráficos e hipóteses de validade (principalmente na parte de Transferência de Calor por Convecção).

Um software para o cálculo dos problemas de Transferência de Calor com as ferramentas básicas fornecidas em livros texto de Transferência de Calor como os adotados em cursos de graduação ("Frank P. Incropera & David P. de Witt , Fundamentos de Transferência de Calor e Massa e J. P. Holman , Transferência de Calor) seria útil tanto para os cursos universitários de Transferência de Calor (teóricos e principalmente de laboratórios) quanto para o engenheiro não especialista, que em sua vida profissional pode defrontar-se algumas vezes com problemas corriqueiros de Transferência de Calor.

E não raro os cálculos precisam ser repetidos várias vezes para diferentes condições, o que um software pode fazer rapidamente simplificando a vida do usuário.

Portanto um software que forneça todas as ferramentas para a solução dos problemas básicos de Transferência de Calor será de grande utilidade para alunos e professores.

2.2 Formulação do Projeto

O software deverá receber como entradas:

- Tipo de mecanismo de Transferência de Calor (Condução ou Convecção).
- Escolha das hipóteses(Regime Permanente ou Transitório, com ou sem Geração Interna de Calor, Fluxo de Calor Constante ou Temperatura Constante, Convecção Forçada ou Natural, Escoamento Interno ou Externo, etc.) adequadas.
- Escolha da geometria adequada (Placa Plana, Cilindro, Esfera, etc.).

- Dimensões (Largura, Comprimento, Espessura, Raio, etc.).
- Material e Fluido quando for o caso.
- Propriedades dos Materiais (Condutividade Térmica, Calor Específico, Densidade e Difusividade Térmica) e dos Fluidos (Densidade, Calor Específico, Viscosidade Dinâmica, Viscosidade Cinemática, Condutividade Térmica, Difusividade Térmica e N° de Prandtl), quando o material ou fluido não constar da relação de materiais e fluidos fornecido pelo software.
- Condições de contorno apropriadas (Temperatura das Paredes e Fluidos, Fluxo de Calor, Calor transferido etc).

O software fornecerá como resultados:

- N° de Reynolds, N° de Nusselt, Coeficiente de transferência de Calor por Convecção, etc..
- Temperaturas
- Perfil de Temperaturas
- Fluxo de Calor e Calor Transferido

2.3 Síntese das soluções

Como a maioria dos problemas de Transferência de Calor ocorrem com mais de um mecanismo de Transferência de Calor (Condução, Convecção e Radiação), o desenvolvimento de um software para o cálculo de qualquer tipo de problema de Transferência de Calor (envolvendo todas as combinações de iteração dos mecanismos de transferência) seria demasiadamente complexo.

Face ao exposto acima não será o objetivo deste trabalho o desenvolvimento de um software para o cálculo de problemas de Transferência de Calor envolvendo vários mecanismos de Transferência de Calor simultaneamente.

O objetivo deste trabalho será proporcionar as Ferramentas Básicas para o cálculo dos problemas de Transferência de Calor por cada mecanismo separadamente, cabendo ao usuário saber quais ferramentas deve utilizar ou combinar para poder resolver seu problema específico.

Como Plataforma para o desenvolvimento do software foram estudadas:

⇒ **Pascal**

A linguagem Pascal poderia ser utilizada para o desenvolvimento do software em questão e teria como:

Vantagens:

- Pleno conhecimento da linguagem por minha parte.
- O programa poderia rodar a partir do DOS ou WINDOWS.
- A resposta aos Cálculos Matemáticos seria mais rápida.

Desvantagens:

- Complicação na hora de combinar os resultados das diferentes ferramentas.
- Seria um software fechado, ou seja, de difícil alteração por parte dos usuários.
- A entrada de dados necessariamente deveria ser feita em uma ordem predeterminada.
- Apresentação não profissional.

⇒ **Visual Basic**

A linguagem Visual Basic poderia ser utilizada para o desenvolvimento do software em questão e teria como:

Vantagens:

- Apresentação profissional.
- Seguiria o padrão da maioria dos softwares desenvolvidos para utilização em WINDOWS.

Desvantagens:

- Complicação na hora de combinar os resultados das diferentes ferramentas.
- Seria um software fechado, ou seja, de difícil alteração por parte dos usuários.
- Falta de conhecimento avançado da linguagem por minha parte.
- O programa só poderia rodar a partir do WINDOWS.

⇒ **Excel**

A Plataforma do Excel poderia ser utilizada para o desenvolvimento do software em questão e teria como:

Vantagens:

- Apresentação profissional.
- Pleno conhecimento da Plataforma por minha parte.
- Facilidade na hora de combinar os resultados das diferentes ferramentas.
- Seria um software aberto, ou seja, de fácil alteração por parte dos usuários.
- Grande número de ferramentas oferecidas pelo Excel (Auxiliar Gráfico, Solver , Atingir Metas, Cenários, Rastrear Precedentes, etc.) que podem auxiliar os usuários.

Desvantagens:

- O programa só poderia rodar a partir do WINDOWS.

3 Projeto Básico

3.1 Solução adotada

À partir da análise de cada uma das possíveis soluções optou-se por utilizar a Plataforma do Excel devido as suas vantagens.

3.2 Estrutura do Software

A estrutura do software está baseada em uma Pasta de Trabalho desenvolvida no Excel 7 para WINDOWS 95 dividida em:

- Planilha **"FERRAMENTAS"** que tem as Telas das Ferramentas com Entrada de Dados, Resultados, etc., Telas de Fórmulas e Telas de Perfil de Temperaturas.
- Planilha **"TABELAS"** que contem as tabelas com propriedades dos materiais e fluidos além dos coeficientes utilizados nas equações.
- Modulo **"MACROS"** que contem as Macros de Propriedades, Cálculos e Movimentação.
- Modulo **"FUNÇÕES"** que contem algumas Funções úteis para o usuário como cálculo de áreas, volumes, velocidades, vazões, etc.
- Tela de **Ajuda** que pode ser acessada através do Menu **"?"** Submenu **"Sobre o TRANSCAL"** que fornece as informações necessárias à utilização e entendimento do software.
- A Pasta de Trabalho apresentará ainda um MENU para que o usuário possa escolher e alternar entre as Ferramentas.

Obs.: Para facilitar, chamaremos cada Tela de Entrada de Dados e Resultados de Ferramenta.

3.3 Estrutura da Planilha “FERRAMENTAS”

A Planilha de Ferramentas está dividida em dois grandes blocos: Condução e Convecção que estão subdivididos da seguinte forma:

3.3.1 Condução

3.3.1.1 Unidimensional em Regime Permanente

Condução	
Unidimensional em Regime Permanente ▶	Parede Plana Simples
Regime Transitório ▶	Parede Plana Composta
	Parede Plana com Convecção
	Cilindro Simples
	Cilindro Composto
	Cilindro com Convecção
	Espessura Crítica de Isolamento p/ Cilindros
	Parede Plana com Geração de Calor
	Cilindro com Geração de Calor
	Aletas (Método Numérico)
	Aletas (Método Gráfico)

Figura 3.3.1.1

3.3.1.2 Regime Transitório

Condução	
Unidimensional em Regime Permanente ▶	
Regime Transitório ▶	Análise Concentrada
	Sólido Semi-Infinito com Temperatura Superficial Constante
	Sólido Semi-Infinito com Fluxo de Calor Constante
	Sólido Semi-Infinito com Convecção na Superfície
	Parede Plana com Convecção
	Cilindro Infinito com Convecção
	Esfera com Convecção
	Chapa Semi-Infinita
	Paralelepípedo Retangular
	Cilindro Curto

Figura 3.3.1.2

3.3.2 Convecção

3.3.2.1 Convecção Forçada no Escoamento Externo

Convecção	
Convecção Forçada no Escoamento Externo ▶	Placa Plana no Escoamento Paralelo
Convecção Forçada no Escoamento Interno ▶	Cilindro no Escoamento Transversal
	Esfera
Convecção Natural no Escoamento Externo ▶	Feixe de Tubos

Figura 3.3.2.1

3.3.2.2 Convecção Forçada no Escoamento Interno

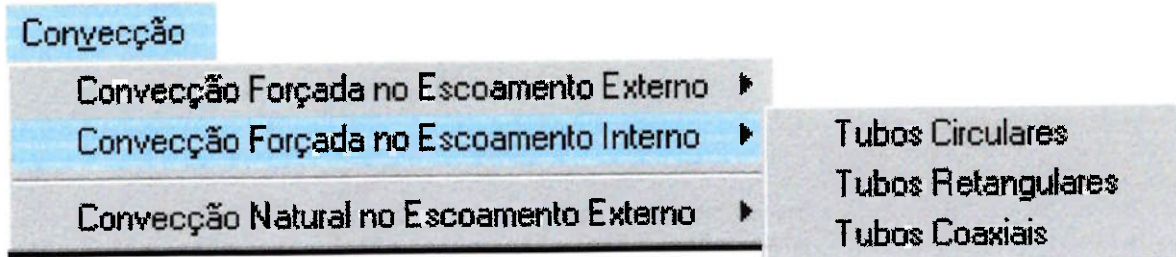


Figura 3.3.2.2

3.3.2.3 Convecção Natural no Escoamento Externo

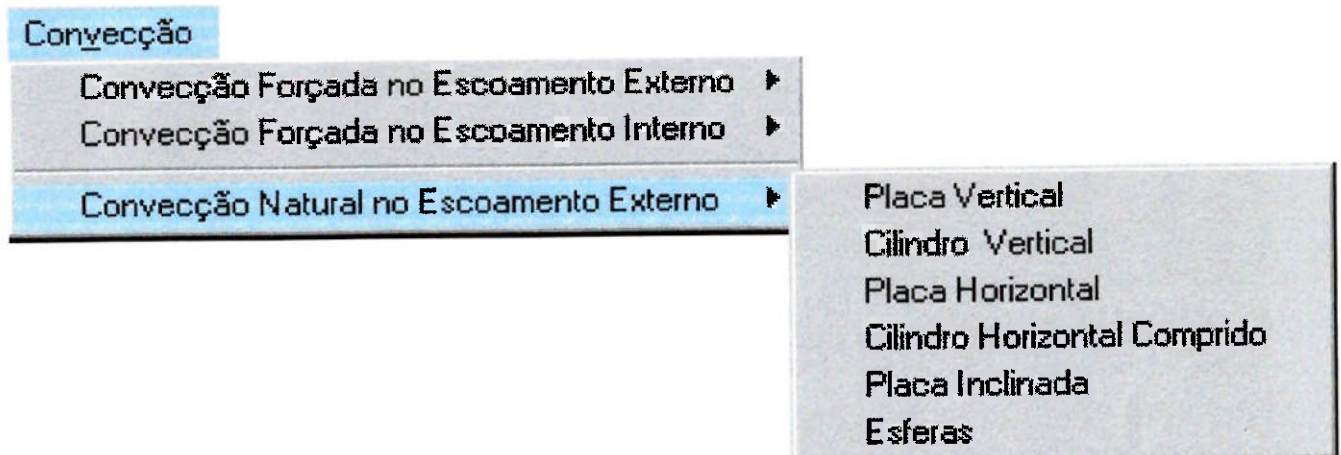


Figura 3.3.2.3

3.4 Estrutura das Ferramentas

Cada Ferramenta é composta de:

3.4.1 Tela de Entrada de Dados e Resultados

Onde o usuário fornecerá os dados dimensionais, temperaturas e escolherá a correlação (no caso de Convecção), o material e o fluido para que o software encontre as propriedades de que necessita, ou caso o software não tenha o material ou fluido em seu banco de dados, o usuário deverá fornecer tais propriedades.

<u>Condução Unidimensional em Regime Transitório</u>		<u>Análise Concentrada</u>
Entrada de Dados K 19.6355 W/mC Condutibilidade Térmica do Sólido Cp 552.655 W/KgK Calor Específico p 8055 Kg/m3 Densidade V 6.5E-05 m3 Volume do Sólido A 0.00785 m2 Area Superficial do Sólido t 5818 s Tempo h 10 W/m2C Coeficiente de Convecção Ti 450 C Temperatura inicial do Sólido Tf 100 C Temperatura do Fluido que envolve o Sólido T 150 C Temperatura final do Sólido Selecione o Material Aço Inox AISI 302 Tm 300 C Bi= 0.00424 Kmat 19.6 W/mC Cpmat 553 W/mC pmat 8055 W/mC		Resultados t(T)= 7218.74 s ou t(T)= 2 horas 0 min e 18 s T(t)= 172.938 C Q(t)= 80724.4 W FÓRMULAS Perfil de Teperatura

Figura 3.4.1

A Figura 3.4.1 refere-se a um exemplo da Tela de Entrada de Dados e Resultados para um caso de Condução Unidimensional em Regime Transitório utilizando a Análise Concentrada onde os Dados de Entrada podem ser vistos à esquerda e os Resultados à direita.

3.4.2 Tela de Fórmulas

Onde o usuário poderá verificar as fórmulas e nomes das variáveis utilizadas na *Tela de Entrada de Dados e Resultados* da Ferramenta respectiva.

Condução Unidimensional em Regime Transitório		Análise Concentrada	
Fórmulas		Variáveis	
$t = (pVC_p/hA) * \ln(T_i - T_f / T - T_f)$		h	Coefficiente de Convecção
$T = (T_i - T_f) \exp(-hAt/pVC_p) + T_f$		K	Condutibilidade Térmica do Sólido
$Q = pVC_p(T_i - T_f)(1 - \exp(-hAt/pVC_p))$		Cp	Calor Específico
		p	Densidade
		V	Volume do Sólido
		A	Area Superficial do Sólido
		t	Tempo
		Ti	Temperatura inicial do Sólido
		Tf	Temperatura do Fluido que envolve o Sólido
		T	Temperatura final do Sólido
		Bi	Número de Biot
		Dados / Resultados	
		Perfil de Teperatura	

Figura 3.4.2

A Figura 3.4.2 refere-se a um exemplo da Tela de Fórmulas para um caso de Condução Unidimensional em Regime Transitório utilizando a Análise Concentrada onde as Fórmulas podem ser vistas à esquerda e as Variáveis à direita.

3.4.3 Tela de Perfil de Temperaturas

Onde o usuário poderá verificar o perfil de Temperaturas da Ferramenta respectiva (nem todas as Ferramentas possuem esta Tela).

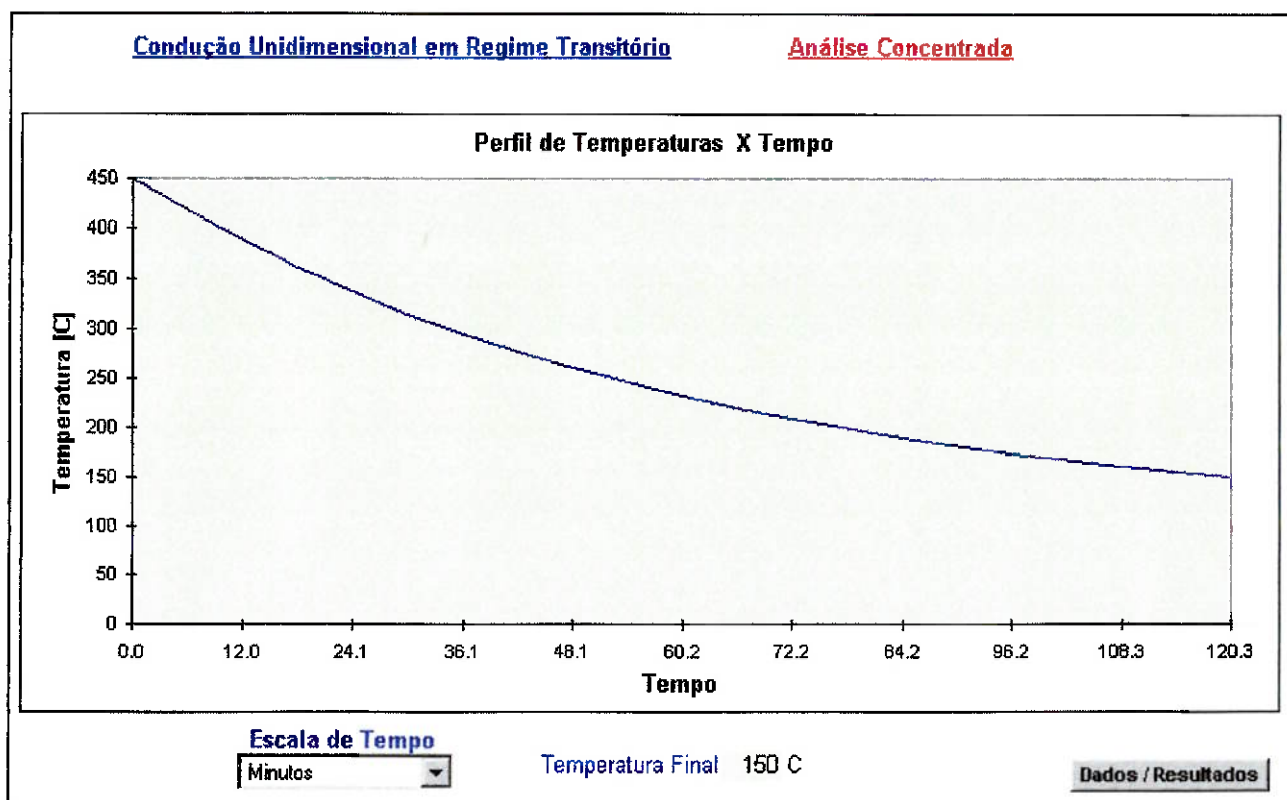


Figura 3.4.3

A Figura 3.4.3 refere-se a um exemplo da Tela de Perfil de Temperaturas para um caso de Condução Unidimensional em Regime Transitório utilizando a Análise Concentrada onde a escolha da Unidade de Tempo é feita à partir da caixa de seleção à esquerda e a Temperatura Final do sólido deve ser fornecida à direita.

3.4.4 Ferramentas Auxiliares

3.4.4.1 Caixa de Seleção do Material

Com esta Ferramenta Auxiliar o usuário pode selecionar o Material para que o software utilize as propriedades do Material, fazendo com que o usuário não necessite pesquisar em tabelas as propriedades do Material.

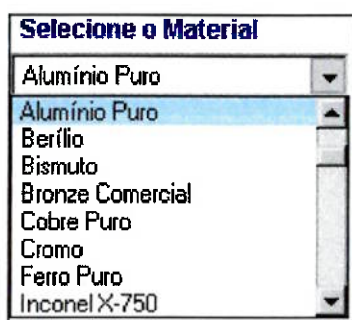


Figura 3.4.4.1

3.4.4.2 Caixa de Seleção do Fluido

Com esta Ferramenta Auxiliar o usuário pode selecionar o Fluido para que o software utilize as propriedades do Fluido, fazendo com que o usuário não necessite pesquisar em tabelas as propriedades do Fluido.

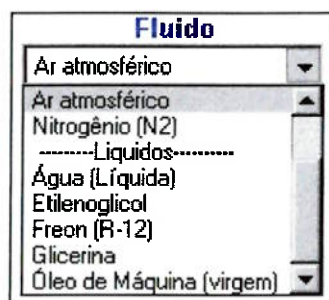


Figura 3.4.4.2

3.4.4.3 Caixa de Seleção da Correlação

Com esta Ferramenta Auxiliar o usuário pode selecionar a Correlação adequada para que o software calcule o problema de Convecção baseado na Correlação selecionada. O software permite a seleção de correlações inadequadas para algum caso específico, mas fornece como respostas “N/D” indicando que a correlação não é adequada para o caso específico.

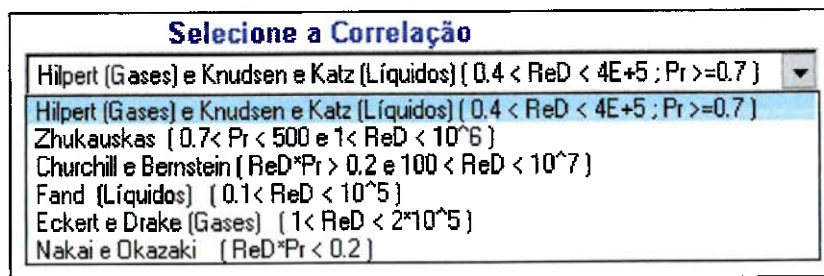


Figura 3.4.4.3

3.4.4.4 Caixa de Seleção da Escala de Tempo

Com esta Ferramenta Auxiliar o usuário pode selecionar a Unidade de Tempo que o software adotará para plotar o Gráfico correspondente.



Figura 3.4.4.4

3.4.4.5 Botões de Movimentação

Os Botões de Movimentação devem ser utilizados para a movimentação dentro de cada Ferramenta levando o usuário para as Telas de Fórmulas, Perfil de Temperatura e Entrada de Dados e Resultados.

FÓRMULAS

**Perfil de
Temperatura**

Dados / Resultados

4 Como utilizar o software

Para utilizar o software é preciso entrar no EXCEL e abrir a Pasta de Trabalho "TRANSCAL.XLS".

Ao acessar o software pela primeira vez é aconselhável ler cuidadosamente a Tela de Ajuda que pode ser acessada à partir do Menu "?" Submenu **"Sobre o TRANSCAL"** que fornece as informações necessárias à utilização e entendimento do software.

Na Planilha "FERRAMENTAS" deve-se selecionar no Menu qual a Ferramenta que se deseja utilizar.

4.1 Entrada de Dados e Resultados

Após selecionar no Menu qual a Ferramenta a utilizar deve-se fornecer ao software as informações de que ele necessita. Estas informações devem ser preenchidas nos campos com fundo cinza ou azul ou nas caixas de seleção e são elas:

- **Propriedades do Material e ou Fluido:** Para isto basta selecionar na respectiva caixa da seleção o Material e ou Fluido. Caso o Material ou Fluido não esteja relacionado na caixa de seleção deve-se fornecer manualmente as respectivas propriedades.
- **Dimensões / Temperaturas / Tempo / Velocidades / Fluxo de Calor / etc.:** Para isto basta preencher o respectivo campo com fundo cinza ou azul.

Correlação: No caso de problemas de Convecção é preciso selecionar a correlação adequada na respectiva caixa de seleção

4.2 Fórmulas

A tela de Fórmulas serve para mostrar as fórmulas e variáveis utilizadas na Tela de Entrada de Dados e Resultados.

4.3 Perfil de Temperaturas

- Escala de Tempo: Nos gráficos que apresentam esta opção deve-se prestar atenção à unidade de tempo utilizada e caso a atual não seja a desejada basta selecionar a que se deseja.
- Tempo Total / Temperatura Final: Referem-se aos limites do gráfico e devem ser preenchidos.

4.4 Observações

- Somente os campos com fundo cinza ou azul devem se preenchidos
- Os campos com fundo cinza são obrigatórios para o cálculo de todos os Resultados da Ferramenta correspondente.
- Os campos com fundo azul são obrigatórios somente para o cálculo de alguns dos Resultados da Ferramenta correspondente.
- Células, Linhas ou Colunas não devem ser inseridas ou excluídas para evitar prejuízos ao software.
- Os dados entrados devem ser coerentes para evitar resultados incoerentes.
- Para a Movimentação neste software não é necessária a utilização das Barras de Rolagem. Para a movimentação devem ser utilizados apenas o **MENU** e os **Botões de Movimentação**.
- A inserção de novos Materiais, para serem selecionados à partir das caixas de seleção de material, pode ser feita inserindo-se células na Planilha "Tabelas" no local indicado e digitando-se o nome do material e suas respectivas propriedades. O mesmo é válido para a inserção de novos Fluidos.
- A utilização deste software "**Em caráter Experimental**" está liberada aos Alunos e Professores da POLI, porém a sua cópia ou utilização total ou parcial para fins Lucrativos ou Profissionais está proibida e sujeita às Leis de Direitos Autorais

5 Conclusão

Pelo tempo que tive para desenvolver o software (2 meses) o resultado foi muito bom superando as expectativas em alguns pontos.

O software desenvolvido apresenta como pontos positivos:

- Apresentação profissional
- Fácil entrada de dados pelo usuário
- Facilidade de uso (poupando a necessidade de consultas a tabelas e gráficos)
- Resposta rápida nos cálculos (tomando como base o Pentium 90mhz)
- Fácil visualização dos resultados e gráficos
- Plataforma aberta permitindo uma fácil alteração em dados que por ventura estejam errados nas tabelas ou ainda fórmulas que não estejam corretas

O software desenvolvido apresenta como pontos negativos:

- Nem todas as fórmulas foram testadas
- Nem todos os campos de entrada de dados fornecem mensagem de erro quando o usuário fornece um dado incoerente
- O software não resolve os problemas de Radiação, pois o estudo da radiação envolve muitos casos específicos

Todos os pontos negativos são devidos à falta de tempo para a inclusão ou aperfeiçoamento destes pontos.

A melhoria e a inclusão de novas ferramentas a este software poderá ser feita por outros alunos e ou professores, aliás foi para isso que o desenvolvi em uma plataforma aberta como o Excel.

O objetivo do trabalho foi atingido e espero que ele ajude aos colegas e professores em sua vida acadêmica na resolução de problemas corriqueiros de Transferência de Calor.

Apêndices

Os apêndices apresentam as tabelas que o software se utiliza para seus cálculos e encontram-se em uma planilha chamada “Tabelas”.

I - Propriedades dos Materiais

Este apêndice apresenta as propriedades dos Materiais:

- Sólidos: Ponto de Fusão, Densidade, Difusividade, Condutibilidade Térmica e Calor Específico.
- Líquidos: Densidade, Calor Específico, Viscosidade, Condutibilidade Térmica, n° de Prandtl e Volume Específico.
- Gasosos: Densidade, Calor Específico, Viscosidade Dinâmica e Cinemática, Condutibilidade Térmica e n° de Prandtl.

Propriedades dos Sólidos

Material	Pto. Fusão	Densidade	Difusividade	100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000
	K	(Kg/m ³)	(10 ⁻⁶ *m ² /s)				K (W/mK)					
Aço Carbono AISI 1010	1810	7832	18,8		69	58,7	48,8	39,2	31			
Aço Carbono não Ligado	1810	7854	17,7		66,7	56,7	48	39,2	30			
Aço Inox AISI 302	1670	8055	3,91		12,9	17,3	20	22,8	25			
Aço Inox AISI 304	1670	7900	3,95	9,2	12,6	16,6	19,8	22,6	25	28	32	
Aço Inox AISI 316	1670	8238	3,48		11,6	15,2	18,3	21,3	24			
Alumínio Liga 2024	775	2770	73	65	163	186	186					
Alumínio Puro	933	2702	97,1	302	237	240	231	218				
Berílio	1550	1850	59,2	990	301	161	126	106	91	79		
Bismuto	545	9780	6,59	16,5	9,69	7,04						
Bronze Comercial	1293	8800	14		42	52	59					
Cobre Puro	1358	8933	117	401	482	413	393	379	366	352	339	
Cromo	2118	7160	29,1	159	111	90,9	80,7	71,3	65	62	57	49
Ferro Puro	1810	7870	23,1	134	94	69,5	54,7	43,3	33	28	32	
Inconel X-750	1665	8510	3,1	8,7	10,3	13,5	17	20,5	24	28	33	
Latão	1188	8530	33,9	75	95	137	149					
Nichrome	1672	8400	3,4		10	14	16	21				
Níquel Puro	1728	8900	23	164	107	80,2	65,6	67,6	72	76	83	
Ouro	1336	19300	127	327	323	311	298	284	270	255		
Platina Pura	2045	21450	25,1	77,5	72,6	71,8	73,2	75,6	79	83	90	99
Prata	1235	10500	174	444	430	425	412	396	379	361		
Silício	1685	2330	89,2	884	264	98,9	61,9	42,2	31	26	23	
Titânio	1953	4500	9,32	30,5	24,5	20,4	19,4	19,7	21	22	25	
Tório	2023	11700	39,1	59,8	54,6	54,5	55,8	56,9	57	59		
Tungstênio	3660	19300	68,3	208	186	159	137	125	118	113	107	100
Zinco	693	7140	41,8	117	118	111	103					
Amianto não compactado		530	0,4		0,15	0,16						
Boro	2573	2500	9,99	190	55,2	18,7	11,3	8,1	6,3	5,2		
Calcáreo		2500	0,57			1,26	1,33					
Carbeto de Silício	3100	3160	230						87	58	30	
Dióxido de Silício (Sílica Fundida)	1883	2220	0,834	0,69	1,14	1,51	1,75	2,17	2,9	4		
Granito		2640	1,3			1,73	3,98					
Lã de Rocha não compactada	305	160		0,04	0,04	0,06	0,09					
Mármore		2600	1,15			2,07	2,94					
Óxido de Alumínio, Policristalino	2323	3970	11,9	133	55	26,4	15,8	10,4	7,9	6,6	5,7	6
Tijolo Refratário queimado a 1330C		2000	0,54					1,04	1,1	1,1	1,1	
Tijolo Refratário queimado a 1450C		2300	0,58					1,28	1,3	1,4	1,4	
Arenito	313	2250	1,15	1,83	Obs.:							
Argamassa	300	1500		1,16	A temperatura indicada na coluna Pto.Fusão							
Asfalto	328			0,76	para os materiais abaixo desta linha não se							
Cimento amianto				2,08	referem ao ponto de fusão do material, mas							
Cimento portland	300	1500		0,29	apenas a temperatura na qual as outras							
Concreto de escória	300			0,76	propriedades foram medidas.							
Cortiça	303	160		0,04								
Feltro de Lã	303	330		0,05	A condutibilidade térmica dos materiais abaixo							
Gesso	293	1440	0,4	0,48	desta linha estão baseados na temperatura							
Lã de Vidro	296	24	2,26	0,04	indicada na coluna Pto.Fusão							
Madeira (Balsa)	303	140		0,06								
Madeira (Carvalho)	303	540	0,128	0,17								
Madeira (Pau de Cipreste)	303	460		0,1								
Madeira (Pinheiro Amarelo)	303	640	0,082	0,15								
Madeira (Pinho)	303	420	0,096	0,11								
Papelão ondulado				0,06								
Tijolo de Construção Comum	293	1600	0,52	0,69								
Tijolo de Construção de parâmetro	293	2000		1,32								
Vidro de janelas	293	2700	0,34	0,78								

Propriedades dos Sólidos

Material	100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000
	Cp (J/kgK)								
Aço Carbono AISI 1010		405	487	559	685	1168			
Aço Carbono não Ligado		405	487	559	685	1169			
Aço Inox AISI 302		448	512	559	585	606			
Aço Inox AISI 304	272	402	515	557	582	611	640	682	
Aço Inox AISI 316		432	504	550	576	602			
Alumínio Liga 2024	473	787	925	1042					
Alumínio Puro	482	798	949	1033	1146				
Berílio	203	1114	2191	2604	2823	3018	3227	3519	
Bismuto	112	120	127						
Bronze Comercial		785	460	545					
Cobre Puro	252	356	397	417	433	451	480		
Cromo	192	384	484	542	581	616	682	779	
Ferro Puro	216	384	490	574	680	975	609	654	
Inconel X-750		372	473	510	546	626			
Latão		360	395	425					
Nichrome		360	480	525	545				
Níquel Puro	232	383	485	592	530	562	594	616	
Ouro	109	124	131	135	140	145	155		
Platina Pura	100	125	136	141	146	152	157	165	179
Prata	187	225	239	250	262	277	292		
Silício	259	556	790	867	913	946	967	992	
Titânio	300	465	551	591	633	675	620	686	
Tório	99	112	124	134	145	156	167		
Tungstênio	87	122	137	142	145	148	152	157	167
Zinco	297	367	402	436					
Amianto não compactado	816	816	816	816	816	816			
Boro			1490	1880	2135	2350	2555		
Calcáreo			900	900					
Carbeto de Silício			880	1050	1135	1195	1243	1310	
Dióxido de Silício (Sílica Fundida)			905	1040	1105	1155	1195		
Granito			820	820					
Lã de Rocha não compactada									
Mármore			800	800					
Óxido de Alumínio, Policristalino			940	1110	1180	1225			
Tijolo Refratário queimado a 1330C					960	960	960		
Tijolo Refratário queimado a 1450C					960	960	960		
Arenito	710								
Argamassa									
Asfalto									
Cimento amianto									
Cimento portland									
Concreto de escória	880								
Cortiça									
Feltro de Lã									
Gesso	840								
Lã de Vidro	700								
Madeira (Balsa)									
Madeira (Carvalho)	2400								
Madeira (Pau de Cipreste)									
Madeira (Pinheiro Amarelo)	2800								
Madeira (Pinho)	2720								
Papelão ondulado									
Tijolo de Construção Comum	840								
Tijolo de Construção de parâmetro	840								
Vidro de janelas	840								

Propriedades dos Líquidos

Água (vapor)

	p(Kg/m3)	Cp(J/KgK)	m(Ns/m2) x 10 ⁷	v (m2/s) x 10 ⁶	k(W/mK) x 10 ³	a(m2/s) x 10 ⁶	Pr
380	0,5863	2060	127,1	21,68	24,6	20,4	1,06
400	0,5542	2014	134,4	24,25	26,1	23,4	1,04
450	0,4902	1980	152,5	31,11	29,9	30,8	1,01
500	0,4405	1985	170,4	38,68	33,9	38,8	1
550	0,4005	1997	188,4	47,04	37,9	47,4	0,99
600	0,3652	2026	206,7	56,6	42,2	57	0,99
650	0,338	2056	224,7	66,48	46,4	66,8	1
700	0,314	2085	242,6	77,26	50,5	77,1	1
750	0,2931	2119	260,4	88,84	54,9	88,4	1
800	0,2739	2152	278,6	101,7	59,2	100	1,01
850	0,2579	2186	296,9	115,1	63,7	113	1,02

Amônia (NH3)

300	0,6894	2158	101,5	14,7	24,7	16,6	0,89
320	0,6448	2170	109	16,9	27,2	19,4	0,87
340	0,6059	2192	116,5	19,2	29,3	22,1	0,87
360	0,5716	2221	124	21,7	31,6	24,9	0,87
380	0,541	2254	131	24,2	34	27,9	0,87
400	0,5136	2287	138	26,9	37	31,5	0,85
420	0,4888	2322	145	29,7	40,4	35,6	0,83
440	0,4664	2357	152,5	32,7	43,5	39,6	0,83
460	0,446	2393	159	35,7	46,3	43,4	0,82
480	0,4273	2430	166,5	39	49,2	47,4	0,82
500	0,4101	2467	173	42,2	52,5	51,9	0,81
520	0,3942	2504	180	45,7	54,5	55,2	0,83
540	0,3795	2540	186,5	49,1	57,5	59,7	0,82
560	0,3708	2577	193	52	60,6	63,4	0,83
580	0,3533	2613	199,5	56,5	63,8	69,1	0,82

Ar atmosférico

100	3,5562	1032	71,7	2	9,34	2,54	0,79
150	2,3364	1012	103,4	4,426	13,8	5,84	0,76
200	1,7458	1007	132,5	7,59	18,1	10,3	0,74
250	1,3947	1006	159,6	11,44	22,3	15,9	0,72
300	1,1614	1007	184,6	15,89	26,3	22,5	0,71
350	0,995	1009	208,2	20,92	30	29,9	0,7
400	0,8711	1014	230,1	26,41	33,8	38,3	0,69
450	0,774	1021	250,7	32,39	37,3	47,2	0,69
500	0,6964	1030	270,1	38,79	40,7	56,7	0,68
550	0,6329	1040	288,4	45,57	43,9	66,7	0,68
600	0,5804	1,051	305,8	52,69	46,9	76,9	0,69
650	0,5356	1,063	322,5	60,21	49,7	87,3	0,69
700	0,4975	1,075	338,8	68,1	52,4	98	0,7
750	0,4643	1,087	354,6	76,37	54,9	109	0,7
800	0,4354	1,099	369,8	84,93	57,3	120	0,71
850	0,4097	1,11	384,3	93,8	59,6	131	0,72
900	0,3868	1,121	398,1	102,9	62	143	0,72
950	0,3666	1,131	411,3	112,2	64,3	155	0,72
1000	0,3482	1,141	424,4	121,9	66,7	168	0,73
1100	0,3166	1,159	449	141,8	71,5	195	0,73

Propriedades dos Líquidos

Temperatura (K)	ρ (Kg/m ³)	C_p (J/KgK)	μ (Ns/m ²) $\times 10^{-6}$	K (W/mK) $\times 10^{-3}$	Pr	ν (m ³ /Kg) $\times 10^{-3}$
Etilenoglicol						
273	1130,8	2,294	65100	242	617	0,88433
280	1125,8	2,323	42000	244	400	0,88826
290	1118,8	2,368	24700	248	236	0,89381
300	1114,4	2,415	15700	252	151	0,89734
310	1103,7	2,46	10700	255	103	0,90604
320	1096,2	2,505	7570	258	73,5	0,91224
330	1089,5	2,549	5610	260	55	0,91785
340	1083,8	2,592	4310	261	42,8	0,92268
350	1079	2,637	3420	261	34,6	0,92678
360	1074	2,682	2780	261	28,6	0,9311
370	1066,7	2,728	2280	262	23,7	0,93747
373	1058,5	2,742	2150	263	22,4	0,94473
Freon (R-12)						
230	1528,4	0,8816	457	68	5,9	0,65428
240	1498	0,8923	385	69	5	0,66756
250	1469,5	0,9037	354	70	4,6	0,6805
260	1439	0,9163	322	73	4	0,69493
270	1407,2	0,9301	304	73	3,9	0,71063
280	1374,4	0,945	283	73	3,7	0,72759
290	1340,5	0,9609	265	73	3,5	0,74599
300	1305,8	0,9781	254	72	3,5	0,76581
310	1268,9	0,9963	244	69	3,4	0,78808
320	1228,6	1,0155	233	68	3,5	0,81393
Glicerina						
273	1276	2261	10600000	282	85000	0,7837
280	1271,9	2298	5340000	284	43200	0,78623
290	1265,8	2367	1850000	286	15300	0,79001
300	1259,9	2427	799000	286	6780	0,79371
310	1253,9	2490	352000	286	3060	0,79751
320	1247,2	2564	210000	287	1870	0,8018
Óleo de Máquina (virgem)						
273	899,1	1,796	3850000	147	47000	1,11222
280	895,3	1,827	2170000	144	27500	1,11694
290	890	1,868	999000	145	12900	1,1236
300	884,1	1,909	486000	145	6400	1,13109
310	877,9	1,951	253000	145	3400	1,13908
320	871,8	1,993	141000	143	1965	1,14705
330	865,8	2,035	83600	141	1205	1,155
340	859,9	2,076	53100	139	793	1,16293
350	853,9	2,118	35600	138	546	1,1711
360	847,8	2,161	25200	138	395	1,17952
370	841,8	2,206	18600	137	300	1,18793
380	836	2,25	14100	136	233	1,19617
390	830,6	2,294	11000	135	187	1,20395
400	825,1	2,337	8740	134	152	1,21197
410	818,9	2,381	6980	133	125	1,22115
420	812,1	2,427	5640	133	103	1,23138
430	806,5	2,471	4700	132	88	1,23993

Propriedades dos Gases

Temperatura K							
Água (vapor)	p(Kg/m ³)	Cp(J/KgK)	m(Ns/m ²) x 10 ⁷	v (m ² /s) x 10 ⁶	k(W/mK) x 10 ³	a(m ² /s) x 10 ⁶	Pr
380	0,5863	2060	127,1	21,68	24,6	20,4	1,06
400	0,5542	2014	134,4	24,25	26,1	23,4	1,04
450	0,4902	1980	152,5	31,11	29,9	30,8	1,01
500	0,4405	1985	170,4	38,68	33,9	38,8	1
550	0,4005	1997	188,4	47,04	37,9	47,4	0,99
600	0,3652	2026	206,7	56,6	42,2	57	0,99
650	0,338	2056	224,7	66,48	46,4	66,8	1
700	0,314	2085	242,6	77,26	50,5	77,1	1
750	0,2931	2119	260,4	88,84	54,9	88,4	1
800	0,2739	2152	278,6	101,7	59,2	100	1,01
850	0,2579	2186	296,9	115,1	63,7	113	1,02
Amônia (NH ₃)	p(Kg/m ³)	Cp(J/KgK)	m(Ns/m ²) x 10 ⁷	v (m ² /s) x 10 ⁶	k(W/mK) x 10 ³	a(m ² /s) x 10 ⁶	Pr
300	0,6894	2158	101,5	14,7	24,7	16,6	0,89
320	0,6448	2170	109	16,9	27,2	19,4	0,87
340	0,6059	2192	116,5	19,2	29,3	22,1	0,87
360	0,5716	2221	124	21,7	31,6	24,9	0,87
380	0,541	2254	131	24,2	34	27,9	0,87
400	0,5136	2287	138	26,9	37	31,5	0,85
420	0,4888	2322	145	29,7	40,4	35,6	0,83
440	0,4664	2357	152,5	32,7	43,5	39,6	0,83
460	0,446	2393	159	35,7	46,3	43,4	0,82
480	0,4273	2430	166,5	39	49,2	47,4	0,82
500	0,4101	2467	173	42,2	52,5	51,9	0,81
520	0,3942	2504	180	45,7	54,5	55,2	0,83
540	0,3795	2540	186,5	49,1	57,5	59,7	0,82
560	0,3708	2577	193	52	60,6	63,4	0,83
580	0,3533	2613	199,5	56,5	63,8	69,1	0,82
Ar atmosférico	p(Kg/m ³)	Cp(J/KgK)	m(Ns/m ²) x 10 ⁷	v (m ² /s) x 10 ⁶	k(W/mK) x 10 ³	a(m ² /s) x 10 ⁶	Pr
100	3,5562	1032	71,7	2	9,34	2,54	0,79
150	2,3364	1012	103,4	4,426	13,8	5,84	0,76
200	1,7458	1007	132,5	7,59	18,1	10,3	0,74
250	1,3947	1006	159,6	11,44	22,3	15,9	0,72
300	1,1614	1007	184,6	15,89	26,3	22,5	0,71
350	0,995	1009	208,2	20,92	30	29,9	0,7
400	0,8711	1014	230,1	26,41	33,8	38,3	0,69
450	0,774	1021	250,7	32,39	37,3	47,2	0,69
500	0,6964	1030	270,1	38,79	40,7	56,7	0,68
550	0,6329	1040	288,4	45,57	43,9	66,7	0,68
600	0,5804	1,051	305,8	52,69	46,9	76,9	0,69
650	0,5356	1,063	322,5	60,21	49,7	87,3	0,69
700	0,4975	1,075	338,8	68,1	52,4	98	0,7
750	0,4643	1,087	354,6	76,37	54,9	109	0,7
800	0,4354	1,099	369,8	84,93	57,3	120	0,71
850	0,4097	1,11	384,3	93,8	59,6	131	0,72
900	0,3868	1,121	398,1	102,9	62	143	0,72
950	0,3666	1,131	411,3	112,2	64,3	155	0,72
1000	0,3482	1,141	424,4	121,9	66,7	168	0,73
1100	0,3166	1,159	449	141,8	71,5	195	0,73

Propriedades dos Gases

Temperatura K

Ar atmosférico

	p(Kg/m ³)	Cp(J/KgK)	m(Ns/m ²) x 10 ⁷	v (m ² /s) x 10 ⁶	k(W/mK) x 10 ³	a(m ² /s) x 10 ⁶	Pr
1200	0,2902	1,175	473	162,9	76,3	224	0,73
1300	0,2679	1,189	496	185,1	82	238	0,72
1400	0,2488	1,207	530	213	91	303	0,7
1500	0,2322	1,23	557	240	100	350	0,69
1600	0,2177	1,248	584	268	106	390	0,69
1700	0,2049	1,267	611	298	113	435	0,69
1800	0,1935	1,286	637	329	120	482	0,68
1900	0,1833	1,307	663	362	128	534	0,68
2000	0,1741	1,337	689	396	137	589	0,67
2100	0,1658	1,372	715	431	147	646	0,67
2200	0,1582	1,417	740	468	160	714	0,66
2300	0,1513	1,478	766	506	175	783	0,65
2400	0,1448	1,558	792	547	196	869	0,63
2500	0,1389	1,665	818	589	222	960	0,61
3000	0,1135	2,726	955	841	486	1570	0,54

Nitrogênio (N₂)

100	3,4388	1,07	68,8	2	9,58	2,6	0,77
150	2,2594	1,05	100,6	4,45	13,9	5,86	0,76
200	1,6883	1,043	129,2	7,65	18,3	10,4	0,74
250	1,3488	1,042	154,9	11,48	22,2	15,8	0,73
300	1,1233	1,041	178,2	15,86	25,9	22,1	0,72
350	0,9625	1,042	200	20,78	29,3	29,2	0,71
400	0,8425	1,045	220,4	26,16	32,7	37,1	0,7
450	0,7485	1,05	239,6	32,01	35,8	45,6	0,7
500	0,6739	1,056	257,7	38,24	38,9	54,7	0,7
550	0,6124	1,065	274,7	44,86	41,7	63,9	0,7
600	0,5616	1,075	290,8	51,79	44,6	73,9	0,7
700	0,4812	1,098	321	66,71	49,9	94,4	0,71
800	0,4211	1,22	349,1	82,9	54,8	116	0,72
900	0,3743	1,146	375,3	100,3	59,7	139	0,72
1000	0,3368	1,167	399,9	118,7	64,7	165	0,72
1100	0,3062	1,187	423,2	138,2	70	193	0,72
1200	0,2807	1,204	445,3	158,6	75,8	224	0,71
1300	0,2591	1,219	466,2	179,9	81	256	0,7

II - Coeficientes

Este apêndice apresenta os Coeficientes utilizados pelo software para seus cálculos:

- Função Erro de Gauss
- Coeficientes para aproximação de um termo na solução da condução unidimensional transiente
- Funções de Bessel de 1ª espécie
- As 4 primeiras raízes da equação transcendente da condução transiente numa parede plana

FUNÇÃO ERRO DE GAUSS

$Y=x/(2*(\alpha*t)^{.5})$	erf (Y)	$Y=x/(2*(\alpha*t)^{.5})$	erf (Y)
0,00	0,000000	1,14	0,893080
0,02	0,022560	1,16	0,899100
0,04	0,045110	1,18	0,904840
0,06	0,067620	1,20	0,910310
0,08	0,090080	1,22	0,915530
0,10	0,112460	1,24	0,920500
0,12	0,134760	1,26	0,925240
0,14	0,156950	1,28	0,929730
0,16	0,179010	1,30	0,934010
0,18	0,200940	1,32	0,938060
0,20	0,222700	1,34	0,941910
0,22	0,244300	1,36	0,945560
0,24	0,265700	1,38	0,949020
0,26	0,286900	1,40	0,952280
0,28	0,307880	1,42	0,955380
0,30	0,328630	1,44	0,958300
0,32	0,349130	1,46	0,961050
0,34	0,369360	1,48	0,963650
0,36	0,389330	1,50	0,966100
0,38	0,409010	1,52	0,968410
0,40	0,428390	1,54	0,970590
0,42	0,447490	1,56	0,972630
0,44	0,466220	1,58	0,974550
0,46	0,484660	1,60	0,976360
0,48	0,502750	1,62	0,978040
0,50	0,520500	1,64	0,979620
0,52	0,537900	1,66	0,981100
0,54	0,554940	1,68	0,982490
0,56	0,571620	1,70	0,983790
0,58	0,587920	1,72	0,985000
0,60	0,603860	1,74	0,986130
0,62	0,619410	1,76	0,987190
0,64	0,634590	1,78	0,988170
0,66	0,649380	1,80	0,989090
0,68	0,662780	1,82	0,989940
0,70	0,677800	1,84	0,990740
0,72	0,691430	1,86	0,991470
0,74	0,704680	1,88	0,992160
0,76	0,717540	1,90	0,992790
0,78	0,730000	1,92	0,993380
0,80	0,742100	1,94	0,993920
0,82	0,753810	1,96	0,994430
0,84	0,765140	1,98	0,994890
0,86	0,776100	2,00	0,995322
0,88	0,786690	2,10	0,997020
0,90	0,796910	2,20	0,998137
0,92	0,806770	2,30	0,998857
0,94	0,816270	2,40	0,999311
0,96	0,825420	2,50	0,999593
0,98	0,834230	2,60	0,999764
1,00	0,842700	2,70	0,999866
1,02	0,850840	2,80	0,999925
1,04	0,858650	2,90	0,999959
1,06	0,866140	3,00	0,999978
1,08	0,873330	3,20	0,999994
1,10	0,880200	3,40	0,999998
1,12	0,880790	3,60	1,000000

**Coefficientes para aproximação de um termo na solução da condução
unidimensional transiente**

Bi	Parede Plana		Cilindro Infinito		Esfera	
	zt	C1	zt	C1	zt	C1
0,01	0,1	1,0017	0,141	1,003	0,173	1,003
0,02	0,141	1,0033	0,2	1,005	0,245	1,006
0,03	0,173	1,0049	0,244	1,008	0,299	1,009
0,04	0,194	1,0066	0,281	1,01	0,345	1,012
0,05	0,222	1,0082	0,314	1,012	0,385	1,015
0,06	0,243	1,0098	0,344	1,015	0,422	1,018
0,07	0,262	1,0114	0,371	1,017	0,455	1,021
0,08	0,279	1,013	0,396	1,02	0,486	1,024
0,09	0,296	1,0145	0,42	1,022	0,515	1,027
0,1	0,311	1,016	0,442	1,025	0,542	1,03
0,15	0,378	1,0237	0,538	1,037	0,661	1,045
0,2	0,433	1,0311	0,617	1,048	0,759	1,059
0,25	0,48	1,0382	0,686	1,06	0,845	1,074
0,3	0,522	1,045	0,747	1,071	0,921	1,088
0,4	0,593	1,058	0,852	1,093	1,053	1,116
0,5	0,653	1,07	0,941	1,114	1,166	1,144
0,6	0,705	1,0814	1,019	1,135	1,2644	1,171
0,7	0,751	1,0919	1,087	1,154	1,353	1,198
0,8	0,791	1,1016	1,149	1,173	1,432	1,224
0,9	0,827	1,1107	1,205	1,19	1,504	1,249
1	0,86	1,1191	1,256	1,207	1,571	1,273
2	1,077	1,1795	1,6	1,338	2,029	1,479
3	1,193	1,2102	1,789	1,419	2,289	1,623
4	1,265	1,2287	1,908	1,47	2,456	1,72
5	1,314	1,2402	1,99	1,503	2,57	1,787
6	1,35	1,2479	2,049	1,525	2,654	1,834
7	1,377	1,2532	2,094	1,541	2,717	1,867
8	1,398	1,257	2,129	1,553	2,765	1,892
9	1,415	1,2598	2,157	1,561	2,804	1,911
10	1,429	1,262	2,18	1,568	2,836	1,925
20	1,496	1,2699	2,288	1,592	2,986	1,978
30	1,52	1,2717	2,326	1,597	3,037	1,99
40	1,533	1,2723	2,346	1,599	3,063	1,994
50	1,54	1,2727	2,357	1,6	3,079	1,996
100	1,555	1,2731	2,381	1,602	3,11	1,999

Funções de Bessel de 1ª espécie

X	$J_0(x)$	$J_1(x)$
0	1	0
0,1	0,998	0,05
0,2	0,99	0,1
0,3	0,978	0,148
0,4	0,96	0,196
0,5	0,939	0,242
0,6	0,912	0,287
0,7	0,881	0,329
0,8	0,846	0,369
0,9	0,808	0,406
1	0,765	0,44
1,1	0,72	0,471
1,2	0,671	0,498
1,3	0,62	0,522
1,4	0,567	0,542
1,5	0,512	0,558
1,6	0,455	0,57
1,7	0,398	0,578
1,8	0,34	0,582
1,9	0,282	0,581
2	0,224	0,577
2,1	0,167	0,568
2,2	0,11	0,556
2,3	0,056	0,54
2,4	0,003	0,52

As 4 primeiras raízes da equação transcendente da condução transiente numa parede plana

Bi	zt1	zt2	zt3	zt4
0	0,0000	3,1416	6,2832	9,4248
0	0,0316	3,1419	6,2833	9,4249
0	0,0447	3,1422	6,2835	9,4250
0	0,0632	3,1429	6,2838	9,4252
0,01	0,0774	3,1435	6,2841	9,4254
0,01	0,0893	3,1441	6,2845	9,4256
0,01	0,0998	3,1448	6,2848	9,4258
0,02	0,1410	3,1479	6,2864	9,4269
0,04	0,1987	3,1543	6,2895	9,4290
0,06	0,2425	3,1606	6,2927	9,4311
0,08	0,2791	3,1668	6,2959	9,4333
0,1	0,3111	3,1731	6,2991	9,4354
0,2	0,4328	3,2039	6,3148	9,4459
0,3	0,5218	3,2341	6,3305	9,4565
0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,4670
0,5	0,6533	3,2923	6,3616	9,4775
0,6	0,7051	3,3204	6,3770	9,4879
0,7	0,7506	3,3477	6,3923	9,4983
0,8	0,7910	3,3744	6,4074	9,5087
0,9	0,8274	3,4003	6,4224	9,5190
1	0,8603	3,4256	6,4373	9,5293
1,5	0,9882	3,5422	6,5097	9,5801
2	1,0769	3,6436	6,5783	9,6296
3	1,1925	3,8088	6,7040	9,7240
4	1,2646	3,9352	6,8140	9,8119
5	1,3138	4,0336	6,9096	9,8928
6	1,3496	4,1116	6,9924	9,9667
7	1,3766	4,1746	7,0640	10,0339
8	1,3978	4,2264	7,1263	10,0949
9	1,4149	4,2694	7,1806	10,1502
10	1,4289	4,3058	7,2281	10,2003
15	1,4729	4,4255	7,3959	10,3898
20	1,4961	4,4915	7,4954	10,5117
30	1,5202	4,5615	7,6057	10,6543
40	1,5325	4,5979	7,6647	10,7334
50	1,5400	4,6202	7,7012	10,7832
60	1,5151	4,6353	7,7259	10,8172
80	1,5514	4,6543	7,7573	10,8606
100	1,5552	4,6658	7,7764	10,8871
Infinito	1,5708	4,7124	7,8540	10,9956

7 Bibliografia

Incropera, Frank P. & Witt, David P. "Fundamentos de Transferência de Calor e Massa", 1992

Holman, J.P., "Transferência de Calor", 1983