

INTERFACE MS EXCEL PARA O CÓDIGO COBRA

Eduardo Maprelian e Benedito Dias Baptista Filho

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP
Av. Lineu Prestes 2.242
05508-000 Butantã, São Paulo, SP, Brasil

RESUMO

O código COBRA, para cálculos termo-hidráulicos, nas versões utilizadas no IPEN para reatores de pesquisa (COBRA-3C/RERTR) e para reatores de potência (COBRA-3P), utiliza arquivos de entrada de dados e de saída de resultados em formatos de difícil utilização. Uma tendência atual é a utilização de recursos visuais nas interfaces dos códigos computacionais. Neste trabalho é descrita uma "Interface MS Excel para o código COBRA-3C/RERTR" utilizando recursos do Visual Basic, do Fortran Power Station e do Excel, que permite, de maneira amigável, modificar dados de entrada, executar o programa e analisar os resultados por meio de tabelas e gráficos pré-existentes. Essa interface permite, de modo prático e simples, a análise termo-hidráulica do acompanhamento de irradiação dos elementos combustíveis do reator IEA-R1, com opções de leitura automática das distribuições de potência no núcleo e das temperaturas de operação medidas no Reator. Os principais limites termo-hidráulicos do Reator são verificados em uma tabela comparativa, e gráficos com os principais resultados são produzidos. A interface permite análises mais genéricas e complexas de outros reatores em condições estacionárias ou em transientes. Como próxima etapa será desenvolvida a interface para a versão COBRA3P para reatores de potência.

Keywords: simulation code interfaces, thermal-hydraulic analysis, research reactors.

I. INTRODUÇÃO

A evolução da informática tem permitido o aprimoramento de muitos dos programas utilizados em projeto e análises termo-hidráulicas. A tendência atual é a utilização de recursos visuais nas interfaces dos códigos computacionais, facilitando tanto a entrada de dados quanto a análise dos resultados. Alguns programas desenvolvidos para os antigos "mainframes" e que ainda são utilizados no setor nuclear, podem ser adaptados pelo menos no que se refere à interface com o usuário. Nesses casos muitas vezes têm sido utilizadas as facilidades fornecidas por softwares de uso em escritório, como por exemplo o MS-EXCEL. Pelo menos duas interfaces desse tipo, desenvolvidas recentemente, podem ser citadas: o *Desalination Economic Evaluation Programme - DEEP* [1] e uma interface desenvolvida para a ELETRONUCLEAR: Planilha de Simulação do Circuito Secundário de Angra 1 [2].

O Código COBRA-3C/RERTR [3] é uma versão modificada do código para análises termo-hidráulicas de subcanal COBRA-3C/MIT. A versão RERTR (Reduced Enrichment Research and Test Reactor) permite a sua aplicação em cálculos de reatores de pesquisa ou de teste de materiais, que operam em condições de baixa pressão e temperatura e que podem utilizar elementos combustíveis do tipo placa. Apesar de ser qualificado e bastante adequa-

do para análise de reatores de pesquisa como o IEA-R1 o COBRA-3C/RERTR, por ser um programa antigo, utiliza uma entrada de dados que reflete a "era dos cartões," com formatação rígida, que além de requerer um maior conhecimento por parte dos usuários, requer revisões cuidadosas para evitar erros. A saída dos resultados, apesar de completa, não permite uma análise rápida dos dados, além do evidente inconveniente de utilizar o Sistema de Unidades Britânicas para a entrada e saída dos dados.

Este trabalho descreve uma "Interface MS Excel para o código COBRA-3C/RERTR," desenvolvida com o objetivo de permitir, de forma amigável, a introdução ou a modificação de dados de entrada, a execução do programa e a análise dos resultados por meio de tabelas e gráficos pré-existentes.

A Interface permite análises de reatores de pesquisa em geral e também, de modo prático e simples, a análise termo-hidráulica de acompanhamento de irradiação dos elementos combustíveis do reator IEA-R1, com opções de leitura automática das distribuições de potência no núcleo e das temperaturas de operação medidas no Reator. Os principais limites termo-hidráulicos do Reator são verificados em uma tabela comparativa e por meio de gráficos.

O trabalho está dividido em quatro seções. A primeira é esta introdução. A segunda seção descreve a interface desenvolvida, inclusive os programas intermediários prepa-

rados. Na terceira seção é apresentado um exemplo de utilização e as conclusões são apresentadas na quinta seção.

II. DESCRIÇÃO DA INTERFACE

A interface consiste na verdade de um conjunto de pastas Excel: **COBEX2**; com duas macros criadas em Visual Basic: a **FATPOTENCIA** e a **Tempoperação**; um programa: **COBEX**, em Fortran, para tratamento dos dados e comando da execução do COBRA; e, o próprio programa COBRA, na versão adaptada no IPEN: **CBIEAW**, escrito em Fortran.

O conjunto funciona basicamente da seguinte maneira: Na pasta **COBEX2** são introduzidos os dados de entrada do programa **COBRA**. Esta pasta também executa a leitura dos dados de entrada de distribuição axial de potência, da pasta **FATPOTENCIA**. Um comando aciona a macro **COBEX** que promove a leitura, preparação e envio dos dados de entrada do **COBRA** para um programa intermediário escrito em Fortran, o **COBEX.FOR**. O executável **COBEX.EXE**, cria o arquivo de dados de entrada e inicia a execução do COBRA, lê resultados pré-selecionados da saída do **COBRA** e devolve o controle da operação à macro **COBEX**, que por fim coloca os dados na pasta **COBEX2**.

Em seguida é feita uma breve descrição dos principais componentes da interface.

Pastas Excel. A pasta Excel **COBEX**, é constituída por um conjunto de 10 planilhas e 3 gráficos, que permitem em ambiente amigável, a entrada de dados, a execução do programa e a análise dos resultados. A **COBEX** utiliza duas macros em Visual Basic e lê os dados de distribuição de potência axial na pasta **FATPOTENCIA**, que contém a saída do código CITATION, com os resultados dos cálculos neutrônicos do núcleo, e das temperaturas de operação do refrigerante na saída da Piscina na pasta **Tempoperação**, fornecida pela operação do reator. As planilhas e gráficos que compõem a pasta **COBEX** são:

Planilha **Executar COBRA**. Nesta planilha destacam-se três pontos principais:

- ✓ opção da utilização da entrada de dados simplificada, exclusivamente para cálculos do reator IEA-R1, ou opção pela entrada de dados normal. Com a utilização da entrada de dados simplificada não é exigido quase nenhum conhecimento adicional do programa por parte do usuário;
- ✓ preenchimento da tabela de dados simplificada com os parâmetros normalmente utilizados na análise termo-hidráulica relativa ao Acompanhamento de Irradiação dos Elementos Combustíveis do Reator IEA-R1. Nesta tabela são fornecidos a Temperatura de Entrada do Refrigerante, a Incerteza na Medida da Temperatura do Refrigerante, a Potência do Reator, a Vazão de Refrigerante, a Opção para o Fluxo Crítico de Calor, o Fator de Incertezas sobre o Fluxo de Calor e a Opção para a Distribuição

Axial de Potência na planilha **Fatores de Potência**. Uma tabela fornece instruções para a escolha das correlações de fluxo crítico de calor;

- ✓ Comando para execução do Código COBRA;

Planilha **Fatores de Potência**. Esta planilha importa a distribuição axial de potência normalizada do Canal de Fator de Pico (CFP) e do Canal Quente (CQ) da Pasta **FATPOTENCIA**. A entrada manual da distribuição axial de potência também pode ser feita nesta planilha. A escolha da distribuição de potência a ser utilizada é feita na própria planilha, quando não estiver sendo usada a opção pela Entrada de Dados Simplificada em **Executar COBRA**.

Planilha **Entrada de Dados**. Nesta Planilha é fornecida a entrada de dados completa do COBRA. De maneira clara e auto-explicativa, esta planilha reduz em muito a necessidade de utilização do manual do COBRA [1]. Através desta entrada pode-se executar desde os casos mais simples, até casos com vários canais e condições de transientes. Os dados são fornecidos pelo usuário em unidades do Sistema Internacional. Ressalta-se que a distribuição axial de potência não é fornecida pelo usuário nesta própria planilha, mas sim na **Fatores de Potência**;

Planilha **Dados COBRA**. Esta é uma planilha de trabalho onde os dados da planilha **Entrada de Dados** são preparados para a leitura a ser feita pela macro COBEX.

Planilha **Limites**. Esta planilha consiste de uma tabela comparativa para os limites termo-hidráulicos estabelecidos para o Reator IEA-R1. São fornecidos na tabela as condições, os limites e os resultados correspondentes calculados pelo COBRA. A temperatura máxima do refrigerante na saída do núcleo é obtida a partir da planilha **Temperaturas de Operação**;

Planilha **Saída 1**. Nesta planilha são inseridos, com a execução da macro COBEX, os resultados selecionados da saída do COBRA. São fornecidos: o comprimento axial aquecido, a temperatura do refrigerante, a razão do fluxo crítico de calor, as temperaturas do combustível (5), do revestimento e para o ONB (Início da Ebulição Nucleada). Os valores nesta planilha estão em Unidades Britânicas. Esta é apenas uma planilha intermediária e não para a análise;

Planilha **Resultados Canal 1**. Esta planilha importa, rearranja e converte para unidades do Sistema Internacional, os resultados fornecidos na **Saída 1**, referentes ao canal de número 1. Além dos resultados em todo o comprimento aquecido, a planilha fornece uma tabela Resumo com os seguintes resultados: mínima razão do fluxo crítico de calor (CHF/Q'') e as máximas temperaturas no centro do combustível, internas ao combustível (5), do revestimento e do refrigerante;

Planilha **Resultados Canal 2**. Esta planilha é idêntica à planilha **Resultados Canal 1** para os resultados do canal 2;

Planilha Resultados Canal 3. Esta planilha é idêntica à planilha **Resultados Canal 1** para os resultados do canal 3;

Planilha Temperaturas de Operação. Esta planilha importa, da pasta **Tempoperação** fornecida pelo CRPQ, as temperaturas máximas do refrigerante medidas na saída da piscina durante a operação do Reator IEA-R1.

Gráfico Trefri & Trev. Este gráfico apresenta as temperaturas do refrigerante e do revestimento ao longo do canal 1.

Gráfico Razão de CHF. Este gráfico apresenta a razão entre o fluxo crítico de calor e o fluxo de calor local ao longo do comprimento aquecido do canal 1.

Gráfico Temperaturas. Este gráfico apresenta as temperaturas internas do combustível (5), do revestimento e do refrigerante ao longo do canal 1.

Macro COBEX. A Macro em Visual Basic **COBEX** da pasta **COBEX2** é o elo de ligação com os programas **COBEX.EXE** e **COBRA** (**COBEX.dll**). Esta macro promove a leitura dos dados de entrada da planilha **Dados COBRA**, os envia para o programa **COBEX.exe**, importa os resultados pré-selecionados do **COBRA** e os envia para a planilha **Saída 1**. A ligação entre os programas em Fortran e a Macro Visual Basic foi possível com a geração do arquivo **.DLL**, “Dynamic Link Library” no projeto Fortran.

Programas Fortran. O programa **COBEX.EXE** recebe os dados de entrada enviados pela Macro **COBEX** e cria um arquivo de dados de entrada **CBDAT.DAT** para o **COBRA**, dentro da formatação originalmente exigida pelo código. O programa inicia a execução do **CBIEAW.EXE**, que é uma versão do **COBRA-3C/RERTR** compatível com o compilador **MS-Power Station**.

Além de sua saída tradicional, o **COBRA** gera dois arquivos de saída, **testecbex1.txt** e **testecbex2.txt**, com resultados selecionados de temperaturas do refrigerante, temperaturas do combustível, do revestimento de ONB e razão de fluxo crítico de calor.

Concluída a execução do **COBRA** o **COBEX.EXE** promove a leitura dos resultados dos arquivos **testecbex1.txt** e **testecbex2.txt** e retorna o controle à Macro **COBEX**.

III. EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO

Nesta seção é apresentado um exemplo de utilização da interface para a análise termo-hidráulica rotineira do reator IEA-R1, feita durante o acompanhamento de irradiação dos elementos combustíveis. A fig. 1 reproduz a entrada de dados simplificada da interface para este caso.

A fig. 2 mostra a tabela comparativa entre os resultados obtidos e os limites termo-hidráulicos do IEA-R1.

A fig. 3 as temperaturas do combustível, revestimento e refrigerante ao longo comprimento ativo do elemento.

INTERFACE PARA ANÁLISE TERMO-HIDRÁULICA		
COBRA-EXCEL		
EXECUTAR COBRA		
atenção experimental função reshape no fortran		
UTILIZAR ENTRADA DE DADOS SIMPLIFICADA OU NORMAL?		
Simplificada =1	RESPOSTA >>>>	1 SIMPLIFICADA
Normal =2		
ENTRADA DE DADOS DE ENTRADA SIMPLIFICADA - Reator IEA-R1		
Temperatura de Entrada do Refrigerante	38	oC
Incerteza na Medida da Temp. do Refrig.	2	oC
Potência do Reator	2	MW
Vazão de Refrigerante	3000	gpm
Opção Para Fluxo Crítico de Calor ver Tab 2	7	Mirshak
Fator de incertezas sobre o fluxo de calor	1,35	
Opção para a Distribuição Axial de Potência	1	maior fator de pico
	1 maior fator de pico	
	2 maior entalpia	
	3 entrada manual	

Figura 1. Entrada de Dados Simplificada da Interface.

TABELA DE LIMITES TERMO-HIDRÁULICOS		
Parâmetros	Condição Limite	Resultado
Temp. Máx do Refr. Saída do Núcleo	$T_{refr} < 380^{\circ}\text{C}$	36,50
Temp. Máx do Refr. Canal Quente	$T_{refr} < 100^{\circ}\text{C}$	53,44
Temp. Máx do Revestimento	$T_{rev} < 95^{\circ}\text{C}$	83,33
Início da Ebulição Nucleada (O.N.B.) (Trev-TONB)	$(T_{rev} - TONB) < 0$	-34,17
Velocidade Crítica	$V_{ecb} < V_{crit}$	
Mínima Razão de Instabilidade de Fluxo	$MRIF > 2,0$	Não Calculado
Mínima Razão de Desvio de Ebulição Nucleada	$MDNBR > 2,0$	14,47

Figura 2. Tabela dos Limites Termo-Hidráulicos.

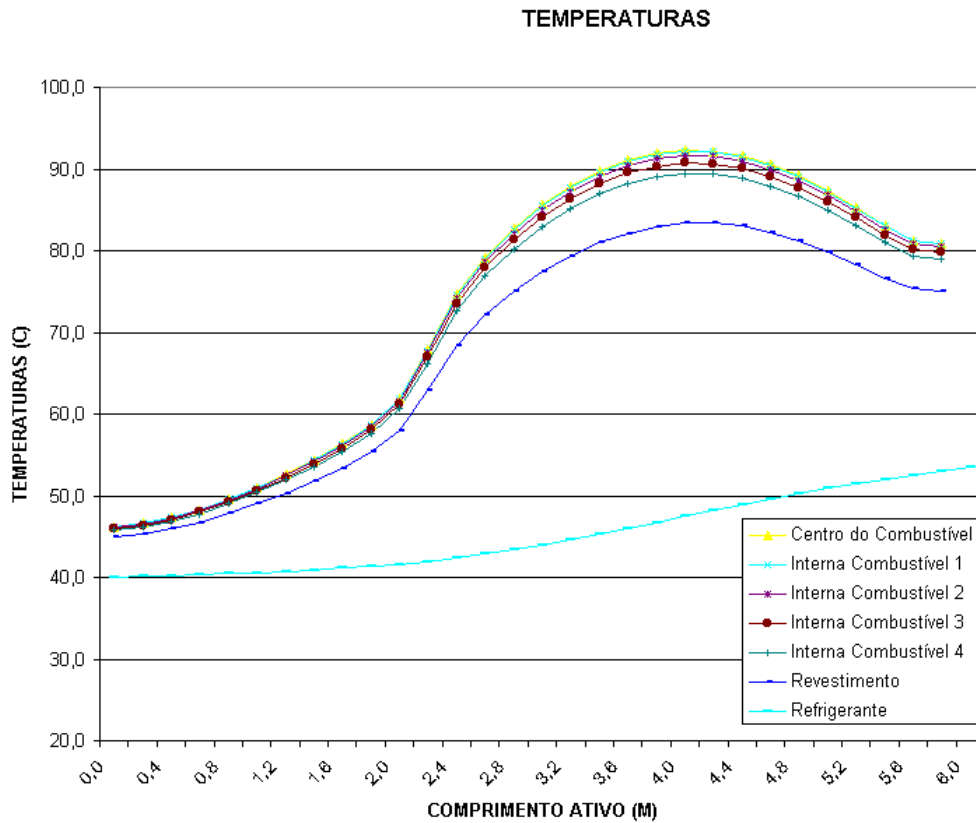


Figura 3. Temperaturas ao Longo do Comprimento Ativo.

IV. CONCLUSÕES

A “Interface MS-Excel desenvolvida para utilização do código de análise de termo-hidráulica COBRA-3C/RERTR” se apresentou como uma ferramenta prática e de uso simples, tendo facilitado o manuseio dos dados de entrada e as análises dos resultados do COBRA.

A opção de entrada de dados simplificada permite a realização de análises simples de acompanhamento do reator de forma bastante prática e sem a necessidade de maiores conhecimentos por parte do usuário.

Com a opção de entrada de dados normal é possível a realização de análises mais gerais ou complexas.

O ambiente Excel proporciona ao usuário análises dos resultados amplas e fáceis, possibilitando a modernização dos antigos programas desenvolvidos para Mainframe.

Como continuidade do trabalho pretende-se desenvolver uma interface semelhante para a análise de reatores de potência com o código COBRA3P. O mesmo pode ser aplicado para outros programas sem a necessidade de desenvolvimento e qualificação de novas programações em linguagens mais modernas.

REFERÊNCIAS

- [1] IAEA, The International Atomic Energy Agency, **Desalination Economic Evaluation Programme – DEEP** Version 1.1, November, 1998.
- [2] Futuro F.L.; Rucos J., Ogando A., Maprelian E., Bassel W. S., Baptista F., B. D., **Planilha de Simulação do Circuito Secundário de ANGRA 1**, XII Encontro Nacional de Física de Reatores e Termo-Hidráulica (ENFIR 2000), Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 15/20, Outubro, 2000.
- [3] Chao J., **COBRA-3C/RERTR A Thermal-Hydraulic Subchannel Code With Low Pressure Capabilities (And Supplement)**, Argonne National Laboratory, Feb 1983.

ABSTRACT

The COBRA code versions used in IPEN to proceed with the thermal-hydraulic analysis of research reactors (COBRA-3C/RERTR) and of power reactors (COBRA-3P), had input and output files not so friendly as users like it. This paper describes a “COBRA-3C/RERTR MS-Excel Interface” developed using Visual Basic, Fortran Power Station and Excel resources. This Interface allows input entry and modification, program execution and output analysis either in table and graphic form, within a user-friendly environment. This interface allows an easy IEA-R1 reactor thermal-hydraulic analysis during the fuel elements irradiation accompaniment. The main reactor thermal-hydraulic limits are verified in a comparative table, and graphics with the main results are quickly produced. The Excel interface allows generic and complex analysis of others reactors in steady state or transient conditions. In the near future an interface to the COBRA3P version for power reactors will be developed.