



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

MONITORAÇÃO CONTÍNUA DO BALANÇO TÉRMICO PARA
DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA DO REATOR IEA-R1

JOSÉ PATRÍCIO NÁHUEL CÁRDENAS

Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para a obtenção do Grau
De Mestre em Ciências na Área De
Reatores Nucleares de Potencia e
Tecnologia do Combustível Nuclear

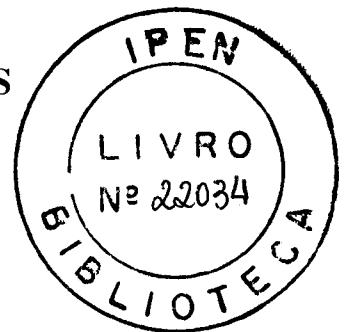
Orientador:
Dr. Valdemir Gutierrez Rodrigues

São Paulo
2000

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**MONITORAÇÃO CONTÍNUA DO BALANÇO TÉRMICO PARA
DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA DO REATOR IEA-R1**

JOSÉ PATRÍCIO NÁHUEL CÁRDENAS



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. Valdemir Gutierrez Rodrigues

São Paulo
2000

A mi mamy Chelita, quién me enseñó a leer y a escribir
y mi papy Juan-Lagui, quién me inculcó la honradez y el
afán por conocimientos

AGRADECIMENTOS

À equipe de operação do reator IEA-R1 pela capacidade e disposição na aquisição de dados operacionais. Registre-se que sem o apoio integral da equipe este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao Sr. M.Sc.Eng. Roberto Frajndlich Chefe da Divisão de Operação do reator pelo incentivo e apoio a este trabalho.

Ao Sr. Cmte Sérgio Pereira da Cunha Garcia pela oportunidade dada para desenvolver o Mestrado

Aos colegas do Loop-150 Gamaliel Lisboa e Paulo Ulian pelo empréstimo de instrumentos

Ao colega e amigo Eng. Mario Rojo Leyton pelo empréstimo de livros didáticos.

Ao amigo Hélio Massaki pela manutenção do meu 486-Dino-PC.

Aos colegas José Carlos de Almeida, Adilson Aboláfio e Mauro Martins pelo suporte na calibração dos sensores.

Ao colega M.Sc Eng. Luiz Haddad Rodrigues pelas dicas sobre análise de incertezas.

Ao colega e amigo Eng. Alberto J. Fernan pelos desenhos em AutoCad

E a todos, enfim, que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

MONITORAÇÃO CONTÍNUA DO BALANÇO TÉRMICO PARA A DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA DO REATOR IEA-R1

JOSÉ PATRÍCIO NÁHUEL CÁRDENAS

RESUMO

Este trabalho trata do cálculo do balanço térmico, para a determinação da potência do reator IEA-R1, em tempo real. O trabalho apresenta também o desenvolvimento de um programa de visualização (em Visual Basic) dos parâmetros operacionais.

O sistema de aquisição montado, permite a análise dos dados durante a operação, fornecendo leitura confiável da potência do reator, e a formação de um banco de dados operacionais, permitindo o rastreamento do histórico de operação a qualquer instante.

Apresentam-se os resultados obtidos do sistema de aquisição de dados de temperatura e vazão de forma contínua e, também a implantação de um Banco de Dados operacionais para estudos e posterior análise do comportamento do balanço de energia dos diversos componentes do reator.

Procurou-se também viabilizar a utilização do canal de medida do Nitrogênio-16 (monitoração) como uma referência para comparar os resultados dos dados adquiridos para o cálculo da potência do reator.

Os resultados desta aquisição de dados e os respectivos cálculos de Balanço Térmico são mostrados em forma contínua (sistema On-Line) através de janelas gráficas de computador (software Visual Basic 6) em ambiente Windows.

CONTINUOUS THERMAL BALANCE MONITORING FOR IEA-R1 NUCLEAR RESEARCH REACTOR POWER DETERMINATION

JOSÉ PATRÍCIO NÁHUEL CÁRDENAS

ABSTRACT

This research deals with thermal balance calculation for real time power level determination of IEA-R1 nuclear research reactor. It is also shown the development of a supervision software (Visual Basic) of operation parameters.

The assembled data acquisition system allows data analysis during reactor operation, giving a reliable measurement of reactor power, and the organization of a data base allows a back-up surveillance of reactor operation whenever necessary.

Results obtained from temperature and primary flow are shown in a continuous form and also the Data Base implementation for further studies and analysis of energy balance behavior of the many reactor components. Besides it is planned to manage N-16 activity measurement channel (monitoring) for comparison of acquired data results for thermal calculations.

The results of this acquisition and related thermal balance calculations are shown in a continuous shape (On-Line) by means of windows operational system using Visual Basic VB6 software for development.

SUMÁRIO

	Página
1.- INTRODUÇÃO	1
1.1 Introdução	1
1.2 Objetivo do trabalho	3
2.- MONITORAÇÃO DA POTÊNCIA NO REATOR IEA-R1	6
2.1 Monitoração durante a partida do reator	6
2.2 Monitoração de potência través do Canal Linear	6
2.3 Monitoração da atividade do Nitrogênio-16	7
2.4 Monitoração de Potência pela técnica do Balanço Térmico	10
3.- MEDIÇÕES DE TEMPERATURA E VAZÃO NO REATOR IEA-R1	13
3.1 Sistema de Medição de Temperatura	13
3.2 Sistema de Medição de Vazão	15
4.- INSTRUMENTOS E COMPONENTES	19
4.1 Medições de temperatura utilizando Termopares	19
4.1.1 Verificação da leitura do registrador YOKOGAWA (RgY)	19
4.1.2 Verificação da Linha de Medição	20
4.1.3 Instrumentos e componentes utilizados na verificação	21
4.2 Medição da temperatura utilizando Termoresistores	22
4.2.1 Verificação da leitura do registrador FUJI (RgF)	22
4.2.2 Verificação da Linha de Medição	23
4.2.3 Instrumentos utilizados na verificação das linhas de medição	24
4.3 Verificação da Medição de Vazão	24
4.3.1 Verificação do registrador FUJI	24
4.3.2 Verificação da Linha de Medição de vazão	25
4.3.3 Instrumentos e componentes utilizados na verificação	27
4.4 Aferição dos sensores de temperatura e vazão	28
4.4.1 Aferição de termoresistores e termopares	28

4.4.2 Aferição do Transmissor de Pressão Diferencial	29
4.4.3 Detalhe dos instrumentos utilizados na parte experimental	30
5.- ANÁLISE DE INCERTEZAS	31
5.1 Incertezas na medição de temperatura	32
5.1.1 Incertezas nas medições de temperatura utilizando termoresistores (RTD)	32
5.1.2 Incertezas nas medições de temperatura utilizando termopares (TC)	35
5.2. Incertezas na medição de Vazão	38
5.3 Incerteza no cálculo da Potência	41
5.4 Incertezas na indicação de potência do Canal Linear	42
5.5 Incertezas na monitoração do Nitrogênio-16	42
6.- ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA PARA O BALANÇO TÉRMICO	43
6.1 Componentes eletrônicos do sistema	45
6.2 Plataforma operacional mínima para o sistema	47
6.3 Programa computacional de aquisição de dados do sistema (Software)	47
7.- PROGRAMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS	48
7.1 Descrição das interfaces do software	51
7.2 Descrição básica da aquisição de dados	54
7.3 Códigos de Programação	55
7.4 Descrição das janelas de projeto e menus	56
7.4.1 Janela de Balanço Térmico (apresentação)	57
7.4.2 Janela de Operação	58
7.4.3 Janela de Esquema On-Line	59
7.4.4 Janela de Variáveis	60
7.4.5 Janela de Info Digital	61
7.4.6 Janela de Relatório	62
7.4.7 Janela do Gráfico do Delta T e da Potência	63
7.4.8 Janela do Gráfico das temperaturas de TC3 e TC4	64
7.4.9 Janela do Gráfico das vazões dos Circuitos Primário e Secundário	65
7.5 Apresentação das janelas operacionais do sistema (em Tempo Real)	65

8.- RESULTADOS	76
9.- CONCLUSÕES	80
10.- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
APÊNDICE I (Tabelas, Equações, Considerações)	85
APÊNDICE II (Códigos de Programação)	108

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 - Diagrama da posição dos sensores para o Balanço Térmico	11
Figura 4.1 - Posição para verificação da linha de medição para o termopar T3 (ou TC3)	20
Figura 4.2 - Verificação da linha de medição para o termopar T4 (ou TC4)	21
Figura 4.3 - Registrador YOKOGAWA modelo UR1800	22
Figura 4.4 - Década de Resistências, DMM e termoresistor RTD3	23
Figura 4.5 - Década de Resistências, DMM e termoresistor RTD4	24
Figura 4.6 - Registrador FUJI para vazão e temperatura com termoresistores	25
Figura 4.7 - Posicionamento do Transmissor de Pressão Diferencial e Bocal de Vazão	26
Figura 4.8 - Verificação da resposta eletrônica do registrador FUJI	27
Figura 4.9 - Aferição do Termoresistor RTD3	28
Figura 4.10 - Bancada para aferição/calibração de termopares	29
Figura 4.11 - Bancada para aferição/calibração do transmissor de pressão diferencial	29
Figura 4.12 - Multímetro HP3456A utilizado na aferição de sensores de temperatura	30
Figura 4.13 - Calibradores utilizados para verificação de temperatura e vazão	30
Figura 4.14 - Multímetro Digital HP34401A utilizado na parte experimental	30
Figura 6.1 - Diagrama de Aquisição de Dados utilizando Termopares	44
Figura 6.2 - Configuração da placa de aquisição de Dados ATE-MIO-E10	46
Figura 7.1 - FLUXOGRAMA de sinais e comandos do sistema	52
Figura 7.2 - Janela de projeto Balanço Térmico	57
Figura 7.3 - Janela de projeto Operação	58
Figura 7.4 - Janela de projeto Esquema On-Line	59
Figura 7.5 - Janela de projeto Variáveis do Processo	60
Figura 7.6 - Janela de projeto Info Digital	61
Figura 7.7 - Janela de projeto Relatório	62
Figura 7.8 - Janela de projeto Gráfico do Delta T e Potência	63
Figura 7.9 - Janela de projeto Gráfico de TC3 e TC4	64
Figura 7.10 - Janela de projeto Gráfico Vazões Primário e Secundário	65

Figura 7.11 - Janela operacional "BALANÇO TÉRMICO" (apresentação)	66
Figura 7.12 - Janela operacional "OPERAÇÃO"	67
Figura 7.13 - Janela operacional "ESQUEMA ON-LINE"	68
Figura 7.14 - Janela operacional "VARIÁVEIS DO PROCESSO"	69
Figura 7.15 - Janela operacional "INFO DIGITAL"	70
Figura 7.16 - Janela operacional "RELATÓRIO"	71
Figura 7.17 - Janela operacional "BANCO DE DADOS"	72
Figura 7.18 - Janela operacional "GRÁFICO DO DELTA-T E DA POTÊNCIA"	73
Figura 7.19 - Janela operacional "GRÁFICO DE TEMPERATURAS DE TC3 E TC4"	74
Figura 7.20 - Janela operacional "GRÁFICO DE VAZÕES DOS CIRCUITOS PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO"	75

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 3.1 - Resposta dos canais de temperatura T3 e T4	14
Tabela 3.2 - Resposta eletrônica do registrador Yokogawa	15
Tabela 3.3 - Resposta do transmissors de diferença de pressão SMAR	16
Tabela 3.4 - Resposta do registrador FUJI em Loop de corrente	17
Tabela 3.5 - Resposta eletrônica do Registrador de Vazão FUJI	18
Tabela 6.1 - Variáveis do sistema	46
Tabela 7.1 - Arquivos do Programa de Monitoração do Balanço Térmico	53
Tabela 7.2 - Arquivos de dados utilizados pelo programa	53
Tabela 8.1 - Cálculo da Potência com os dados de vazão instantânea e o Delta-T	77
Tabela 8.2 - Discrepâncias entre leituras de temperaturas com termopares (Registrador YOKOGAWA)	78
Tabela I.1 - Resultado da aferição do termopar do canal T3 (ouTC3)	85
Tabela I.2 - Resultado da aferição do termopar do canal T4 (ouTC4)	86
Tabela I.3 - Resultado da aferição do termoresistor RTD3	87
Tabela I.4 - Resultado da aferição do termoresistor RTD4	88
Tabela I.5 - Resposta eletrônica do Registrador YOKOGAWA	89
Tabela I.6 - Resposta do canal Ch5 na Medição de Temperatura	90
Tabela I.7 - Resposta do canal Ch6 na Medição de Temperatura	91
Tabela I.8 - Calibração do Transmissor de Pressão Diferencial	95
Tabela I.9 - Resultados do cálculo do Delta-T em função da vazão	98
Tabela I.10 - Resposta eletrônica da Placa AT-MIO-E16-10 da National Instruments	103
Tabela I.11 - Resposta do registrador FUJI para o canal Ch5	104
Tabela I.12 - Resposta do registrador FUJI para o canal Ch65	105
Tabela I.13 - Resposta do registrador YOKOGAWA para o canal T3	106
Tabela I.13 - Resposta do registrador YOKOGAWA para o canal T4	107

NOMENCLATURA

λ = constante de desintegração do N^{16}

σ_{ε} = tolerância sobre o coeficiente de expansão

$\sigma_{\Delta p}$ = tolerância sobre o valor de Delta P

σ_{CE} = tolerância sobre coeficiente de vazão

σ_D = tolerância sobre o valor de D

σ_d = tolerância sobre o valor de d

ε = (épsilon) = fator de expansão isentrópica

ρ = massa específica

Δp = Delta p = pressão diferencial

σ_{Qm} = tolerância global sobre vazão em massa = Ipr

Δt = Delta T = diferença de temperatura

A = corrente da câmara de ionização

Ac = Atividade da câmara de ionização

BT = Balanço Térmico

BV = bocal de vazão (Flow Nozzle)

C = coeficiente de descarga

CIC = câmara de ionização compensada

CINC = câmara de ionização não compensada

C_p = calor específico

D = diâmetro da tubulação

d = diâmetro do bocal

Delta T = diferença de temperatura entre T4 e T3 = diferença entre a temperatura de entrada e saída do núcleo.

DesvPad = Desvio Padrão

DIN = norma alemã = Deutche International Normen

DMM = multímetro digital

e = número natural = 2.7183

E = fator de velocidade de aproximação

ev = eletronsvolts (unidade de energia)

I_{La3} = incerteza da linha de medição sem o sensor do canal 23 do registrador Yokogawa

I_{cca23} = incerteza da curva de calibração do sensor 3

I_{cca24} = incerteza da curva de calibração do sensor 4

I_{cic} = incerteza da câmara de ionização compensada

I_{cs} = incerteza do condicionador de sinal

IEA-R1 = Instituto de Energia Atômica Reator 1

IEC = Institute of Electronics Consumer

I_{ins} = incerteza da instalação

I_{La23} = incerteza da linha de medição sem o sensor do canal 5 do registrador FUJI

I_{La24} = incerteza da linha de medição sem o sensor do canal 6 do registrador FUJI

I_{La4} = incerteza da linha de medição sem o sensor do canal 24 do registrador Yokogawa

I_{mac} = incerteza do módulo eletrômetro/amplificador de sinal de corrente do Canal Linear.

I_{maN16} = incerteza do módulo eletrômetro/amplificador de sinal de corrente do N¹⁶.

I_{MSN16} = incerteza do módulo display digital do N¹⁶.

I_n = incerteza para n valores/pontos de medida

I_{n3} = incerteza para n valores/pontos de medida no canal 23 do registrador Yokogawa

I_{n4} = incerteza para n valores/pontos de medida no canal 24 do registrador Yokogawa

INMETRO = Instituto Nacional de Metrologia

I_p = incerteza do padrão utilizado para aferição

I_{pr} = incerteza dos parâmetros

I_{r23} = incerteza do canal 5 do registrador FUJI

I_{r24} = incerteza do canal 6 do registrador FUJI

I_{RGL} = incerteza do registrador do sinal do Canal Linear.

I_{ry3} = incerteza do canal 23 do registrador Yokogawa

I_{ry4} = incerteza do canal 24 do registrador Yokogawa

I_s = incerteza da componente sensor

I_{sm} = incerteza do simulador

I_{t23} = incerteza global de temperatura do sensor RTD3

I_{t24} = incerteza global de temperatura do sensor RTD4

K_p = Constante de proporcionalidade

Loop = laço

\dot{m} = vazão mássica

N-16 = N^{16} = nitrogênio 16

P = potência do reator

Pt-100 = termoresistor do tipo 100 (100 ohms a temperatura de 0 °C)

Q = vazão de água no circuito primário de refrigeração

Qe = calor que entra no sistema

Qps = calor perdido no sistema

Qs = calor que sai do sistema

RBC = Rede Brasileira de Calibração

RTD3 = sensor termoresistor 3 .

RTD4 = sensor termoresistor 4 .

Safety 1 = canal de segurança 1

Safety 2 = canal de segurança 2

Safety 3 = canal de segurança 3

ST1 = sensor de temperatura 1

ST2 = sensor de temperatura 2

T10 = sensor termopar localizado na saída do TCA ou TCB do lado do circuito primário

T11 = sensor termopar localizado na entrada do TCB do lado do circuito secundário.

T12 = sensor termopar localizado na saída do TCB lado circuito secundário.

t_{1c} = tempo para um volume de água atravessar o núcleo

t_{2c} = tempo para um volume de água se deslocar do núcleo ao detector

T3 = sensor termopar localizado a 30 cm acima do núcleo

T4 = sensor termopar localizado na tubulação do circuito primário entre a saída do núcleo e a entrada do tanque de decaimento.

T6 = sensor termopar localizado na entrada do tanque de decaimento.

T7 = sensor termopar localizado na saída do TCA do lado do circuito primário

T8 = sensor termopar localizado na entrada do TCA do lado do circuito secundário.

T9 = sensor termopar localizado na saída do TCA do lado do circuito secundário

TC3 = sensor termopar = T3

TC4 = sensor termopar = T4

TCA = trocador de calor A

TCB = trocador de calor B

TD = tanque de decaimento

t-student = t = distribuição estatística usada para reduzir o efeito de subestimar o valor do desvio padrão "s" calculado utilizando uma pequena amostra.

$V1_c$ = volume de ativação do núcleo

$V2_c$ = volume compreendido entre saída do núcleo e o detector

W = watts (unidade de potência)

1. INTRODUÇÃO

Desde que o primeiro reator nuclear de pesquisas atingiu a criticalidade em 1942, foram construídos cerca de 550 reatores de pesquisas. Existem atualmente 300 que estão em operação. Destes reatores, cerca de 66% estão com 20 anos de serviço, e 30% tem mais de 30 anos em operação.

Uma característica importante de todos os reatores de pesquisa é que eles são instrumentos do tipo multidisciplinar para ser utilizado em diferentes campos, a saber : pesquisa científica, pesquisas aplicadas em ciências da física, química e de engenharia e para treinamento.

Estas atividades encontram aplicação em medicina e agricultura assim como em problemas industriais utilizando métodos nucleares que podem ser mais baratos, rápidos e mais eficientes, e em alguns casos fornecendo informações úteis que somente podem ser obtidas por meio de técnicas de processos nucleares.

Os reatores de pesquisa foram construídos para desempenhar um papel importante no suporte para desenvolvimento de programas na área da energia nuclear.

Na maioria dos casos, os programas de energia nuclear, visando a geração de energia, elétrica, foram baseados em reatores de pesquisa.

A importância dos reatores de pesquisa reside no fato de possuir as condições para estudar o tipo do reator, localização da instalação, garantia da qualidade durante a construção e possibilitar o estudo dos problemas relacionados com a operação de uma usina nuclear, permitindo assim a aplicação dos conceitos de engenharia a cada estágio.

Como já mencionado, os reatores de pesquisas possuem condições para o desenvolvimento de estudos, testes, aplicações e treinamento nas seguintes áreas :

- * Física de Reatores: experimentos e cálculos do mapeamento de fluxo, dosimetria gama, dados de queima de combustível, reatividade, cinética de nêutrons, medidas e análise de ruído, etc.
- * Óptica de Nêutrons: reflexão total, difração e interferometria.
- * Medida de seção de choque de nêutrons como uma função da energia.
- * Desenvolvimento de detectores e instrumentação aplicada, incluindo aplicação de métodos computacionais em varias áreas de pesquisa.
- * Desenvolvimento de análise de ativação por nêutrons.
- * Física de “Matéria Condensada” (Condensed Matter): cristalografia de nêutrons, difração magnética, radiografia por nêutrons (neutronografia)
- * Desenvolvimento em produção de radioisótopos, etc.
- * Verificação de programas computacionais para cálculo da distribuição de fluxo e desenvolvimento de métodos para medições de parâmetros em reatores de potência .
- * Pesquisa em Ciências dos Materiais : textura em placas de combustíveis e outros materiais.
- * Formação de recursos humanos a nível de graduação e pós-graduação em Física, Química, Engenharia, Ciência dos Materiais, Ciência da Vida, Agricultura, etc.
- * Tratamento de alimentos : desinfecção e esterilização de bens .
- * Tratamento dos materiais por radiação, etc .

Dentro deste contexto, é que o Reator de Pesquisa do IPEN, começou a ser construído, sendo ele um reator de pesquisa do tipo piscina aberta, projetado e construído sob a responsabilidade da firma BABCOX and WILCOX de USA, de acordo com especificações fornecidas pela Comissão de Energia Atômica à época, atingindo a primeira criticalidade em Setembro de 1957 .

Atualmente a operação do IEA-R1 obedece a um regime de operação contínua de 60 horas semanais, aproximadamente, a uma potência de 2 MW, estando em condições técnicas para operar em regime de 120 horas por semana a 5 MW .

Para esta nova condição de operação é necessário a disposição de uma leitura confiável da potência do reator. Uma das alternativas é a calibração do Canal Linear da mesa de controle a partir da técnica do Balanço Térmico, a qual baseia-se no acréscimo de temperatura sofrido pelo fluido de refrigeração ao passar pelo núcleo .

A técnica do Balanço Térmico /1/ utiliza como parâmetros de cálculo a vazão mássica m do fluido refrigerante, o calor específico C_p e o gradiente de temperatura (Δt) na entrada e saída do núcleo.

Obtido esses valores experimentalmente, a potência do reator é calculada pela relação:

$$P = \dot{m} * C_p * \Delta t \quad (1)$$

em que $\Delta t = \text{temperatura}_{\text{saída}} - \text{temperatura}_{\text{entrada}}$

Da mesma maneira, podemos determinar a potência térmica dissipada no circuito primário, no circuito secundário, no tanque de decaimento e no circuito de retratamento da água .

As experiências realizadas no reator têm mostrado uma diferença de 8 a 10% entre os cálculos do Balanço Térmico e a potência nominal de operação a 2 MW.

Constatou-se que a instrumentação de processos existente na sala de controle não era aferida adequadamente para a determinação da potência do reator, observando-se variação na medida do Nitrogênio-16, sem ocorrer variação da potência do reator.

Em vista da importância da monitoração contínua, faz-se necessário a adequação de uma instrumentação para condicionar os sinais de temperatura e vazão para um sistema de aquisição de dados, de forma a determinar a potência através do Balanço Térmico /2 e 3/ .

OBJETIVO DO TRABALHO .

Para a monitoração da potência do reator, são utilizados detectores nucleares para detectar a produção de nêutrons quando da multiplicação subcrítica na partida do reator e acompanhar, logo após a criticalidade, as flutuações na emissão neutrônica e assim proceder o controle automático da reatividade e manter o reator numa potência estável.

Um dos sinais de controle do reator é o Canal Linear o qual utiliza como detector uma câmara de ionização compensada (CIC) . Outro sinal para o controle é o Canal de Partida que

utiliza uma câmara de fissão, sendo este um detector especial para detecção de amplo espectro de energia de nêutrons.

Outro sistema para verificar a potência é um Canal para monitoração do Nitrogênio-16 o qual utiliza uma câmara de ionização não compensada (CINC) que fornece um sinal correspondente à atividade do ^{16}N , sendo esta uma medida confiável para a monitoração de potência do reator. /4/

Este trabalho tem como objetivo calcular a potência do reator através do Balanço Térmico e desenvolver um sistema computacional para acompanhar em tempo real as variáveis envolvidas no Balanço Térmico do núcleo do reator..

O desenvolvimento do sistema para aquisição de dados compreendeu 2 etapas principais:

1^a) A primeira parte do trabalho consistiu no estudo e análise da instrumentação para medição da temperatura e da vazão .

2^a) A segunda parte do trabalho consistiu no desenvolvimento de um software aplicativo para aquisição, processamento e visualização através de janelas gráficas de computador em ambiente windows das variáveis envolvidas no cálculo do Balanço Térmico para a monitoração da potência do reator.

A seguir é realizada uma descrição do conteúdo de cada capítulo.

No capítulo 2 é feita a descrição da monitoração da potência do reator durante a multiplicação subcrítica e após a criticalidade, mostrando-se a proposta deste trabalho para a monitoração através da técnica do Balanço Térmico.

No capítulo 3 são descritas as aquisições de dados de temperatura (T3 e T4) e vazões (VzP e VzS) para verificar a resposta de cada uma das linhas de medição envolvidas no processo.

No capítulo 4 é feita uma descrição de métodos, instrumentos e componentes utilizados no desenvolvimento da parte experimental para a verificação da instrumentação de processos.

No capítulo 5 é realizada uma análise de incertezas para as variáveis e métodos de medição envolvidos no processo com base nas tabelas de aferição e verificação das linhas de medição que formam parte da aquisição de dados.

No capítulo 6 descreve-se a parte correspondente à especificação dos sistema em termos de hardware e o software aplicativo para o desenvolvimento das diversas janelas gráficas.

No capítulo 7 apresentam-se o programa para aquisição, a descrição das interfaces do programa, códigos de programação e os projetos das janelas gráficas.

No capítulo 8 apresentam-se os resultados obtidos na aquisição de dados de vazão e temperatura.

No capítulo 9 apresentam-se as conclusões finais

No capítulo 10 apresentam-se as referências bibliográficas

No Apêndices I encontram-se as tabelas, equações e considerações de cálculos

No Apêndices II encontram-se os códigos de programação.

2.- MONITORAÇÃO DA POTÊNCIA NO REATOR IEA-R1.

A monitoração de potência do reator IEA-R1 é realizada de acordo com as seguintes rotinas de operação :

- Monitoração durante a partida do reator
- Monitoração para o controle automático do reator
- Monitoração de potência pela atividade do Nitrogênio-16 (^{16}N)
- Monitoração de potência através da técnica do Balanço Térmico

2.1 Monitoração durante a partida do reator

A monitoração envolve o Canal de partida do reator o qual processa o sinal vindo de um detector de nêutrons tipo câmara de fissão. Esse detector têm a particularidade de se comportar como uma câmara de fissão normal fornecendo um pulso de saída (conforme o grau de reatividade) desde o início da partida (10^{-7} % da potência ou "background") até entrar na região de Campbell (10^{-2} % da potência). A partir desse nível de potência passa a se comportar como uma câmara de ionização fornecendo corrente na saída, permanecendo assim até a potência nominal (100% da potência). Essa monitoração é realizada até o reator atingir a criticalidade ou seja quando o reator fica numa potência relativamente estável /4/ .

Após o reator atingir 2 % da potência nominal entram em operação para monitoração de potência os canais de segurança Safety1, Safety2 e Safety3 .

2.2 Monitoração de potência através do Canal Linear.

O Canal Linear utiliza um detector de nêutrons tipo câmara de ionização compensada (CIC) através da qual é obtido apenas o sinal da atividade neutrônica. O sinal de saída da CIC é processado analogicamente por meio de um módulo eletrômetro o qual possui uma escala de seleção para amplificação fornecendo na saída sinais de 0-1 Volts ou 0-3 Volts conforme a escala selecionada . Esse sinal é utilizado como um sinal de comparação para que junto com o sinal de demanda atue no controle automático do reator /4/ .

O sinal de saída desse detector é afetado por flutuações locais de fluxo de nêutrons térmicos devido à movimentação das barras de segurança, configuração dos dispositivos de irradiação, configuração do núcleo e queima de combustível. Todos esses fatores implicam na necessidade de uma calibração periódica do canal.

2.3 Monitoração da atividade do Nitrogênio-16 (Atividade de fluídos circulantes)

O canal do Nitrogênio-16 (^{16}N) usa um detector câmara de ionização não compensada (CINC) para radiação gama, posicionado externamente num trecho da tubulação do circuito de resfriamento primário entre a saída do núcleo e entrada do tanque de decaimento (TD), e um módulo eletrômetro/picoamperímetro e amplificador instalado na sala de controle do reator. Esse detector fornece um sinal de 0 – 10 volts alimentando um indicador analógico (tipo DC Ammeter Kratos Instruments), sendo esta a variável que sofre menor influência dos fatores que afetam o Canal Linear. /5/

Neste método mede-se a ativação dos fluídos que atravessam o núcleo do reator. Na maioria dos casos utiliza-se o próprio refrigerante do núcleo do reator; no caso do IEA-R1m, a água leve.

A formação do ^{16}N é devida, justamente a uma reação (n,p) sobre o ^{16}O da água, que atravessa o núcleo do reator. Esta reação possui um limiar elevado (11 Mev) que faz com que a formação do ^{16}N dependa unicamente do fluxo de nêutrons localizado em todo o volume do núcleo e, portanto, da potência global do reator.

A atividade do ^{16}N representa 99% da atividade total da água, saindo do núcleo, a atividade restante, é devida à ativação de impurezas, de produtos de corrosão, produtos de fissão, de reações menos importantes que dão formação do ^{17}N , ^{19}O , ^{41}Ar , ^{27}Mg , ^{28}Al e ^{24}Na .

Sendo a meia vida do ^{16}N muito pequena (aproximadamente 7 segundos) sua atividade decai totalmente durante o intervalo de tempo que leva para tornar a passar pelo núcleo do reator após a passagem pelo tanque de decaimento, trocador de calor e se difundir na piscina.

O princípio de monitoração consiste em medir a atividade da água após sua saída do núcleo num ponto onde o tempo para atingi-lo seja suficientemente curto em relação à

atividade presente no núcleo. Após sua passagem pelo dispositivo de medida a água passa pelo tanque de decaimento e retorna à piscina do reator.

Sendo o monitor uma câmara de ionização, a leitura do monitor é expressa matematicamente por /5/ .

$$A = K * P * (1 - e^{-\lambda * t_1}) * e^{-\lambda * t_2} \quad (1)$$

Sendo :

A = corrente da câmara de ionização

K = constante de proporcionalidade de potência, que combina a seção de choque de ativação com a sensibilidade e geometria do detector.

P = potência do reator (Megawattas)

λ = constante de desintegração do ^{16}N (1/s)

t1 = tempo para um que um volume de água atravesse o núcleo

t2 = tempo para um segmento de água se deslocar do núcleo ao detector.

Os últimos dois fatores da equação (1) $[1 - e^{-\lambda * t_1}]$ e $[e^{-\lambda * t_2}]$, dependem da vazão de refrigeração. Se a vazão for constante esses termos serão constantes e poderão ser combinados com K para dar uma proporcionalidade direta entre da atividade do ^{16}N e a potência do reator.

Assim , com a vazão constante o monitor do ^{16}N é um aparelho linear, similar aos controles do nível de potência, com exceção de que:

(1) – Os níveis de potência diferenciais através do caroço foram somados e incluídos na indicação do ^{16}N

(2) – O detector está localizado numa área livre de fluxo de nêutrons.

(3) – A leitura do ^{16}N indica um nível de potência que ocorreu alguns segundos antes, quando o segmento de água medido se achava no núcleo.

Deve-se, portanto, estudar a influência das variações da vazão sobre o parâmetro A, porque, mesmo para um reator que funcione com vazão nominal constante, qualquer que seja o nível de potência, existem sempre flutuações em torno do fluxo normal adotado.

Da equação (1) : $A = K * P * (1 - e^{-\lambda * t_1}) e^{-\lambda * t_2}$

$$\text{ou } A = K \cdot P \cdot (1 - e^{-\lambda V_1/Q}) e^{-\lambda V_2/Q}$$

onde :

V1 = volume de ativação do núcleo

V2 = volume compreendido entre a saída do núcleo e o detector .

Q = vazão de água no circuito primário da refrigeração

Verifica-se que a medida da atividade é uma função simples da vazão.

Através de cálculos e experimentação, determinou-se que para uma dada vazão existe um ponto ideal de funcionamento definido, para o qual uma variação na vazão tem pouca influência na monitoração de potência.

Determinou-se que para uma vazão de $15,8 \cdot 10^4$ [cm³/s] ou 2406 [gpm] (no reator IEA-R1) o posicionamento ótimo da câmara de ionização é tal que $t_2 = 8,9$ segundos /5/ .

Outro fatores que podem influir na monitoração da potência pela atividade do ¹⁶N, são as atividades do ²⁸Al, ²⁷Mg, ²⁴Na e ⁴¹Ar .

Todos esses isótopos têm meia vida grande em relação à do ¹⁶N e podem ser acumulados em diversos ciclos de operação. Por exemplo, o equilíbrio do ²⁴Na é atingido depois de 60 horas de operação em potência constante.

A atividade instantânea no local da câmara varia devido às flutuações na mistura do refrigerante provocadas pela turbulência; essas variações são desprezíveis porque em média elas se anulam.

A rigor a resposta do detector para o ¹⁶N seria dada pela expressão :

$$A_c = A_c(^{16}\text{N}) + A_c(^{19}\text{O}) + A_c(^{23}\text{Al}) + A_c(^{27}\text{Mg}) + A_c(^{24}\text{Na}) + \dots$$

Para que a medida não represente a atividade de outros nuclídeos, que não o ¹⁶N , a câmara de ionização é calibrada para a energia emitida pelo ¹⁶N .

Em 1997 foram registradas várias amostras do sinal do detector do ^{16}N e verificou-se que para estados estacionários, o sinal possui uma boa estabilidade. Na amostragem de duas horas o desvio padrão dos valores adquiridos foi de 1.5%, o valor máximo foi de 4% acima do valor médio e o mínimo 2,5% abaixo do valor médio, que correspondem a vazão do circuito primário. /26/

Após o desligamento do reator (SCRAM) a corrente do detector cai rapidamente para níveis inferiores a 1% do sinal, o que indica que este canal está medindo essencialmente a atividade anterior ao evento (SCRAM), ou seja, elementos de meia vida curtíssima, (o ^{16}N possui meia vida de 7,37 segundos) /26/ .

2.4 Monitoração de Potência pela técnica do Balanço Térmico

Para se realizar o balanço térmico do reator IEA-R1, deve-se considerar o sistema formado pela piscina, as paredes de concreto que a envolve, o circuito primário de refrigeração, o tanque de decaimento, o sistema de retratamento de água e o trocador de calor.

Para um certo intervalo de tempo tem-se que :

$$Q_{ps} = Q_e - Q_s$$

em que :

Q_{ps} = calor perdido no sistema

Q_e = calor que entra no sistema

Q_s = calor que sai do sistema

O calor perdido no sistema ocorre principalmente no início e término de uma operação do reator e devido a variações climáticas durante o evento . Este termo, é o mais difícil de se obter com boa precisão e, por isto é conveniente realizar as medições com este termo zerado, isto é, desde que a temperatura da piscina se encontre num valor estável /2 e 3/ .

O calor que entra no sistema é o calor gerado pelo próprio reator . O motor-bomba do circuito primário também gera calor, porém, a sua porcentagem é baixa e se dissipa quase que totalmente no trocador de calor . O terceiro termo da equação do balanço térmico, ou seja, o calor que sai do sistema pode ser assim subdividido;

- Calor dissipado no Trocador de Calor (TC),

- Calor dissipado no Tanque de Decaimento (TD),
- Perdas por evaporação e convecção através da superfície de contato da água da piscina e do ar . Na página 105 do Apêndice I é mostrada uma análise do balanço térmico /2,3 e 6/.

Para controle da operação do reator são necessárias as leituras de dois pontos de temperatura e um ponto de vazão uma vez que a rotina de operação estabelece monitorar o Delta-T no núcleo do reator e observar a vazão do circuito primário de resfriamento. Este pontos de leitura são mostrados na Figura 2.1

Na Figura 2.1, observam-se 2 sensores de temperatura denominados ST1 e ST2 o primeiro localizado na piscina a uns 30 centímetros de distância acima do núcleo aproximadamente e o segundo localizado na tubulação do circuito primário junto à entrada do Tanque de Decaimento (TD) .

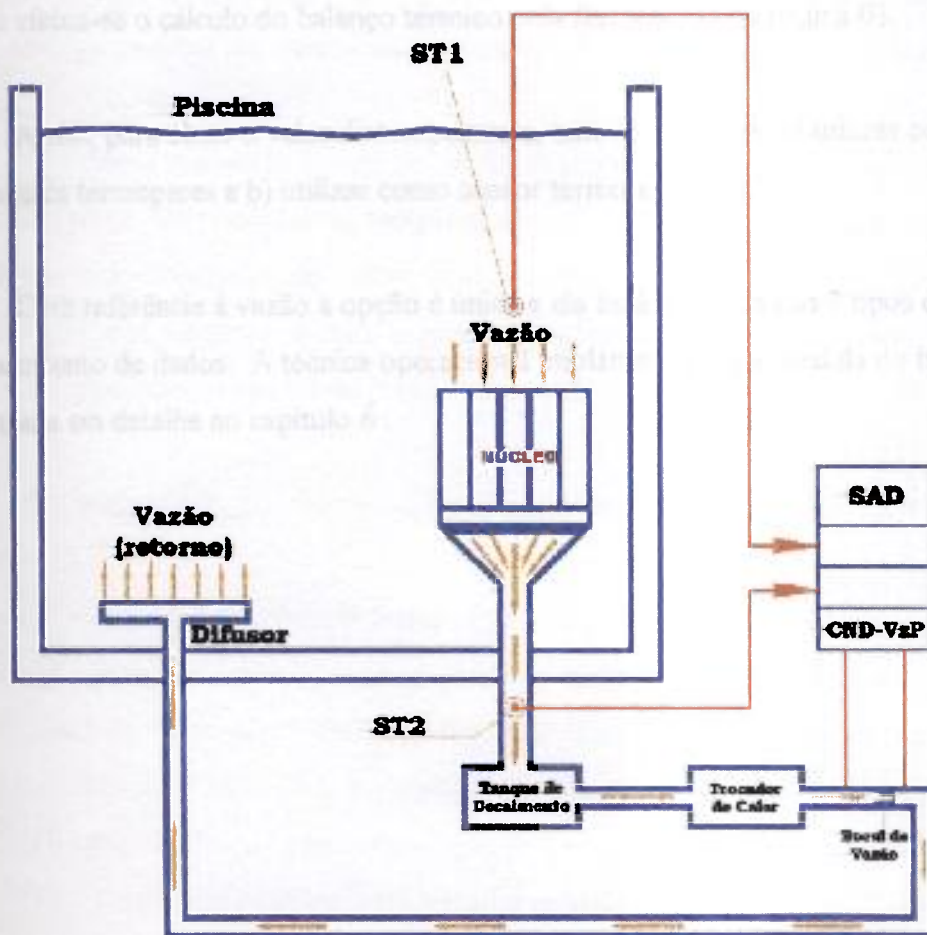


Figura 2.1 Diagrama da posição dos sensores para o Balanço Térmico

O fluido refrigerante (água da piscina) é succionado pela bomba do circuito primário passando através do núcleo seguindo para o Tanque de Decaimento (TD), passando pelo Trocador de Calor (TC) A ou B . O fluido segue para o Bocal de Vazão (BV) - Flow Nozzle, o qual permite o sensoreamento da diferença de pressão no BV, voltando o fluido para a piscina através de um elemento Difusor.

A medida da diferença de pressão é processada num instrumento medidor/transmissor de diferença de pressão (SMAR-LD300-módulo inteligente) e transmitida através de um loop de corrente para o sistema de aquisição de dados (SAD), passando através de um resistor de precisão de 250 Ohms, que provoca uma queda de tensão, a qual no SAD é processada utilizando uma equação de conversão. O valor obtido pela medida da diferença de pressão é mostrado em um registrador (FUJI) .

Deste modo, dispõe-se de dois dados de temperatura e um dado de vazão, com esses valores efetua-se o cálculo do balanço térmico pela fórmula (1) na página 03.

Assim, para obter o valor de temperatura, tem-se 2 opções; a) utilizar como sensor de temperatura termopares e b) utilizar como sensor termoresistores.

Com referência à vazão a opção é única e ela será utilizada nos 2 tipos de aquisição e processamento de dados. A técnica operacional implantada para a medida do balanço térmico é mostrada em detalhe no capítulo 6 .

3.- MEDIÇÕES DE TEMPERATURA E VAZÃO NO REATOR IEA-R1.

No reator IEA-R1 as variáveis de processos necessárias para operar o reator são as variáveis de temperatura e vazão além das variáveis nucleares . Os sistemas de medição dessas variáveis serão apresentados a seguir e os métodos, componentes e instrumentos utilizados estão descritos no capítulo 4 .

3.1 Sistema de Medição de Temperatura

O sistema de medição de Temperatura do reator é formado por sensores de temperatura da classe termopar sendo eles do tipo T, fios de extensão (compensação) para esses termopares e um registrador de 24 pontos Yokogawa modelo UR1800 /8/ .

O sistema realiza as medições de temperatura de 24 pontos localizados em diversos partes do reator. Estes pontos de temperatura estão localizados na piscina, onde está o núcleo do reator, nos trocadores de calor TCA ou TCB, nas bombas de circulação, torres de resfriamento, nas máquinas e grupos geradores, além da medida da temperatura ambiente em alguns compartimentos dentro do prédio do reator.

Os termopares considerados para o sistema desenvolvido neste trabalho são os seguintes :

T3 – localizado a 30 centímetros acima do núcleo do reator

T4 – localizado na tubulação de saída do núcleo, do fluido de resfriamento (água)

Também estão disponíveis os seguintes termopares no caso de fazer a aquisição de dados para o balanço térmico dos trocadores de calor :

T6 - localizado na entrada do tanque de decaimento

T8 – localizado na entrada do trocador de calor A (TCA)

T9 – localizado na saída do trocador de calor A (TCA) do lado do circuito secundário

T10 – localizado na saída dos trocadores de calor TCA ou TCB do lado do

Circuito primário

T11 – localizado na entrada do trocador de calor B (TCB) do lado circuito secundário

T12 – localizado na saída do trocador de calor B (TCB) do lado do circuito secundário

Na Tabela 3.1 são apresentados os resultados de diversas medidas realizadas para verificar a linha de medição dos canais de temperatura T3 e T4 .

Tabela 3.1 Resposta dos canais de Medição de temperatura T3 e T4

Temperatura (°C)	Canal T3 (°C)	Canal T4 (°C)
0.0	0.6	0.5
10	10.4	10.3
20	20.6	20.5
25	25.7	25.5
30	30.6	30.4
32	32.5	32.5
35	35.4	35.5
38	38.4	38.4
40	40.5	40.3
42	42.3	42.4
45	45.4	45.4
50	50.4	50.3
75	75.7	74.3
100	100.5	100.5
150	150.4	150.4
200	200.5	200.4

Verificação da resposta eletrônica do Registrador Yokogawa UR1800 .

A verificação do registrador Yokogawa foi realizada utilizando como fonte de sinal de entrada um gerador de tensão da **Keithley modelo 263** (Source/Calibrator com certificado RBC-INMETRO), fornecendo a tensão (volts) diretamente na entrada do registrador /12/ . Os dados dos testes do registrador estão mostrados na Tabela 3.2 .

Tabela 3.2 Resposta eletrônica do Registrador Yokogawa - UR1800

Sinal Keithley 263 (Volts)	Temperatura Equivalente Canal T3 (°C)	Temperatura Equivalente Canal T4 (°C)
0,00500	0,19	0,18
0,02500	0,97	0,96
0,05000	1,98	1,97
0,10000	3,98	3,97
0,20000	7,98	7,96
0,30000	11,98	11,96
0,40000	15,97	15,96
0,50000	19,96	19,96
1,0000	39,98	39,96
2,0000	79,98	79,94
3,0000	120,0	120,0
4,0000	159,97	159,97
5,0000	199,96	199,94

3.2 Sistema de Medição de Vazão

O sistema de medição de vazão está formado por sensores de pressão diferencial, processador da pressão diferencial, transmissor da pressão diferencial e o registrador da vazão (elementos de malha de medição) do circuito de resfriamento primário e do circuito secundário.

Componentes da malha de medição .

A malha de medição de vazão do circuito primário de resfriamento está composta dos seguintes elementos :

- Elemento Primário de Medição .

O elemento primário é um Bocal de Vazão (flow nozzle) com as seguintes características :

Fabricante : Bailey Co.

Capacidade Máxima : 4000 gpm (908,5 m³/h)

Diferença de Pressão máxima : 200 inches coluna H₂O (508 cm coluna H₂O)

Pressão : 200 psi , (13,8 bars) ou (14,06 Kgf/cm²)

Temperatura : 110 °F (43 °C)

- Transmissor de Pressão Diferencial : (página 95 do Apêndice I)

A diferença de pressão entre as tomadas a montante e a jusante do bocal é medida e transmitida para um registrador através de um módulo específico com as seguintes características :

Fabricante : SMAR Ltda .

Modelo : LD 301-D3 (do tipo inteligente)

Faixa de Calibração : 0 a 200 Inches H₂O (508 cm coluna H₂O)

Saída do sinal : 4 a 20 miliamperes

Calibrador : DRESSER ATE 100 No. Série 2591 (CNEN 26818)

Incerteza do Calibrador : 0,06%

A Tabela 3.3 apresenta os resultados dos testes do transmissor diferencial de pressão.

Tabela 3.3 Resposta do Transmissor diferencial de Pressão

Delta-P Aplicado pol. H₂O	sinal saída ideal (mA)	Indicador ideal %	Sinal de saída real (mA)	Indicador real %
0	4,000	0	4,001	0,00
50	8,000	25	7,988	24,93
100	12,000	50	12,003	50,00
150	16,000	75	15,994	74,95
200	20,000	100	20,003	99,99

Registrador FUJI tipo PHC .

A corrente fornecida pelo transmissor diferencial de pressão circula através de um resistor terminal de 250 ohms (1% de precisão) e a diferença de tensão é utilizada tanto pelo sistema de aquisição de dados como pelo registrador, sendo processada através da seguinte expressão /11 e 14/ ;

$$Q = 2254 * (V - 1)^{1/2} \quad (1)$$

Obteve-se experimentalmente a resposta do registrador FUJI em circuito (Loop) de corrente. Para isto, foi ligado em série no circuito de corrente um gerador de corrente contínua, o qual fornece corrente (miliamperes), sendo esta corrente verificada através de um multímetro digital (HP34401A) e os resultados são mostrados na Tabela 3.4 obtendo através de uma regressão polinomial de 6ª ordem a seguinte expressão :

$$Y = - 19482,11765 + 11015,02791 * X - 2420,44004 * X^2 + 286,099 * X^3 - 18,64 * X^4 + 0,631 * X^5 - 0,008 * X^6$$

onde X é dado em miliamperes para obter Y em galões por minuto (gpm) .

Tabela 3.4 Resposta do REGISTRADOR FUJI em LOOP de corrente .

Calibrador ALTEK model 334 (mA)	Multímetro HP3468A (mA)	Registrador FUJI (,gpm)
4,00	4,06	0,238
6,00	6,08	1616
8,00	8,11	2274
10,00	10,13	2780
11,00	11,15	3004
12,00	12,16	3209
16,00	16,21	3928
20,00	20,25	4534

Foi verificada também a resposta do Registrador FUJI com um sinal de tensão fornecido por uma Fonte/Calibrador (KEITHLEY – 263) variando o sinal de 0 a 5 (volts) para cobrir a faixa de 0 a 4500 (gpm) .

Após as medições realizadas e mostradas na Tabela 3.5, conclui-se que o registrador está operacional e dentro da calibração dada pela fonte/calibrador de tensão KEITHLEY e a incerteza associada à calibração/aferição desse instrumento /12 e 13/ .

Com os valores da Tabela 3.4 foi obtida a equação da resposta do registrador FUJI (em Loop de corrente) usando o programa ORIGIN .

$$Vz = - 17943 + 39292 * V - 32809 * V^2 + 14627 * V^3 - 3570 * V^4 + 451,41 * V^5 - 23,1127 * V^6$$

onde V está dado em volts para obter Vz em galões por minuto (gpm) .

Este registrador é utilizado também para o registro da vazão do circuito secundário, para a medição do Delta-P do núcleo e eventualmente para a medição de temperatura utilizando como sensor termoresistores (no caso ECIL do tipo Pt-100) . Para o caso eventual (usando o registrador FUJI como subsistema de aquisição) de se utilizar como sensores os termoresistores, utilizando este registrador, foi obtida experimentalmente a sua resposta, configurando-o (conforme instruções do fabricante) para medir temperatura com RTD's e os resultados estão mostrados nas páginas 85 e 86 do Apêndice I /14/ .

Tabela 3.5 Resposta eletrônica do Registrador de Vazão FUJI

Tensão de entrada (volts)	Vazão equivalente (gpm)	Vazão pela conversão (gpm)
Keithley 263	Regist. FUJI	$\dot{Q}=2254*(V-1)^{0,5}$
1,000	0000	0000
1,250	1123	1127
1,500	1590	1594
1,750	1949	1952
2,000	2250	2254
2,250	2517	2520
2,333	2600	2602
2,500	2758	2760
2,750	2979	2982
2,775	3000	3003
3,000	3185	3188
3,250	3378	3381
3,500	3561	3564
3,750	3735	3738
4,000	3901	3904
4,250	4060	4063
4,500	4214	4217
4,750	4361	4365
5,000	4504	4508

4. INSTRUMENTOS E COMPONENTES

Neste capítulo descrevem-se os instrumentos e componentes utilizados no sistema de aquisição de dados.

O sistema de aquisição de dados é composto pelos seguintes instrumentos e componentes:

- Sensores de Temperatura Termopares Tipo T (marca ECIL Convencional)
- Registrador de Temperaturas YOKOGAWA UR1800 (RgY)
- Registrador de Vazões FUJI PHC
- Sensor de vazão (Bocal de Vazão) Bailey
- Transmissor de Pressão Diferencial SMAR tipo LD300
- Sistema de Aquisição de Dados Operacionais do Reator (SAD ou SADRI)
- Computador tipo PC com o programa aplicativo.

Os sensores de temperatura e transmissor de pressão diferencial foram aferidos no Laboratório de Calibração da Divisão RAT (Diretoria R) conforme as rotinas de calibração correspondentes e os resultados são mostrados nas páginas 85 à 88 e 96 no Apêndice I .

Para os registradores foi desenvolvida uma rotina de verificação a qual é descrita a seguir .

4.1. Verificação de temperatura utilizando Termopares

4.1.1 Verificação da leitura do Registrador Yokogawa (RgY)

Para a verificação da leitura do, RgY anota-se primeiramente o valor mostrado no RgY, o qual está localizado na sala de controle do reator. A seguir, no local onde encontra-se o sensor, verifica-se o valor de temperatura através de um instrumento (SM) para medir temperatura com termopares anotando-se também este valor. Isto é realizado para ver a diferença de medição entre o que indica o RgY e a indicação no local (in-situ) . Dessa maneira, comparando os valores obtidos com os registrados nas folhas de dados operacionais do reator, verifica-se se o sensor ou a linha de medição (fios de extensão) estão em condições operacionais ou com defeito. Na Figura 4.1 é mostrado essa verificação no local onde se encontra o sensor T3 (ou TC3) .

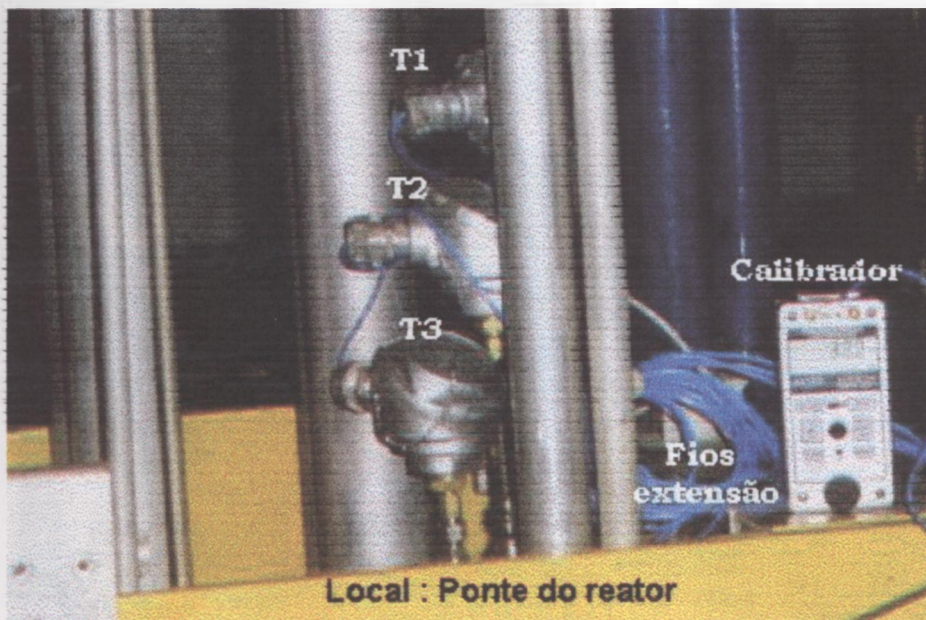


Figura 4.1 Posição para verificação da linha de medição para o Termopar T3 (ou TC3)

4.1.2 Verificação da Linha de Medição

Para verificar a linha de medição dos sensores termopares cada sensor foi substituído no local onde está instalado pelo aparelho simulador (SM) de termopar, o qual pode ser usado também como uma fonte de milivolts de alta precisão fornecendo na sua saída tensões “polarizadas” conforme o tipo de termopar a ser simulado (tipo T, J, K etc.) como podemos observar na Figura 4.2

Esta fonte/simulador/calibrador é ligada aos fios de extensão do termopar correspondente, os quais levam o sinal até a borneira de entrada de sinais de termopares instalada no rack do Sistema de Aquisição de Dados do reator (SAD-IEAR1 ou SADRI) localizado na sala de controle do reator.

O sinal de tensão (miliVolts) de saída do SM, assim como o sinal do próprio termopar, é condicionado (compensação de junta fria) num módulo eletrônico (ME ou CND-TC) fornecendo na sua saída, a qual possui isolamento galvanica, sinais em volts (amplificados por um fator de 40), os quais servem para a aquisição de dados do próprio SADRI e para o registrador de temperatura (RY) onde o valor de tensão é transformado em temperatura através de uma função de transferência (página 94 no Apêndice I).



Figura 4.2 Verificação da linha de medição do termopar T4 (ou TC4) .

Nas Figuras 4.1 e Figura 4.2 mostra-se a localização do SM no local correspondente para os termopares TC3 (T3 no registrador RY) e TC4 (T4 no registrador RY).

Foi obtida uma tabela de temperatura ajustando o SM com diversos valores de 0 a 200 →C conforme mostrado na Tabela 3.1 na página 14 .

4.1.3 Instrumentos e componentes utilizados na verificação

SM = Thermocouple Calibrator Marca ALTEK modelo 322-1

SADRI = Sistema de Aquisição de Dados (IPEN)

ME = CND-TC3 = CND-TC4 = Módulo condicionador de sinal OP-47B

RY = Registrador Yokogawa modelo UR1800 (Figura 4.3)

Fios e conectores de extensão/compensação para interligações

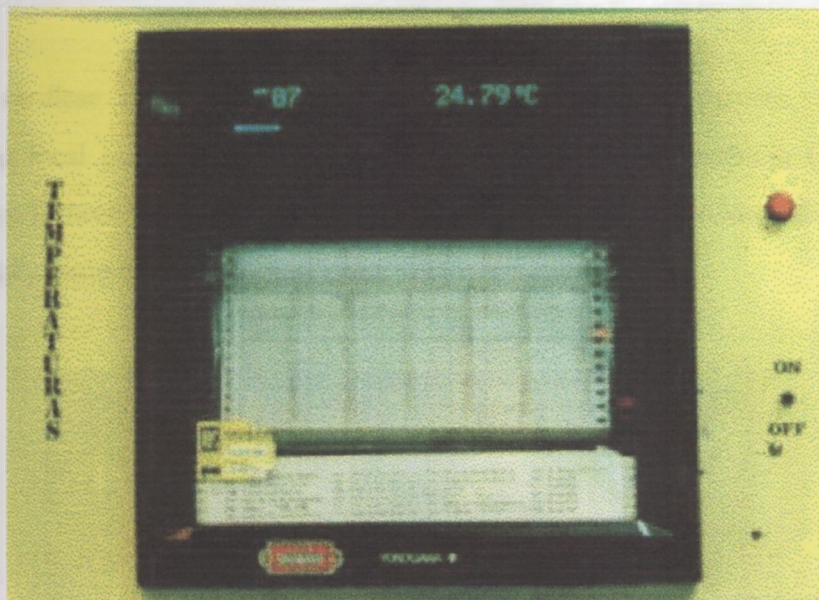


Figura 4.3 Registrador YOKOGAWA modelo UR1800

4.2. Verificação da Temperatura utilizando Termoresistores

4.2.1 Verificação da leitura do Registrador FUJI (RgF)

Para registro dos sinais dos sensores termoresistores utilizamos o Registrador FUJI (RgF), o qual está localizado na sala de controle do reator. A verificação da leitura indicada pelo RgF é realizada anotando-se primeiramente o valor mostrado no RgF. A seguir, no local onde se encontra o sensor, verifica-se o valor de temperatura medindo-se o valor ohmico do sensor utilizando um multímetro digital (DMM1) e consulta-se uma tabela (ITS-90) obtendo assim o valor de temperatura equivalente anotando este valor. Isto é para verificar a diferença de medição entre o que indica o registrador de temperatura e a indicação no local (in-situ). Dessa maneira verifica-se se o sensor ou a linha de medição (cabo de 3 fios) estão em condições operacionais ou com defeito.

4.2.2 Verificação da Linha de Medição

Para verificar a linha de medição dos sensores termoresistores, cada sensor foi substituído no local onde está instalado por uma década de resistência (DR), que é um dispositivo que fornece valores de resistência utilizadas para obter valores de temperatura no registrador RgF, como é mostrado na Figura 4.4 .

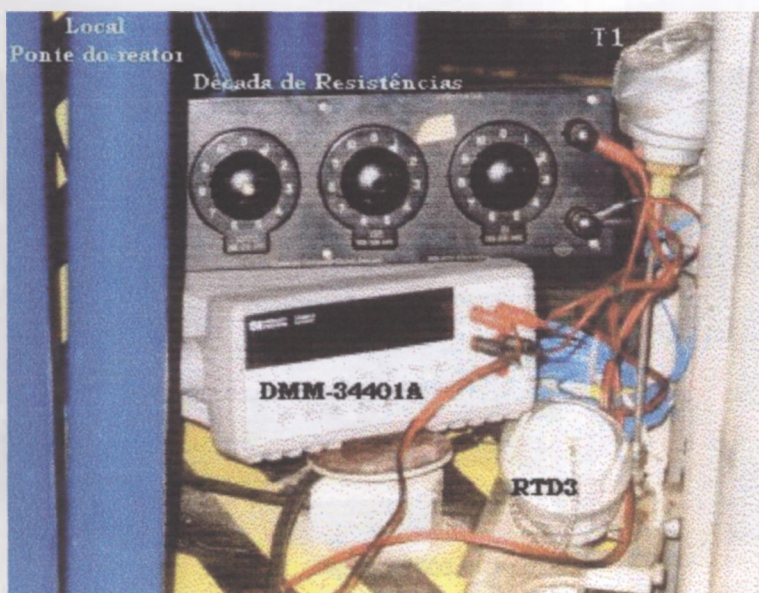


Figura 4.4 Década de Resistências, DMM, termopares e termoresistor RTD3 .

Essa década é ligada ao cabo (com 3 fios) do termoresistor correspondente que fornece o valor de resistência para a borneira de entrada do RF visualizando o valor de temperatura nos canais Ch5 e Ch6 realizando a conversão através de uma função de transferência.

Na Figura 4.5 é apresentada a localização dos componentes para a verificação da linha de medição correspondente ao Canal Ch6 do registrador FUJI . As ligações foram feitas de forma idêntica às do caso para o RTD3 .

Assim, selecionando valores ohmicos na DR, estes verificados com o DMM, obteve-se valores de temperatura indicados no registrador conforme mostram as tabelas correspondentes nas páginas 90 e 91 do Apêndice I .

4.2.3 Instrumentos e componentes utilizados na verificação das linhas de medição.

Foram utilizados os seguintes componentes:

DR = Década de Resistência Marca Cambridge Instruments Model Constantan

RF = Registrador FUJI modelo PHC .

DMM = Multímetro Digital Hewlett Packard model 34401 (erro de 0.0003% FS)

Cabo especial de 4 veias*1.5 mm² para ligações da DR a 4 fios (maior precisão)



Figura 4.5 Década de Resistores, DMM e termoresistor RTD4 .

4.3 Verificação da Medição de Vazão

4.3.1 Verificação do registrador FUJI

O registrador FUJI foi verificado obtendo uma tabela da resposta eletrônica do instrumento. Para isto foi utilizada uma fonte (Source/Calibrator) de precisão, a qual fornece tensão (volts) na sua saída e foi ligada diretamente nos terminais de entrada do registrador. A resposta eletrônica obtida é mostrada na Tabela 3.5 na página 18 e a instrumentação utilizada está na Figura 4.8 .

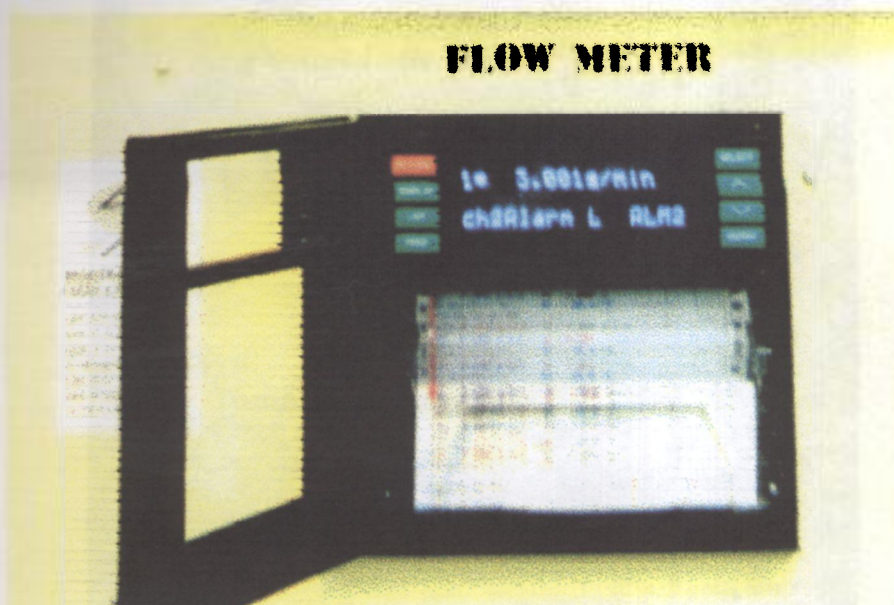


Figura 4.6 Registrador FUJI para Vazão e Temperatura com termoresistores .

4.3.2 Verificação das Linhas de Medição de vazão.

Para a medição de vazão é utilizado o registrador FUJI (RgF) (Figura 4.6). Para verificar a linha de medição de vazão são desligados os fios do Loop de corrente do transmissor de diferença de pressão (TxDP – localizado a 2 metros do Bocal de Vazão, localizado no trecho de retorno do fluido refrigerante no circuito primário, na sala das máquinas do reator) e inserindo em série um aparelho de precisão (CLC) que fornece corrente ao circuito, variando o valor dessa corrente entre 4 e 20 miliamperes, valores verificados com um multímetro digital (DMM1). Essa corrente circulante produz uma queda de tensão numa resistência de precisão de 250 Ohms localizada no Rack D do SADRI na sala de controle do reator. A Figura 4.7 mostra o local onde estão instalados o bocal de vazão e o transmissor de pressão diferencial.



Figura 4.7 Posicionamento do Transmissor de Pressão Diferencial e do Bocal de Vazão

O valor da queda de tensão no resistor de precisão foi utilizado para obter uma tabela de dados de tensão de entrada (volts) e a vazão correspondente em galões por minuto (gpm) indicada no registrador RgF localizado na sala de controle do reator. Essa tabela de dados foi usada para obter uma equação de regressão (corrente em miliamperes versus vazão em gpm) usando-se do programa EXCEL e verificada posteriormente com o programa ORIGIN.

Por outro lado foi obtido também a resposta eletrônica do RgF utilizando um instrumento calibrador (SC - certificado INMETRO) de precisão. Assim, para diversos valores de tensão entre 1 e 5 volts (correspondendo aos valores de 4 e 20 miliamperes circulando pela resistência de 250 ohms) obteve-se a resposta do RgF conforme mostrado na Tabela 3.4 na página 17. Isto foi feito para verificar o grau de precisão e o desempenho do instrumento.



Figura 4.8 Verificação da resposta eletrônica do registrador FUJI

O mesmo procedimento de verificação foi utilizado para obter a resposta na medição de vazão do circuito secundário.

4.3.3 Instrumentos e componentes utilizados na verificação

Foram utilizados os seguintes componentes:

TxDP = Transmissor de pressão diferencial SMAR modelo LD-301-D3

RF = Registrador FUJI tipo PHC

CLC = Instrumento Calibrador ALTEK model 344

DMM = Multímetro Digital Hewlett Packard 34401

SC = instrumento Source/Calibrator marca Keithley model 263

Fios e cabos de interligações

O mesmo procedimento de verificação foi utilizado para obter a resposta na medição de vazão do circuito secundário.

4.4 Aferição dos sensores de temperatura e vazão

4.4.1 Aferição de termoresistores e termopares

Os sensores de temperatura (termoresistores e termopares) foram aferidos numa bancada de testes seguindo-se uma rotina de calibração, para a qual foram utilizados os seguintes instrumentos: (vide Figuras 4.9 e 4.10)

Banho Térmico marca QUIMIS ou HAAKE modelo FT

Termômetro Digital de verificação marca SALVI modelo TERM-700K

Multímetro Digital Hewlett Packard model 3456

Sensor Padrão Pt-100 (certificado INMETRO)

Termopar ou termoresistor a ser aferido

Fios e cabos de interligações

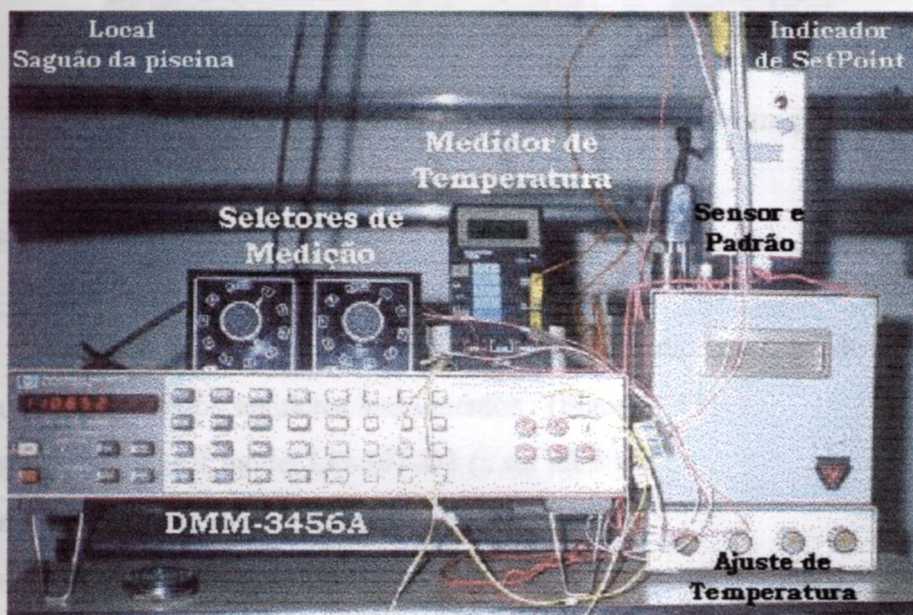


Figura 4.9 Aferição do Termoresistor RTD3 (montagem no saguão da piscina)

Na Figura 4.9 mostra-se a instrumentação utilizada para a calibração do termoresistor RTD3 instalado (para o teste) no saguão da piscina do reator, sendo está igual à utilizada na bancada do laboratório de calibração (com exceção do Banho Térmico) . As tabelas de aferição estão mostradas nas páginas 87 e 88 no Apêndice I .

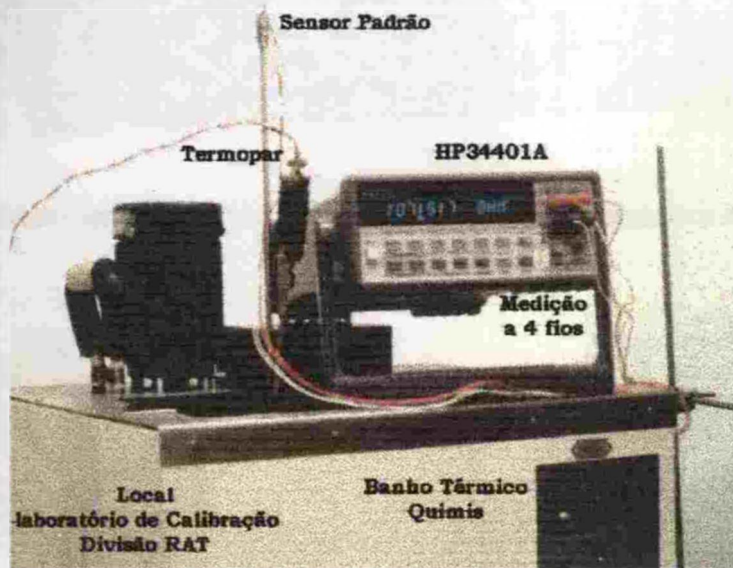


Figura 4.10 Bancada para aferição/calibração dos termopares

4.4.2 Aferição do Transmissor de Pressão Diferencial

O transmissor de pressão diferencial foi aferido na bancada do laboratório de calibração, utilizando-se dos seguintes instrumentos : (Figura 4.11)

Transmissor SMAR model LD-301-D3 (a ser aferido)

Instrumento Calibrador DRESSER ATE 100

Multímetro Hewlett Packard 3456

Manômetro Record de precisão



Figura 4.11 Bancada para aferição/calibração do Transmissor de Pressão Diferencial

4.4.3 Detalhe dos Instrumentos utilizados na parte experimental

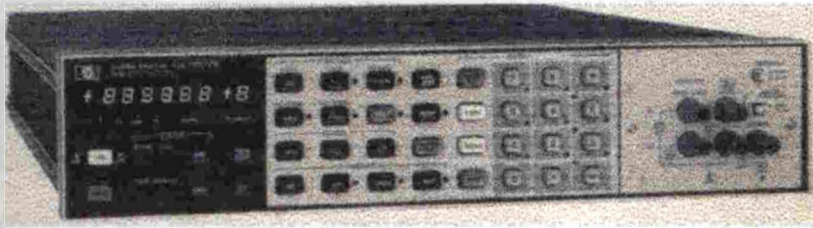
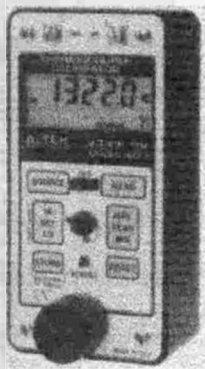


Figura 4.12 Multímetro HP3456A utilizado na aferição dos sensores de temperatura



ALTEK 322-1 (temperatura)



ALTEK 334 (vazão)

Figura 4.13 Calibradores utilizados para as verificações de Temperatura e Vazão



Figura 4.14 Multímetro Digital HP34401A utilizado na parte experimental

5. ANÁLISE DE INCERTEZAS

Na descrição da instrumentação para obter os dados para o cálculo do balanço térmico, colocamos que, para a medição de temperatura pode-se fazer uso de termopares ou de termoresistores e para a vazão utiliza-se o sinal do transmissor de pressão diferencial obtida do bocal de vazão. Com esses instrumentos foi realizada a aquisição dos dados das linhas de medições tanto de temperatura como de vazão e com os valores experimentais obtidos, foi desenvolvida a análise de incerteza, considerando todas as situações que realmente podem influenciar nas medições.

A incerteza de medida é definida como uma faixa em torno do valor médio onde se supõe que o valor verdadeiro esteja associado a um determinado nível de confiança (confiabilidade) que normalmente é adotado (95,4%) /15/ .

O conhecimento desta faixa é importante para se verificar o seguinte :

- a) se a instrumentação é adequada para a medição podendo ser de excelente repetibilidade, porém de custo elevado ou de repetibilidade ruim necessitando de um número bem maior de medidas para aumentar a confiabilidade (confiança), acarretando maior tempo para aquisição de dados;
- b) a origem das discrepâncias de controle do sistema. Flutuações de medidas maiores do que as incertezas indicam que eventualmente o regime permanente não foi atingido e que os modelos desenvolvidos considerem tal fato .
- c) a coerência das medições (potência térmica, canais nucleares, N-16, etc) e análise das eventuais causas das discrepâncias;
- d) o número de medições com uma dada instrumentação .

5.1 Incerteza na Medição de Temperatura

5.1.1 Incertezas nas medições de temperatura utilizando Termoresistores (RTD)

Os sensores RTD utilizados na experiência são de fabricação ECIL e do tipo Banda-1. A ligação é feita numa configuração a 3 fios para melhorar a compensação dos efeitos da resistência do cabo de ligação.

A definição da escala de temperatura, a qual inclui as propriedades da platina como um instrumento interpolador, indica, com base experimental, que a resistência da platina varia com a temperatura segundo um polinômio de segundo grau /15/ .

A aferição do sensor RTD normalmente é realizada em laboratório especializado e credenciado junto ao INMETRO . Ela é feita comparando o desempenho do sensor com um padrão num banho de temperatura controlada . O padrão utilizado é o ponto fixo, isto é, mudança de fase de substâncias com alta reprodutibilidade. Na faixa em questão (0 °C a 200 °C), foi utilizado o ponto triplo . (IPTS-68 – Institute for Prospective Technological Studies – Sevilla- Spain - 1994) .

- a) Ponto triplo da água0,01 °C
- b) Ebulição da água a 1 atm 100,00 °C (eventualmente)

A incerteza estimada (dado do fabricante) para a reprodução da escala de temperatura com o Pt-100 é cerca de $\pm 0,05$ °C, muito embora, a sua repetibilidade possa ser melhorada. Com o termômetro padrão de platina, consegue-se incertezas da ordem de milésimo de grau.

Como alternativa para se aferir o Pt-100, pode-se comparar o seu desempenho com o de um termômetro de platina padrão, num banho de temperatura controlada (procedimento utilizado pela Divisão RAT para a calibração de termopares e termoresistores) . Este último pode reproduzir a escala com uma incerteza abaixo de $\pm 0,01$ °C . Pode-se usar pelo menos dez pontos de medida (no caso particular dos sensores para o reator foram usados 14 pontos) e usar o método dos mínimos quadrados para a determinação de 2 coeficientes (pois o terceiro é determinado diretamente no ponto triplo) para um polinômio de segundo grau .

A indústria de instrumentação de processos têm otimizado o controle de qualidade pela composição do material empregado, evitando-se a aferição dos instrumentos, desde que valores maiores de incertezas sejam aceitáveis. Assim, limites de erros devem ser apresentados, baseados numa estatística do desempenho de termômetros, e na influência da composição do material sobre o valor da resistência medida. Isto não quer dizer que deva necessariamente existir uma diferença entre os valores do termômetro e os da norma DIN 43760 ou outras normas como a IEC 751, mas simplesmente, o fabricante (em geral) garantir o controle da composição e a faixa de aceitação do produto, a um erro máximo que poderia eventualmente ocorrer /18/. Entretanto, na ausência de uma aferição, este valor deve ser tomado como incerteza da medida.

Na medição de temperatura utilizando como sensor o termoresistor tem-se uma linha de medição composta do próprio termoresistor ligado desde o local de medição, numa configuração a 3 fios, a um Registrador/Indicador (FUJI modelo PHC).

O sensor e a linha de aquisição de temperatura produzem incertezas na medição, as quais podem ser descritas do seguinte modo /15/.

Sensor

Utilizando-se o termoresistor como sensor, temos que considerar as componentes originadas pela calibração / aferição do elemento tais como :

a) Incerteza do Padrão (I_p) utilizado para aquisição da curva/resposta do sensor .

Padrão Termômetro de Resistência Pt-100 ECIL .

$$I_p = 0,01 \text{ } ^\circ\text{C}$$

b) Incerteza (I_{cc}) dada pela Curva de Calibração/resposta (após ajuste) do sensor calculada pelo Método dos mínimos quadrados utilizando-se das planilhas do programa EXCEL. Assim, tem-se que /20 e 21/ :

$$I_{cca_{23}} = t * s_{23} = 2,2 * 0,04786 = 0,1053 \text{ } ^\circ\text{C para RTD3}$$

$$I_{cca_{23}} = 0,1053 \text{ } ^\circ\text{C para RTD3 (página 87 no Apêndice I) e}$$

onde “t” é o valor de t-student para o ajuste e “s₂₃” é o desvio padrão do ajuste .

O valor de t é obtido da distribuição t-student, dada pela expressão :

(para um grau de confiança de 95%) /18/ .

$$t = 1,96 + 2,36 / g + 3,2 / g^2 + 5,2 / g^{3,84} \quad (1)$$

onde g é o número de graus de liberdade = N° de medições - N° de parâmetros (ou pode ser obtido através de tabelas específicas) [NIST TechNote 1297 - 1994] .

De forma idêntica obtemos para RTD4 :

$$I_{cca24} = t * s_{24} = 2,18 * 0,0377 = 0,0822 \text{ °C para RTD4 (página 88 no Apêndice I)}$$

A incerteza I_t de medição de temperatura do sensor (para uma regressão linear) é igual a :

$$I_t = [(I_p)^2 + (I_{cca})^2]^{1/2} \quad (2)$$

assim $I_{t23} = [(0,01)^2 + (0,1053)^2]^{1/2} = 0,106 \text{ °C}$

$$I_{t24} = [(0,01)^2 + (0,0822)^2]^{1/2} = 0,083 \text{ °C}$$

Linha de Aquisição (ou Medição)

Para a linha de aquisição foi montado um esquema utilizando um simulador de termoresistor constituído de uma Década de Resistência instalada no mesmo local onde estão localizados os sensores, assim tem-se as componentes de incertezas devidas as seguintes situações :

c) Incerteza (I_{sm}) do simulador aferido com instrumento DMM HP34401 com Certificado de Calibração indicando um erro para o multímetro de 0,0003% de fundo de escala .

Simulador : Década de Resistências Cambridge Instruments Model L-336867 .

I_{sm} = 0,0006 Ohms, assumindo uma estimativa (grosso modo) de I_{sm} = 0,01 °C

d) Incerteza (I_{rf}) do Registrador de Temperatura (FUJI), devida à conversão do sinal vindo do termoresistor em temperatura de graus Celsius . Calculada para cada canal de medição (Ch5 e Ch6 no caso do registrador FUJI) através do Método dos Mínimos Quadrados utilizando planilhas EXCEL e verificada através do programa ORIGIN .

I_{rf23} = 0,0511 °C para o Canal Ch5 (para a faixa de 0 - 100 °C – página 90 no Apêndice I)

$I_{rf24} = 0,0533 \text{ } ^\circ\text{C}$ para o Canal Ch6 (para a faixa de 0 - 100 $^\circ\text{C}$ – página 91 no Apêndice I)

A incerteza da linha de aquisição está dada por :

$$I_{La} = (I_{sm}^2 + I_{rf}^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$I_{La23} = (I_{sm}^2 + I_{rf23}^2)^{1/2} \quad \text{logo } I_{T23} = 0,052 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$I_{La24} = (I_{sm}^2 + I_{rf24}^2)^{1/2} \quad \text{logo } I_{T24} = 0,054 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Deve-se considerar também a incerteza (I_n) da estimativa da média dos n pontos experimentais através do polinômio ajustado /16 e 17/ .

e) Incerteza (I_n) associada a estimativa da média para o caso de n pontos experimentais (vide paginas 104 e 105 no Apêndice I) :

$$I_{n23} = 0,03 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$I_{n24} = 0,03 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A incerteza global (I_g) na aquisição da temperatura é dada por :

$$I_g = [(I_t)^2 + (I_{La})^2 + (I_n)^2]^{1/2} \quad (4)$$

$$\text{assim ; } I_{g23} = [(I_{T23})^2 + (I_{La23})^2 + (I_{n23})^2]^{1/2} = [(0,106)^2 + (0,052)^2 + (0,03)^2]^{1/2} = 0,122 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$I_{g24} = [(I_{T24})^2 + (I_{La24})^2 + (I_{n24})^2]^{1/2} = [(0,083)^2 + (0,054)^2 + (0,03)^2]^{1/2} = 0,103 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5.1.2 Incertezas nas Medições de Temperatura utilizando Termopares

Na medição de temperatura utilizando como sensor o termopar, tem-se uma linha de medição composta do próprio termopar como sensor ligado através de um fio de extensão/compensação a um condicionador de sinal (o qual amplifica os milivolts que entrega o termopar), localizado na entrada do Sistema de Aquisição de Dados do reator (SADRI), este por sua vez localizado na sala de controle, fornecendo um sinal de saída que é utilizado pelo Registrador de Temperatura Yokogawa UR1800 e o próprio SADRI para mostrar o valor de temperatura correspondente .

Assim temos na linha de aquisição de valores de temperatura situações que conduzem a erros na medição as quais podemos separar em componentes de incertezas seguintes :

Sensor

Utilizando termopar como sensor temos primeiramente componentes vindas da calibração / aferição do elemento tais :

a) Incerteza do Padrão (**Ip**) utilizado para aquisição da curva/resposta do sensor .

Padrão Termômetro de Resistência Pt-100 ECIL.

$$I_p = 0,01 \text{ } ^\circ\text{C}$$

b) Incerteza dada pela Curva de Calibração (ajuste) do sensor usando o programa ORIGIN por regressão linear para cada sensor .

$$\text{Incerteza do ajuste : } I_{cca3} = t \cdot s_3 \text{ e } I_{cca4} = t \cdot s_4$$

sendo t obtido da distribuição t-student, dada pela expressão (1) (página 34):

Para 14 medições na Tabela / Curva de Calibração (página 85 no Apêndice I) temos que :

Nº de medições $n = 14$, de onde $g = n-2 = 12$ e assim t-student = 2,23 sendo o desvio padrão:

$s_3 = 0,054 \text{ } ^\circ\text{C}$ no caso do sensor TC3 e $s_4 = 0,0475 \text{ } ^\circ\text{C}$ para o sensor TC4 ,

na faixa de 0 a 50 °C (Curva de Calibração – página 86 no Apêndice I) .

Assim como $I_{cca} = t \cdot s$ temos que:

$$I_{cca3} = 2,23 \cdot 0,054 = 0,12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$I_{cca4} = 2,23 \cdot 0,0475 = 0,106 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A incerteza global de medição de temperatura com o sensor é igual a :

$$I_t^2 = I_p^2 + I_{cca}^2 \quad (5)$$

$$I_{t3} = (I_p^2 + I_{cca3}^2)^{1/2} = [(0,01)^2 + (0,12)^2]^{1/2} = 0,1204 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ e assim também}$$

$$I_{t4} = (I_p^2 + I_{cca4}^2)^{1/2} = [(0,01)^2 + (0,106)^2]^{1/2} = 0,1065 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Linha de Aquisição (ou Medição)

Para a linha de aquisição foi montado um esquema utilizando um simulador de termopar instalado no mesmo local onde estão localizados os sensores assim temos as componentes de incertezas devidas as seguintes situações :

c) Incerteza do simulador.

Simulador ALTEK 322-1 (dado do fabricante):

(exatidão do simulador = $\pm 0,007\%$ do Span-200 miliVolts $\Rightarrow 0,014$ mV)

$I_{sm} = 0,06$ °C (do certificado de calibração $I_m = 0,002$ milivolts)

d) Incerteza devida ao condicionador de sinal de termopares dada pelo fabricante e a prática .

Condicionador PCLD - 5B37

$I_{cs} = 0,05$ °C

e) Incerteza do Registrador de Temperatura (Yokogawa UR1800), devida à conversão do sinal vindo do condicionador em temperatura de graus Celsius .

$I_{ry3} = 0,01137$ °C para o Canal T3 (Tabela 3.1 página 14)

$I_{ry4} = 0,01611$ °C para o Canal T4 (Tabela 3.1 página 14)

A incerteza global de medição de temperatura na linha de aquisição é igual a :

$$I_{La} = (I_{sm}^2 + I_{ry}^2 + I_{cs}^2)^{1/2} \quad (6)$$

assim $I_{La3} = [(0,06)^2 + (0,01137)^2 + (0,05)^2]^{1/2} = 0,08$ °C

$$I_{La3} = [(0,06)^2 + (0,01611)^2 + (0,05)^2]^{1/2} = 0,08$$
 °C

Assim também como no caso dos termoresistores deve-se considerar a incerteza I_n da estimativa da média para o caso de n pontos experimentais através do polinômio ajustado.

A incerteza I_n associada à estimativa da média para o caso de n pontos experimentais:

$$I_{n3} = 0,1045$$
 °C

$$I_{n4} = 0,08$$
 °C

Assim, a incerteza global de medição é igual a :

$$I_g = (I_t^2 + I_{La}^2 + I_n^2)^{1/2} \quad (7)$$

$$I_{g3} = [(I_{t3})^2 + (I_{La3})^2 + (I_{n3})^2]^{1/2} = [(0,1204)^2 + (0,08)^2 + (0,1045)^2]^{1/2} = 0,178$$
 °C

$$I_{g4} = [(I_{t3})^2 + (I_{La3})^2 + (I_{n4})^2]^{1/2} = [(0,1065)^2 + (0,08)^2 + (0,08)^2]^{1/2} = 0,155$$
 °C

5.2. Incertezas na medição de Vazão

Elementos da malha de medição .

A malha de medição de vazão do circuito primário de resfriamento está composta dos seguintes elementos :

Elemento Primário de Medição .

O elemento primário é um Bocal de Vazão (flow nozzle) com as seguintes características /9/ .

Fabricante : Bailey Co.

Capacidade Máxima : 4000 gpm (908,5 m³/h)

Diferença de Pressão máxima : 200 polegadas H₂O (508 cm coluna H₂O) .

Pressão : 200 psi (13,8 bar ou 14,06 kg/cm²)

Temperatura : 110 °F (43 °C)

Transmissor de Pressão Diferencial : (página 94 no Apêndice I)

A diferença de pressão entre as tomadas a montante e a jusante do bocal é medida e transmitida para um registrador através de um módulo específico com as seguintes características :

Fabricante : SMAR Ltda .

Modelo : LD 301-D3 (do tipo inteligente)

Faixa de Calibração : 0 a 200 Inches H₂O (508 cm coluna H₂O)

Saída do sinal : 4 a 20 miliamperes (mA)

Registrador FUJI tipo PHC . (Tabela 3.4 página 17)

A corrente (miliamperes) de saída do transmissor de pressão diferencial circula através de um resistor terminal de 250 ohms (1% de precisão) e a diferença de tensão produzida é utilizada tanto pelo sistema de aquisição de dados como pelo registrador, sendo processada através da seguinte expressão (informação do fabricante) .

$$Q = 2254 * (V - 1)^{1/2} \quad (8)$$

Componentes da incerteza da medição .

A fórmula de base para o cálculo de elemento gerador de pressão diferencial é igual a /22/ :

$$Q = CE \varepsilon \pi/4 d^2 [2 \Delta p \rho_1]^{0,5} \quad (9)$$

De uma forma geral a equação para calcular a tolerância global sobre a vazão calculada, aplicável a placas de orifício, bocais de vazão e tubos de Venturi, de acordo com a norma ISO R 541 é /22/ :

$$\sigma_{Q_m} = \pm [\sigma_{CE}^2 + 4 (\beta^4/CE) \sigma_D^2 + 4 (1+\beta^4/CE)^2 \sigma_d^2 + \sigma_\varepsilon^2 + (2 \sigma_d)^2 + 1/4 \sigma_{\Delta p}^2 + 1/4 \sigma_\rho^2]^{1/2} [\%] \quad (10)$$

onde :

$\sigma_{Q_m} = I_{pr}$ = tolerância global sobre a vazão em massa

σ_ε = tolerância sobre o coeficiente de expansão

$\sigma_{CE} = I_{CE}$ = tolerância sobre o coeficiente de vazão

$\sigma_D = I_D$ = tolerância sobre o valor de D

$\sigma_d = I_d$ = tolerância sobre o valor de d

$\sigma_{\Delta p} = I_{\Delta p}$ = tolerância sobre o valor de Δp

$\sigma_\rho = I_\rho$ = tolerância sobre o valor de massa específico

No caso do reator as componentes da incerteza na medição de vazão podem ser simplificadas da seguinte forma /6/ :

I_P = componente do processo .

I_S = componente do sensor, onde tem-se a influência da instalação (I_{ins}) e a tolerância dos parâmetros (I_{pr}) .

I_{Tx} = incerteza do transmissor diferencial de pressão e

I_{RG} = incerteza do registrador de vazão (FUJI) .

Nas componentes do sensor assume-se que a instalação do sensor está de acordo, então a componente (I_{ins}) = 0 .

a) A componente que envolve a tolerância dos parâmetros está definida (a partir da relação (10)) pela seguinte relação :

$$I_{pr} = \{ I_{CE}^2 + 4 (\beta^4 / K)^2 I_D^2 + 4 [1 + (\beta^4 / K)] I_d^2 + 1/4 I_P^2 \}^{1/2} \quad (11) ..$$

Supondo que :

$$\dot{m} = (B + 0,5 \beta^4) * \pi/4 * d^2 * [2 I_P \rho]^{1/2}$$

sendo $(B + 0,5 \beta^4) = C * E$ (correção do perfil de velocidade)

onde $C = m_0 / m_r$, $\beta = d / D$ e $K = C / [1 - \beta^4]^{1/2} = C * E$

e considerando $\sigma_B = \sigma_{CE}$, σ_β , σ_d tabelados, da literatura tem-se que /22/ :

$I_{pr} = 2 \%$ aproximadamente e conseqüentemente $I_s = 2 \%$.

b) As componentes I_{Tx} e I_{RG} são determinadas através de aferição (página 98 no Apêndice I).

Pela calibração do transmissor da diferença de pressão obtemos o desvio da linha por regressão um polinômio de 2º grau :

$$\text{Equação de regressão} = I \text{ (mA)} = 3,99866 + 0,07991 \Delta P + 0,0000057 \Delta P^2 ,$$

onde $\Delta P =$ polegadas de coluna de H_2O .

Desvio Padrão do ajuste = $\sigma_{aj} = 0,0082$ o que corresponde a um erro pequeno relativo às escalas de medida.

Desse modo, assume-se que a incerteza do transmissor de pressão diferencial é igual à do calibrador DRESSER ATE sendo esta de 0,06% de fundo de escala :

Assim tem-se que : $0,06 \% \cdot 200 = 0,12$ polegadas de coluna de H_2O que aplicados na equação de regressão polinomial resultam em 4,00825 miliamperes os quais ao circularem pela resistência de 250 ohms, produzem uma diferença tensão de 1,002 volts, resultando pela conversão do registrador em 4,65 gpm, estabelecendo uma incerteza $I_{Tx} \approx 0,14 \%$.

c) A incerteza do registrador FUJI é obtida pela equação de regressão quando aplicado um sinal de corrente que circula pela resistência de 250 ohms estabelecendo uma queda de tensão a qual é convertida em medida de vazão em galões por minuto (gpm) .

Assim I_{RG} esta dado pela incerteza do simulador de corrente (I_{SM}) e pelo desvio padrão do ajuste (I_{aj}) da resposta do registrador .

$$I_{SM} = 0,05 \%$$

Equação de regressão do registrador FUJI : (Tabela 3.5 página 18)

$$\text{Vazão} = -19482 + 11015 \cdot I - 2420 \cdot I^2 + 286 \cdot I^3 - 18,64 \cdot I^4 + 0,631 \cdot I^5 - 0,008 \cdot I^6 \quad (12)$$

onde I é dado em miliamperes (mA) para se obter galões por minuto (gpm)

Desvio Padrão do ajuste = 2,6 gpm

Incerteza $I_{aj} = 0,06 \%$

Incerteza do registrador com simulador : $I_{RG} = [I_{SM}^2 + I_{aj}^2]^{1/2} = 0,0781 \%$

$I_{RG} \approx 0,08 \%$

Assim, $I_{Qm} = [I_P^2 + I_S^2 + I_{Tx}^2 + I_{RG}^2]^{1/2}$

logo, a incerteza da vazão é $I_{Qm} = 2,006 \%$

5.3 Incerteza no cálculo da Potência

Assumindo que o regime têm uma variação normalmente lenta e /1/

$$P = \dot{m} * C_p * \Delta t$$

Sendo que :

σ_P = erro da potência

$$\sigma_P^2 = (\partial P / \partial \dot{m})^2 \sigma_m^2 + (\partial P / \partial T_s)^2 \sigma_{T_s}^2 + (\partial P / \partial T_e)^2 \sigma_{T_e}^2$$

$$\sigma_P^2 = [C_p (T_s - T_e)]^2 \sigma_m^2 + [\dot{m} C_p]^2 \sigma_{T_s}^2 + [\dot{m} C_p]^2 \sigma_{T_e}^2$$

$$\sigma_P^2 / P^2 = \sigma / \dot{m} + [1 / (T_s - T_e)^2] (\sigma_{T_s}^2 + \sigma_{T_e}^2)$$

Considerando que as medidas de temperatura são tomadas pelo mesmo registrador (YOKOGAWA), pode-se assumir que os desvios são iguais /6/ :

$$\sigma_{T_s} = \sigma_{T_e}, \text{ logo } \Rightarrow \sigma_P / P = [(\sigma_m / \dot{m})^2 + 2 (\sigma_T / \Delta T)^2]^{1/2} \quad (13)$$

ou então, $\Delta P = [\Delta \dot{m}^2 + 2 \Delta T^2]^{1/2}$ em que “ Δ ” está dado em % do valor medido, resultando em um ΔP em torno de 4,0 % para delta-T de 6 °C e $\Delta \dot{m}$ de 2 % .

5.4 Incerteza na Medição de potência do Canal Linear

O canal linear do reator está constituído dos seguintes componentes /4/ :

- Detetor nuclear Câmara de Ionização Compensada (CIC) Westinghouse Model WL-7741 ,
- Módulo amplificador do sinal decorrente entregue pela CIC
- Registrador de pena Honeywell Model - elektronik 196 .

A incerteza do detetor nuclear dado pelo fabricante é igual a :

$$I_{cic} = N/A \text{ (não aplicável)}$$

A incerteza do módulo amplificador de corrente dado pelo fabricante é igual a :

$$I_{mac} = 0,5 \%$$

A incerteza de leitura do registrador é dada pela mínima divisão do registrador igual a :

$$I_{RGL} = 1 \%$$

Incerteza global $I_g = 1,12 \%$

5.5 Incerteza na monitoração do Nitrogênio-16 /5/ .

O sistema de monitoração da atividade do N-16 está constituído por :

- Câmara de Ionização não compensada tipo HBP-IPEN / T / TED
- Módulo amplificador do sinal de corrente entregue pela CINC
- Mostrador analógico Model Ga - DC Ammeter .

Incerteza da câmara de ionização

$$I_{CICN16} = N/A$$

Incerteza do módulo amplificador de corrente .

$$I_{ampN16} = 0,5 \%$$

Incerteza do mostrador do sinal do N-16 .

$$I_{MsN16} = 1 \% \text{ dado pela mínima divisão de leitura}$$

Incerteza global = 1,12 %

6. ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE BALANÇO TÉRMICO

Atualmente a operação do IEA-R1 obedece a um regime de operação contínua de aproximadamente 60 horas semanais, a uma potência de 2 MW .

Como exposto no Capítulo 2, para dispor de uma leitura confiável da potência do reator, é necessário a calibração do Canal Linear da mesa de controle a partir da técnica do Balanço Térmico . Esta técnica baseia-se no acréscimo de temperatura sofrido pelo fluido de refrigeração ao passar pelo núcleo /2 e 3/.

Assim conhecida a vazão mássica \dot{m} do elemento refrigerante e o calor específico C_p do mesmo, a potência P do reator é obtida através da relação seguinte /1/ :

$$P = \dot{m} * C_p * \Delta t$$

Onde : Δt =temperatura _{saída} - temperatura _{entrada}

Usando esta técnica, podemos determinar a potência térmica dissipada no circuito primário, no circuito secundário, no tanque de decaimento e no circuito de retratamento da água .

A maneira de como se realiza o balanço térmico do reator IEA-R1, foi descrita no capítulo 2, acrescentando que da mesma forma, pode-se obter os dados para a vazão do Circuito Secundário e as temperaturas de entrada e saída correspondentes aos trocadores de calor A (TCA ou B (TCB), lembrando apenas que o sensor de vazão para ambos é do tipo placa de orifício, e que a variável Nitrogênio-16 é obtida na saída remota do bastidor correspondente. O diagrama de aquisição de dados para o balanço térmico é mostrado na Figura 6.1 .

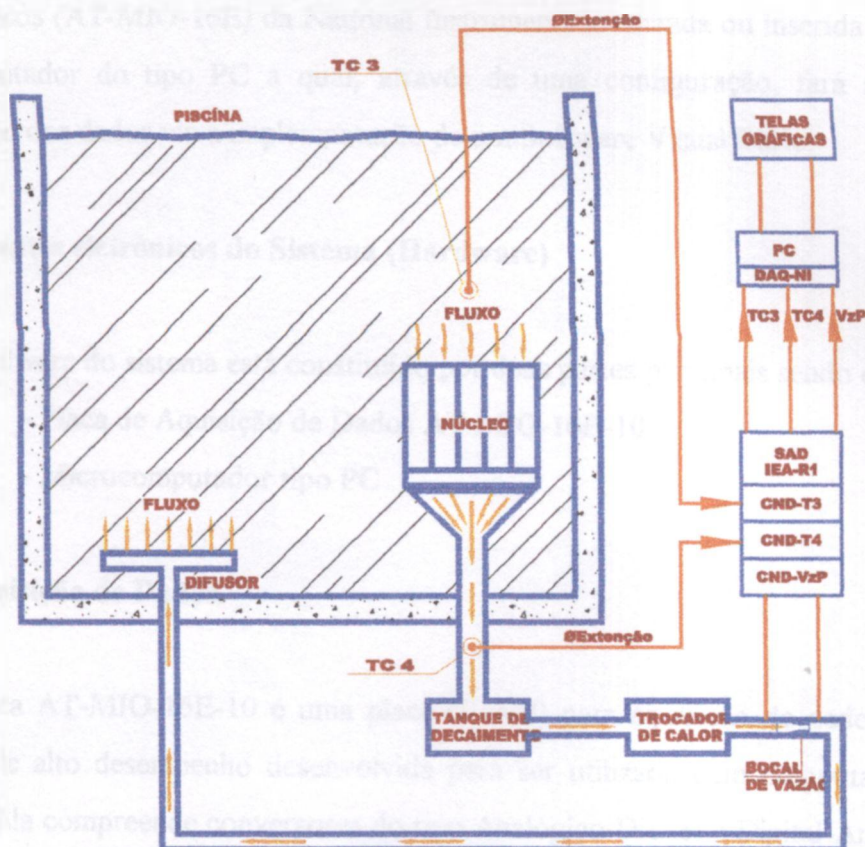


Figura 6.1 Diagrama de Aquisição de Dados utilizando Termopares

Os sensores de temperatura são termopares, correspondendo aos sensores dos canais T3 e T4 respectivamente no registrador de temperatura YOKOGAWA. eles são conectados via cabo de extensão a condicionadores de sinal (CND-T3 e CND-T4) (localizados no sistema de aquisição de dados SAD) os quais amplificam o sinal dos termopares (milivolts), entregando na sua saída sinais de 0 a 5 volts .

O sinal de vazão é obtido da seguinte forma: a montante e a jusante do Bocal de Vazão (BV) existem tomadas de pressão ligadas às entradas correspondentes do transmissor de pressão diferencial, este por sua vez processa essa diferença de pressão no BV fornecendo na sua saída uma corrente entre 4 e 20 miliampères proporcionais à pressão diferencial (vide Tabela 3.3 na página 16) . Esta corrente circula por um resistor de 250 ohms (CND-VzP) instalado no SAD (sala de controle) produzindo uma queda de na faixa de 0 a 5 Volts para uma corrente entre 4 e 20 miliampères fornecida pelo transmissor.

Esses sinais de temperatura e vazão (em volts) são ligados a uma placa de aquisição de dados analógicos (AT-MIO-16E) da National Instruments localizada ou inserida na Placa-mãe de um computador do tipo PC a qual, através de uma configuração, fará a aquisição e processamento dos dados via a implementação de um Software Visual Basic.

6.1 Componentes eletrônicos do Sistema (Hardware)

O hardware do sistema está constituído por duas partes principais sendo elas :

- Placa de Aquisição de Dados AT-MIO-16E-10
- Microcomputador tipo PC

Placa de Aquisição de Dados.

A placa AT-MIO-16E-10 é uma placa (Board) para aquisição de dados da National Instruments de alto desempenho desenvolvida para ser utilizada com computadores AT ou mais atuais . Ela compreende conversores do tipo Analógico-Digital e Digital-Analógico de 12 bit . Seu suporte inclui 16 entradas analógicas com referência comum ou 8 entradas analógicas diferenciais, 2 saídas analógicas, 8 entradas/saídas (I/O) digitais e contadores/temporizadores de 24 bits (a resposta eletrônica da placa é mostrada na página 103 no Apêndice I) .

Para a presente aplicação está configurada no Endereço Base 0X120 - 0X13F Hexa para 8 canais diferenciais de entrada para sinais de 0 - 10 Volts como mostrado na Figura 6.2. Usando um programa fornecido pelo fabricante (NIConf.EXE) são estabelecidas as instruções para a placa de aquisição trabalhar com entradas diferenciais.

Na tabela 6.1 estão mostradas as variáveis envolvidas seu canal de aquisição correspondente, tensão de entrada e sua função de transferência para conversão de sinais em volts para temperatura (°C) ou vazão (gpm) .

Um arquivo DLL (Dynamic Link Library) "NIDAQ32.dll" é transferido do diretório do Windows para a pasta do programa Visual Basic 6.0 de tal sorte que todo programa que se utilize das funções NI-DAQ possa fazer o vínculo com esta biblioteca.

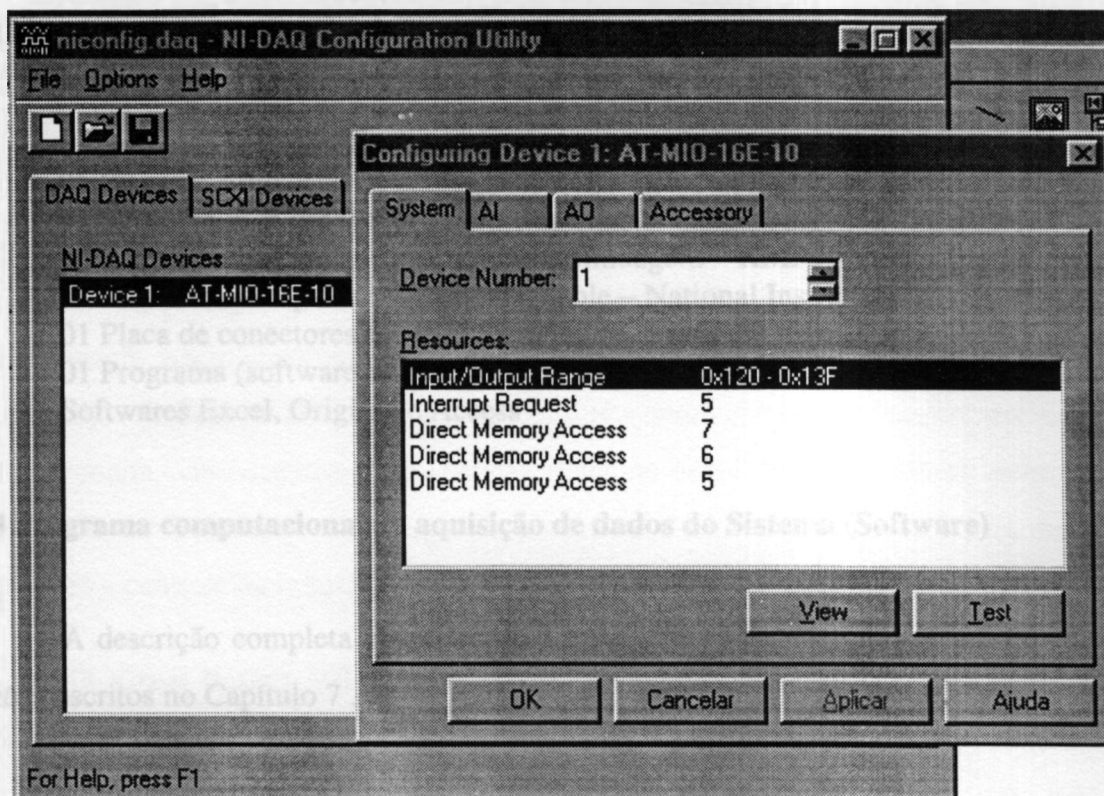


Figura 6.2 Configuração da Placa de Aquisição de Dados

Tabela 6.1 Variáveis do Sistema

Descrição do Sinal	Canal ADC	Entrada ADC	Função de Transferência
Termopar TC3	0	0 - 10 V	$-0,0215+39,998 \cdot V$
Termopar TC4	1	0 - 10 V	$-0,0346+39,998 \cdot V$
Vazão Circuito Primário	2	0 - 10 V	$2254 \cdot (V - 1)^{0,5}$
Vazão Circuito Secundário	3	0 - 10 V	$2254 \cdot (V - 1)^{0,5}$
Atividade do N ¹⁶	4	0 - 10 V	$10 \cdot (V)$

6.2 Plataforma operacional mínima para o sistema

01 Computador tipo PC com 300 Mb de memória livre no HD, 32Mb RAM
01 Placa de Aquisição de Dados –AT-MIO-16E-10 – National Instruments
01 Software para desenvolvimento / aplicação Visual Basic 6.0 - Microsoft
100 metros de cabo Par Trançado com blindagem – KMP - Pirelli
05 metros cabo especial DAQBoard Cable – National Instruments
01 Placa de conectores especial 2*64 pinos – National Instruments
01 Programa (software aplicativo) em VB para Monitoração do Balanço Térmico
Softwares Excel, Origin 5 e Access

6.3 Programa computacional de aquisição de dados do Sistema (Software)

A descrição completa do programa (Software) do sistema assim como os resultados estão descritos no Capítulo 7 .

7. PROGRAMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS .

Para o desenvolvimento do programa aplicativo do sistema é utilizado o Visual Basic da Microsoft, sendo atualmente o software mais recomendável, utilizado amplamente para a implantação de Base de Dados em aplicações tipicamente administrativas/comerciais e na área de engenharia como sistema HMI (Human Machine Interface), tornando-se assim quase que um padrão em linguagens visuais para o tratamento de bancos de dados e para monitoração, aquisição e controle na indústria /29/ .

O Visual Basic (VB) deriva de uma linguagem que apareceu na década de 60, de grande simplicidade de uso, popularizando-se entre os programadores da época, sendo ela de nome Beginner's All-Purpose Symbolic Instruction Code mais conhecido como BASIC /30, 31 e 32/ .

O VB é uma poderosa ferramenta para trabalhar em programação em ambiente Windows, derivado diretamente do conhecido QuickBasic, porém com nova estrutura, mais moderna de orientação a eventos.

No presente projeto de aplicação foi utilizado a versão 6.0 . Como o nome sugere uma grande parte do desenvolvimento de programação em VB é acompanhada visualmente.

O desenvolvimento é realizado durante a chamada Fase de Projeto (Design Time) até se adequar tamanhos, cores e imagens das janelas.

Escrever programas em VB envolve dois passos importantes, sendo eles :

- A Programação Visual
- A Programação dos Códigos

A programação Visual é desenvolvida utilizando ferramentas visuais que vem com o SoftWare Visual Basic . Estas ferramentas são controles de VB tais como: Command Button, Option Button, Timer Control, Scroll Bars, Data Control, Texts Boxes, Graphics Methods, Grid Control. Controle de Arquivos (Files Control) tais como: Drive List Box, Directory List

Box, File List Box, Data Control SQL , etc, dando origem a interface com o usuário constituída pelas janelas (ou telas) projetadas com os recursos de Formulários e os Controles do Visual Basic.

Na etapa de programação de códigos, o programa é desenvolvido utilizando um editor de texto. Os programas estão compostos de estatutos ou Blocos de Programação tais como: Modules, Procedures, Functions, Condição IF, Do Loops, Condição For Next, Condição With e Variáveis (Variables), etc. É possível ler e escrever dados em arquivos tais como: Random Access File, Sequential Access File assim como Binary Access File entre outros.

Para o desenvolvimento do programa para a visualização "On-Line" do balanço térmico, existiam duas possibilidades para a aquisição dos dados:

- 1) Utilizar uma placa de aquisição de dados analógicos da National Instruments junto com a parte de condicionamento de sinais do SAD (Sistema Aquisição de Dados) ou
- 2) Utilizar uma comunicação serial com o registrador FUJI como subsistema .

No caso (1) utilizando-se uma placa da National Instruments, que é uma placa de aquisição de sinais analógicos de 16 canais os quais são utilizados numa configuração entrada diferencial ficando assim disponíveis 8 canais no total .

Esses 8 canais seriam utilizados para aquisitar sinais de 0 a 5 volts vindos dos condicionadores de sinais do SAD correspondentes a :

Canal-1 Sinal de temperatura do TERMOPAR T3

Canal-2 Sinal de temperatura do TERMOPAR T4

Canal-3 Sinal de Vazão (circuito Primário) do LOOP de corrente do transmissor de pressão diferencial do Bocal de Vazão (corrente de 4 a 20 miliAmperes produzindo de 1 a 5 Volts através de um resistor de 250 ohms .

Canal-4 Sinal de Vazão (circuito Secundário) do LOOP de corrente do transmissor de pressão diferencial da Placa de Orifício (corrente de 4 a 20 miliAmperes produzindo de 1 a 5 Volts através de um resistor de 250 ohms .

Canal-5 Sinal da atividade do Nitrogênio-16 para acompanhamento da potência .

Canal-6 Sinal do Canal Linear

Canal-7 Reserva (eventualmente para Temperatura de entrada Trocador de Calor A ou B)

Canal-8 Reserva (eventualmente para temperatura de saída Trocador de Calor A ou B)

Esses sinais aqisitados em Volts são utilizados para obter os valores de temperatura de TC3 , de TC4 e Vazão do Primário (VzP) transformando esse valores em graus Celsius e galões por minuto (gpm) utilizando as equações de Linha de Regressão obtidas experimentalmente quando da etapa de definição do sensor de temperatura mais adequado a ser utilizado no sistema.

Com esses valores de temperatura e vazão e os algoritmos de cálculo entramos na programação das janelas em Visual Basic (códigos) para obter a visualização de dados de temperatura Delta T e de vazão assim obtendo o valor da potência térmica do reator (valores On-Line)

Para esta situação foi necessário desenvolver ou aplicar os códigos da placa para trabalhar em Visual Basic (códigos do fabricante) e tornar possível a aquisição dos dados .

Para o caso (2) de se utilizar o Registrador FUJI como subsistema poder-se-ia utilizar uma comunicação serial para obter os dados de temperatura e vazão na seguinte forma :

Ch1 Sinal de vazão obtido do LOOP de corrente do Circuito Primário

Ch2 Sinal de vazão obtido do LOOP de corrente do Circuito Secundário

Ch3 Sinal da pressão diferencial do núcleo do reator (ΔP)

Ch4 Sinal da atividade do Nitrogênio-16

Ch5 Sinal de temperatura obtido do TERMORESISTOR RTD3

Ch6 Sinal de temperatura obtido do TERMORESISTOR RTD4

Sendo Ch1 até Ch6 os canais de medição do registrador FUJI

Esses sinais seriam processados e mostrados pelo registrador FUJI e na aquisição obtemos os sinais convertidos para Graus Celsius e Galões por Minuto (gpm) não havendo necessidade de utilizar algoritmos para conversão de temperatura e vazão.

Devido à falta de informação sobre o software do equipamento por parte do fabricante, não foi possível desenvolver esta opção.

O programa de Monitoração do Balanço Térmico, desenvolvido com o software Visual Basic 6.0, contém um arquivo (aplicativo) principal, vários arquivos do tipo formulário que

correspondem às diversas janelas (telas) do programa e arquivos do tipo módulo, onde estão escritas algumas subrotinas “dedicadas” para trabalhar com periféricos específicos.

Além desses módulos de subrotinas cada formulário contém as subrotinas associadas aos comandos do usuário, para botões, comandos via teclado, comandos do mouse, etc.

Neste capítulo são apresentadas a descrição das dependências do software, as funções de cada janela disponível no programa, o programa de acesso a estas janelas, e as principais subrotinas utilizadas nos diversos módulos e formulários.

Na Tabela 7.1 estão listados os arquivos e as janelas que fazem parte do programa desenvolvido, sendo que os arquivos do tipo formulário apresentam extensão “.frm”, os arquivos “.bas” contém os módulos do programa e o arquivo “BalTerm.app” é o aplicativo do programa desenvolvido /30 e 31/ .

7.1 Descrição das interfaces do software .

Neste item são apresentadas as relações entre o Programa de Monitoração, o Sistema de Aquisição de Dados do reator e o usuário através do Diagrama de Fluxo de Dados (DFD), representado na Figura 7.1 .

O programa de monitoração implantado lê os valores correspondentes de temperatura (TC3 e TC4), de vazão (VzP, VzSA ou VzSB) e o valor da atividade do N-16.

As ações do operador sobre o programa são os comandos como iniciar e concluir aquisição, solicitação de janelas e relatórios. O operador também pode alterar os valores de alguns parâmetros e dos tempos de aquisição e gravação.

Os dados resultantes do processo de monitoração “on-line” são automaticamente salvos em disco rígido em ciclos estabelecidos durante a programação. As Tabelas 7.1 e 7.2 apresentam a relação dos arquivos de dados utilizados neste programa, juntamente com a frequência de sua atualização.

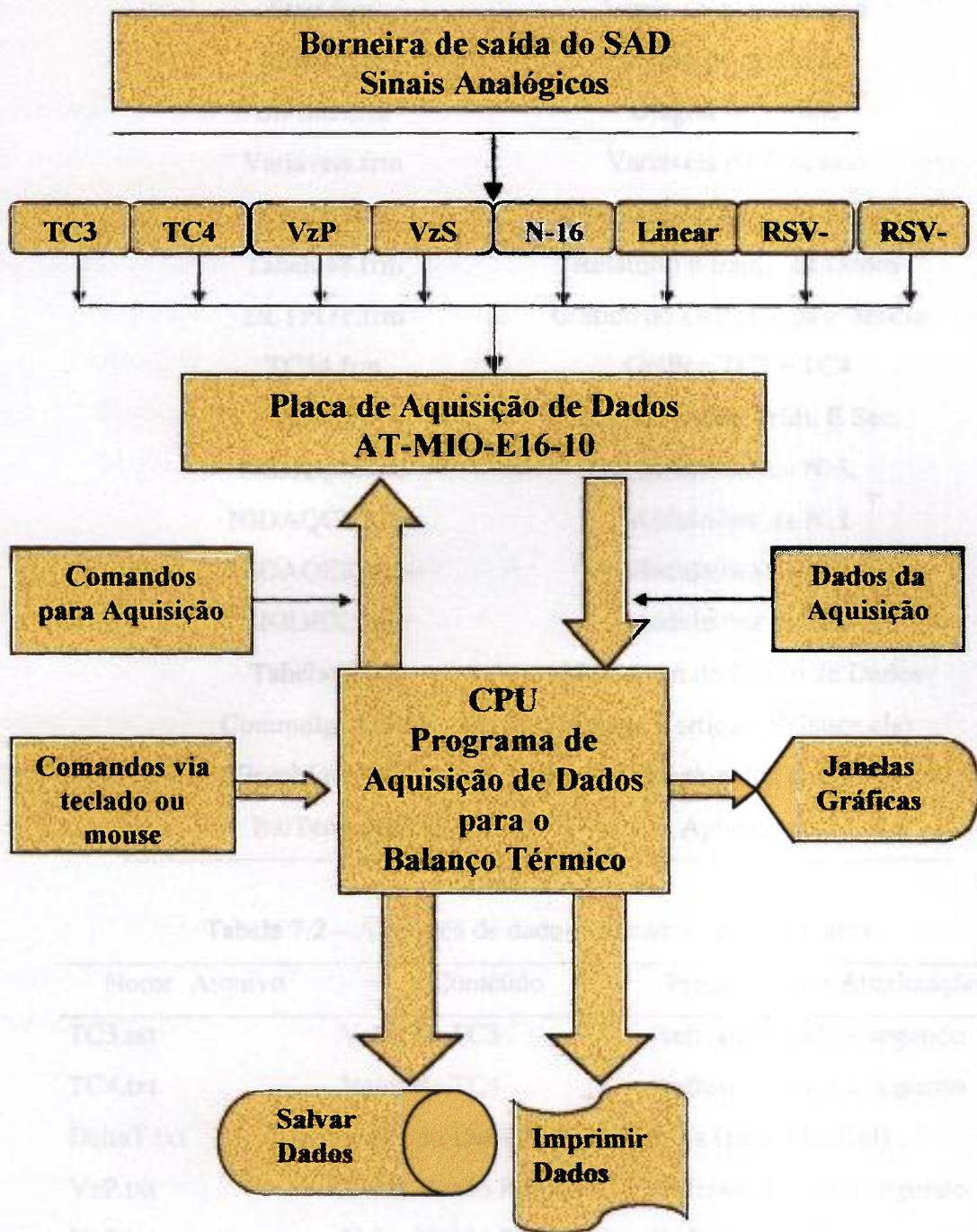


Figura 7.1 Fluxograma de sinais e comandos do sistema

Tabela 7.1 Arquivos do Programa de Monitoração do Balanço Térmico

Nome do Arquivo	Janela Associada
Start.frm	Janela de apresentação
Status.frm	Dados de operação
On-line.frm	Diagrama On-line
Variáveis.frm	Variáveis do Processo
Digital.frm	Visualização digital das Variáveis
Tabela48.frm	Relatório e Banco de Dados
DLTPOT.frm	Gráfico do DeltaT e da Potência
TC34.frm	Gráfico TC3 e TC4
VzPS.frm	Gráfico Vazão Prim. E Sec.
NIDAQ32.bas	Módulo bas da N. I.
NIDAQCNS.bas	Módulo bas da N. I.
NIDAQERR.bas	Módulo bas da N. I.
NIDEX.bas	Módulo bas da N. I.
Tabela48.bas	Montagem do Banco de Dados
Commdlg32.OCX	Gauge Vertical (VGauge.cls)
GraphLite.OCX	Montagem dos gráficos
BalTerm.app	Aplicativo

Tabela 7.2 – Arquivos de dados utilizados pelo programa

Nome Arquivo	Conteúdo	Frequência de Atualização
TC3.txt	Valor de TC3	“refresh” a cada 1 segundo
TC4.txt	Valor de TC4	“refresh” a cada 1 segundo
DeltaT.txt	Valor do Delta T	n . a (não aplicável) .
VzP.txt	Valor Vazão Primário	“refresh” a cada 1 segundo
VzS.txt	Valor Vazão Secundário	“refresh” a cada 1 segundo
N-16.txt	Valor Atividade N ¹⁶	“refresh” a cada 1 segundo
Potência.txt	Valor da Potência (MW)	n . a .
PotênciaCorrigida.txt	Valor Potência real	n . a .
PotTerm.txt	Valor da Potência (Kcal)	n . a .

7.2 Descrição básica da aquisição de dados

O desenvolvimento do software em VB para o balanço térmico do reator foi baseado no esquema mostrado na Figura 6.1 do Capítulo 6 (Especificação do Sistema).

O critério para o desenvolvimento foi o seguinte :

- a) o software deverá mostrar de forma contínua as variáveis envolvidas no Balanço Térmico;
- b) capacidade para gerar arquivos sobre o andamento da operação, e
- c) o software deverá gerenciar os seguintes modos de funcionamento:
 - Aquisição e armazenamento de dados através de placa da NI (AT-MIO-16E-10)
 - Atualizar as páginas/janelas de visualização em função do tempo
 - Registrar as informações em impressora
 - Montar um Banco de Dados das variáveis envolvidas no processo .

O resultado final do programa será um programa executável (do tipo .EXE). Esse arquivo é compilado dos verdadeiros arquivos de texto que conformam um projeto em VB . O VB não coloca o projeto inteiro em um simples arquivo, mas permite ao programador desmembrar um projeto em vários outros pequenos arquivos sendo que cada um desses pequenos arquivos podem ser usados em outros projetos e o grupo de arquivos utilizados para compilar a aplicação é chamado um Projeto VB .

Uma típica aplicação pode consistir de mais de um formulário (Form) podendo ter cada um deles vários controles . Em visual Basic, a informação para cada Form (suas propriedades assim como seus controles) é salva em seu próprio arquivo.

O arquivo de Projeto inclui outras informações, tais como o nome dos arquivos de controle que não são intrínsecos ao VB (existem como arquivos separados com extensão *.OCX) .

O arquivo de projeto é um tipo de texto em ASCII e pode ser editado com qualquer editor de texto, incluindo o NotePad (que vem junto com o Windows) mas a maioria dos programadores preferem editar dentro do próprio VB no IDE.

O arquivo de projeto é salvo com extensão *.VBP (visual basic project) . outros tipos de arquivos salvos através do VB inclui extensões *.FRX (gráficos associados com o Form) e os arquivos de extensão *.BAS código este não associado com eventos de controle /28, 31 e 32/ .

7.3 Códigos de Programação.

Os códigos de programação (“source codes” apresentados no Apêndice II) foram redigidos a partir do estudo da programação em Visual Basic utilizando livros didáticos sobre o assunto /30, 31, 32/, algumas idéias de alguns autores assim como também utilizando códigos que são de praxe nesse tipo de software e que para os quais não é necessário o desenvolvimento desses códigos, sendo eles os códigos do fabricante da placa de aquisição de dados (National Instruments) ou códigos de “Drivers” para comunicação serial se for o caso de utilizar o registrador FUJI como subsistema.

O programa desenvolvido está listado no Apêndice II, onde se apresentam todas as características do programa, podendo as janelas serem ampliadas para um número maior, de acordo com as necessidades da operação.

Foram desenvolvidas as janelas de Balanço Térmico (inicial), Operação, Esquema OnLine, Variáveis (processo), Info (informação) Digital, Relatório e Gráficos das variáveis envolvidas.

Nas páginas 66 a 75 é apresentado um exemplo de uma aquisição em Tempo Real dos dados das variáveis envolvidas no sistema para visualizar o comportamento do programa.

7.4 Descrição das janelas de projeto e menus

Foram desenvolvidas varias janelas (telas) gráficas para proceder a visualização do estado do Balanço Térmico em diferentes aspectos. Nas páginas a seguir explica-se a função de cada janela gráfica além de mostrar a janela de projeto onde aparecem as ferramentas e os objetos do Visual Basic utilizados (lado esquerdo das janelas) e o projeto do Balanço Térmico junto com os outros formulários (Form's), módulos “.bas” e os módulos Classe “.cls” (lado direito das janelas). Nas páginas 70 a 79 mostra-se as janelas operacionais do sistema sendo elas as seguintes:

APRESENTAÇÃO (INICIAR) (Figura 7.11)

OPERAÇÃO (Figura 7.12)

ESQUEMA ON-LINE (Figura 7.13)

VARIÁVEIS (Figura 7.14)

INFO DIGITAL (Figura 7.15)

RELATÓRIO (Figura 7.16)

TABELA do BANCO de DADOS (Figura 7.17)

GRÁFICO do DELTA T e POTÊNCIA (Figura 7.18)

GRÁFICO de TC3 e TC4 (Figura 7.19)

GRÁFICO das VAZÕES do PRIMÁRIO e SECUNDÁRIO (Figura 7.20)

7.4.1 Janela “Balanço Térmico” (apresentação).

A página de apresentação mostra um ponto de partida para acessar as outras páginas do sistema. Isto é realizado através de menus na barra superior (canto esquerdo) da página onde abrindo-se o Arquivo temos a disposição o acesso as telas Iniciar, Operação, Diagrama On-Line, Variáveis, Info Digital, Relatório e os Gráficos das variáveis além da opção Sair.

Na Figura 7.2 é mostrado o projeto para a janela Balanço Térmico.

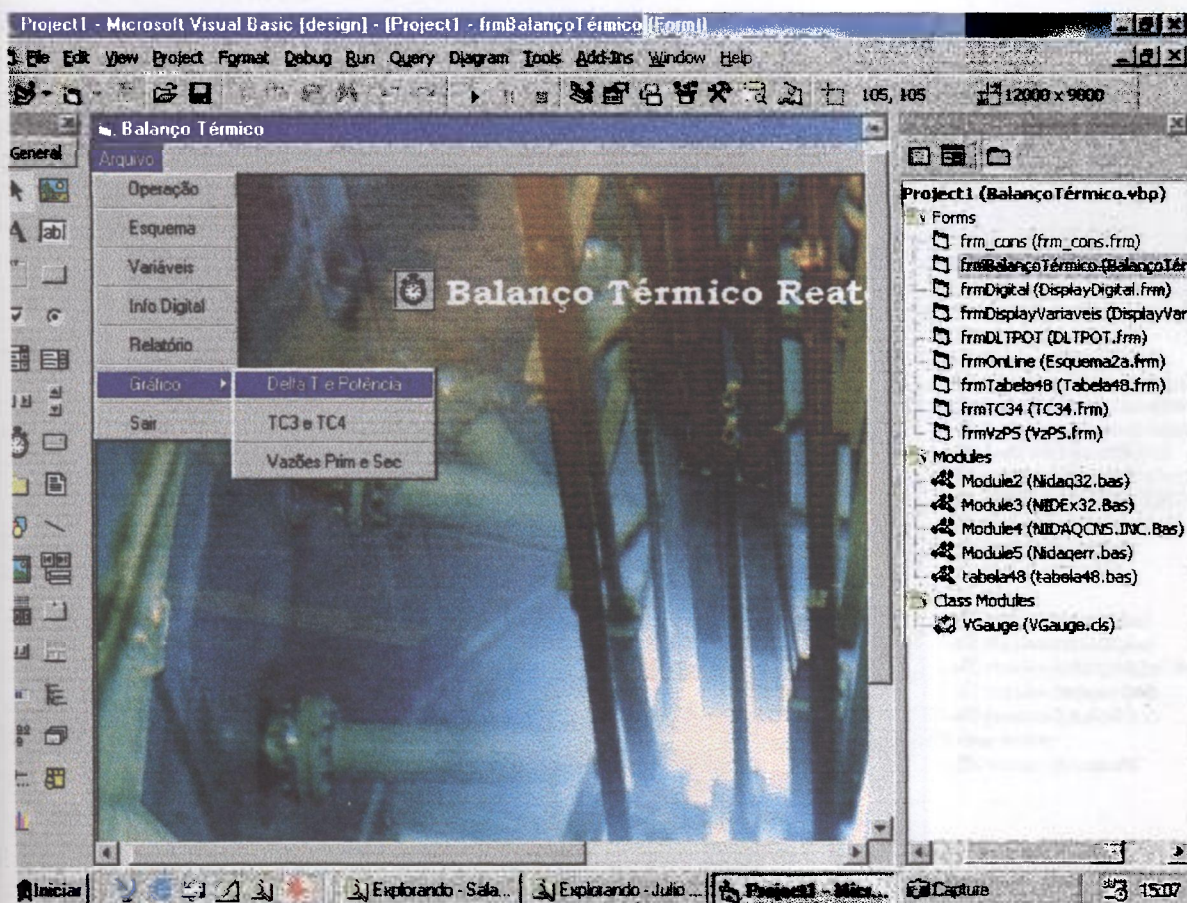


Figura 7.2 Janela de projeto “Balanço Térmico”

7.4.2 Janela de OPERAÇÃO.

Nessa página apresentam-se os dados referentes à operação propriamente dita com a opção de anotar os dados de número da operação, configuração, data/hora, operadores, potência e comentários .

Essa página têm a opção de ser impressa num formato de janela (da forma que é visualizada normalmente) ou através de um pequeno relatório em formato de texto .

Também através de menu consegue-se o acesso para as outras telas menos a tela de Operação (a qual fica inabilitada) e opções da mesma forma que na tela de apresentação. Na Figura 7.3 é mostrado o projeto para a janela Operação.



Figura 7.3 Janela de projeto “Operação”

7.4.4 Janela de VARIÁVEIS DO PROCESSO

Nessa página apresentam-se as variáveis de temperaturas (TC3 e TC4), Delta-T, vazões (Primário e Secundário) e do Nitrogênio-16 em formato visual de instrumentação industrial (simulação) com amostragem em Tempo Real a cada 1 segundos .

Além disso, têm-se a visualização do valor da Potência Térmica calculada e a Potência corrigida .

Essa página também têm a opção de ser impressa num formato de janela ou através de um relatório em formato de texto. Dela consegue-se acesso as outras telas menos à tela Variáveis (a qual fica inabilitada) e opções da mesma forma que na tela de apresentação. Na Figura 7.5 é mostrado o projeto para a janela Variáveis do Processo.

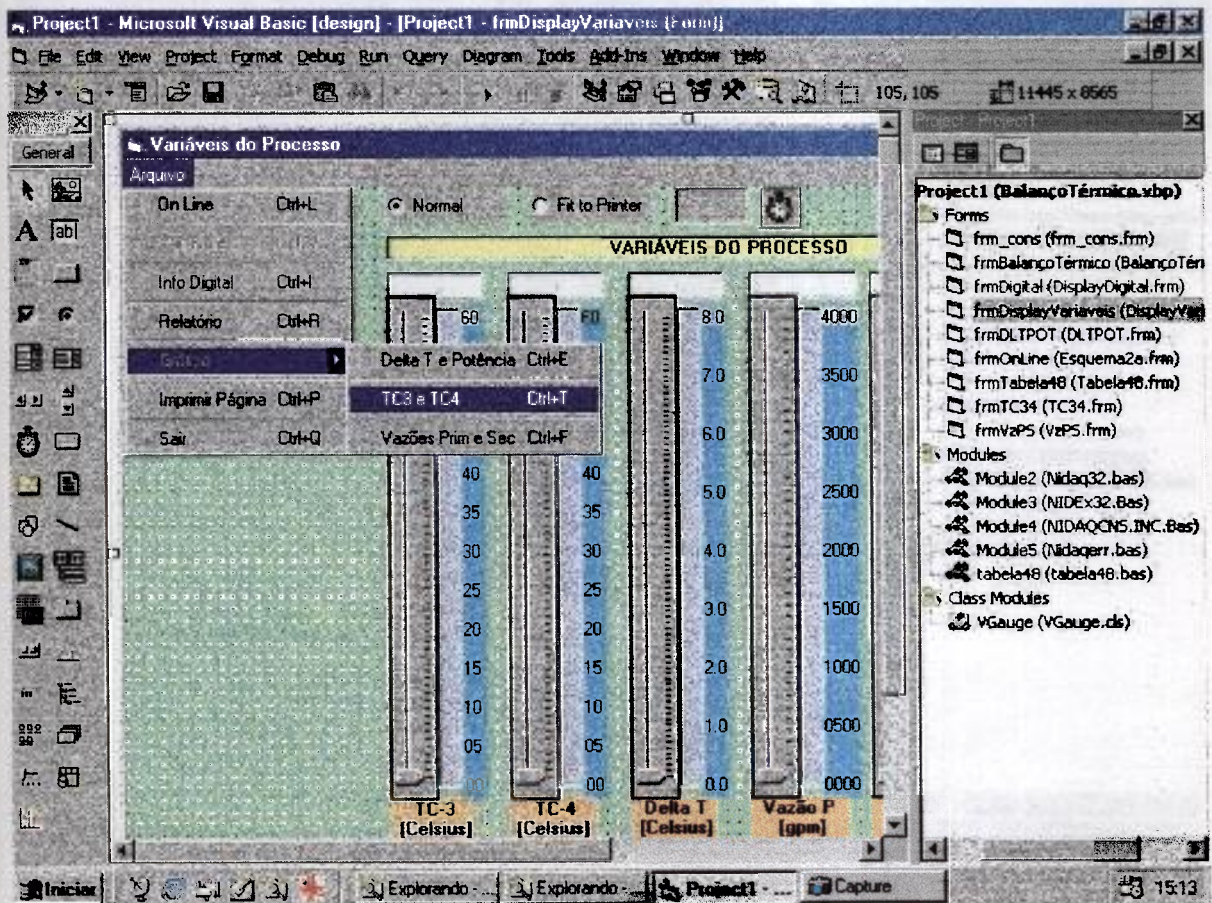


Figura 7.5 Janela de projeto “Variáveis do Processo”

7.4.5 Janela de INFO DIGITAL

Nessa página apresentam-se as variáveis de temperaturas (TC3 e TC4), Delta-T, vazões (Primário e Secundário), do Nitrogênio-16 e da Potência Térmica corrigida, em formato de medidor de painel digital com amostragem em Tempo Real a cada 1 segundos .

Essa página têm a opção de ser impressa num formato de janela ou através de um relatório em formato de texto, também consegue-se acesso as outras telas menos à tela INFO DIGITAL (a qual fica inabilitada) e opções da mesma forma que na tela de apresentação. Na Figura 7.6 é apresentado o projeto da janela Info-Digital.

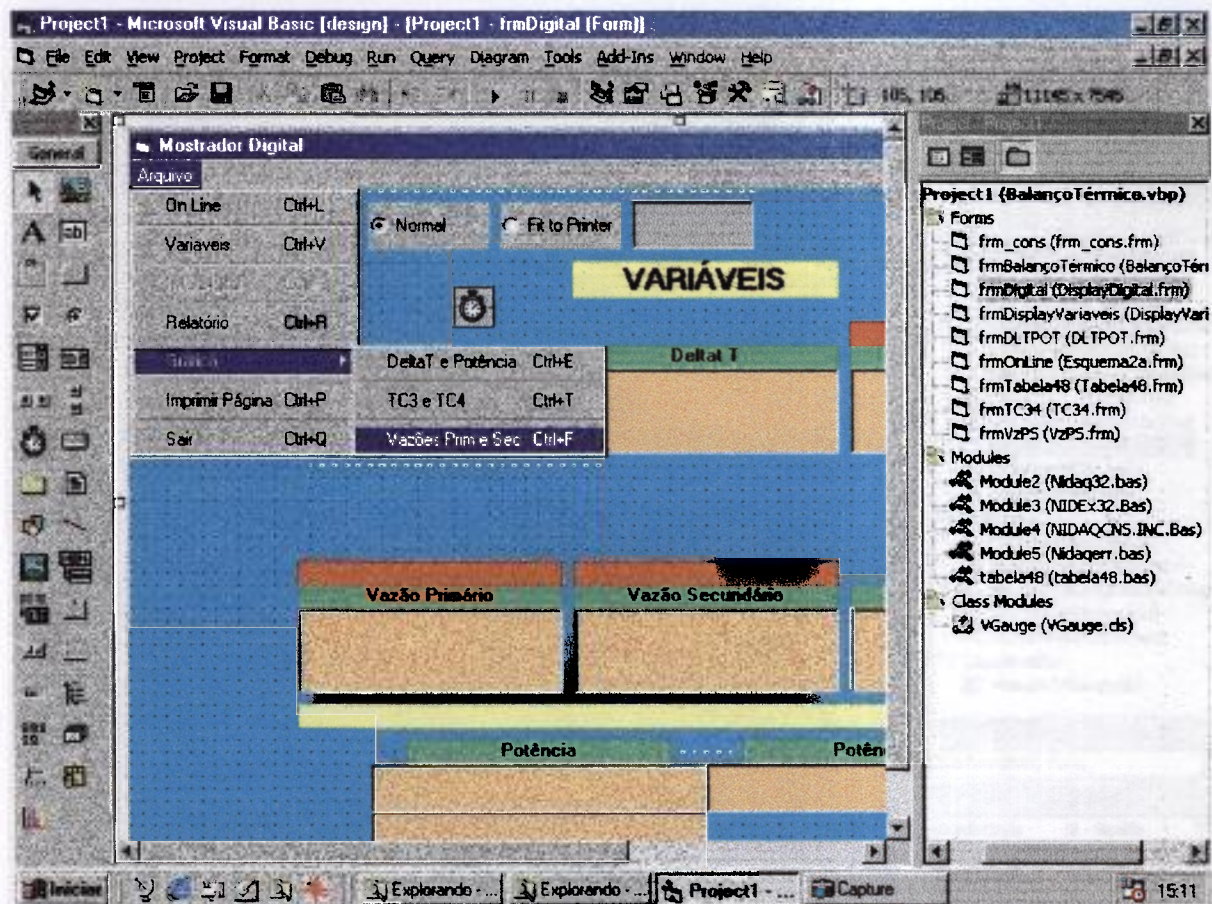


Figura 7.6 Janela de projeto “Info Digital”

7.4.6 Janela de RELATÓRIO

Nessa janela são apresentadas todas as variáveis envolvidas no processo de tal forma de imprimir um relatório sobre o desenvolvimento da operação através do tempo, sendo salvo este relatório como arquivo Texto (com extensão Log.txt) . Este tipo de arquivo só fica acessível quando o software aplicativo não esta em operação.

Também nesta janela têm-se a opção de visualizar o Banco de Dados que está sendo montado e salvo como um arquivo MDB em ACCESS . Para isto na janela Relatório é selecionado “Consultar” aparecendo a Tabela do Banco de Dados onde por sua vez, pode ser selecionado as datas nas quais quer se examinar os valores das variáveis do processo. Na Figura 7.7 é apresentado o projeto da janela Relatório.

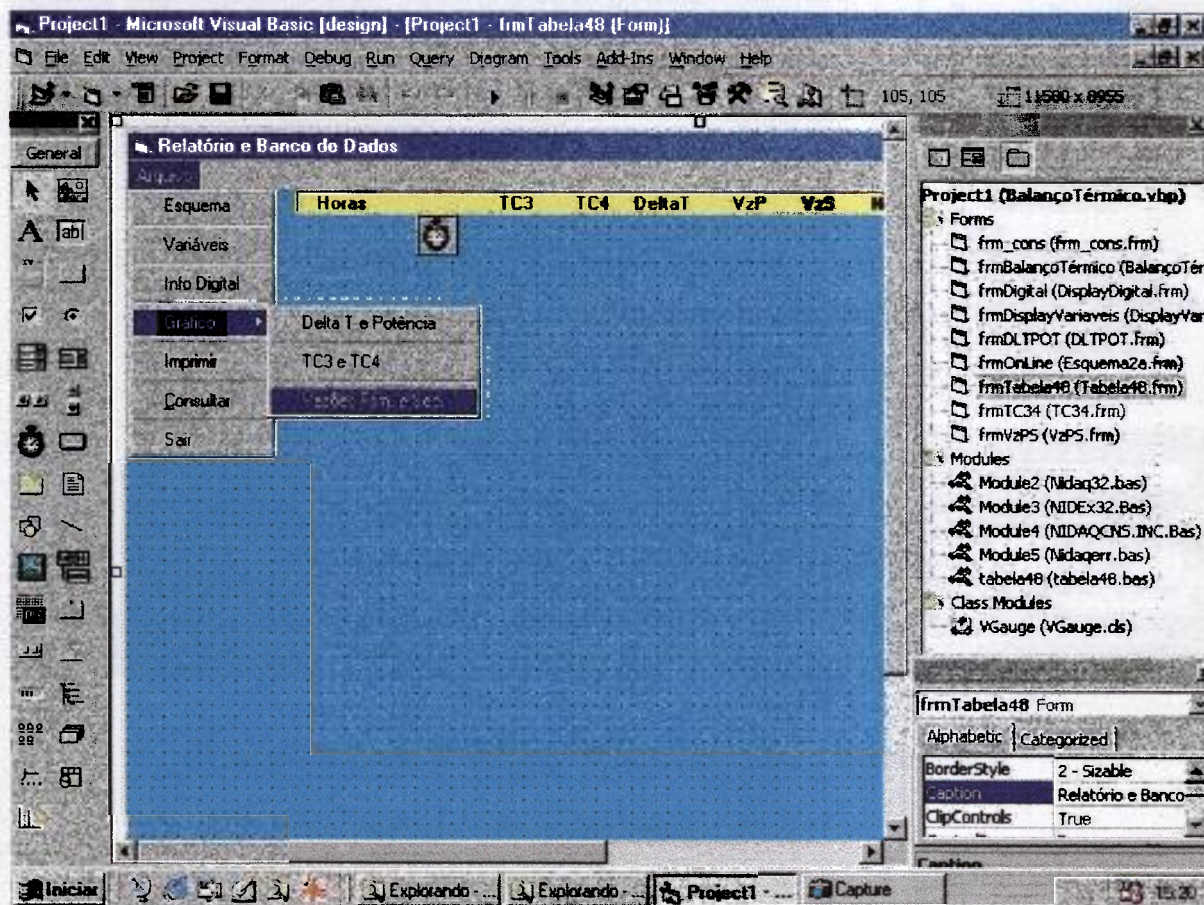


Figura 7.7 Janela de projeto “Relatório”

7.4.7 Janela do Gráfico do Delta T e da Potência

Nessa janela apresenta-se o gráfico do Delta T e da Potência correspondente à data escolhida através de uma pequena janela de seleção. Mostra-se o gráfico do Delta T em graus celsius e o gráfico da Potência em megawatts em função do tempo (a seleção é feita para cada 24 horas) /33 e 34/. Na Figura 7.8 é apresentado o projeto da janela Gráfico do Delta-T e Potência.

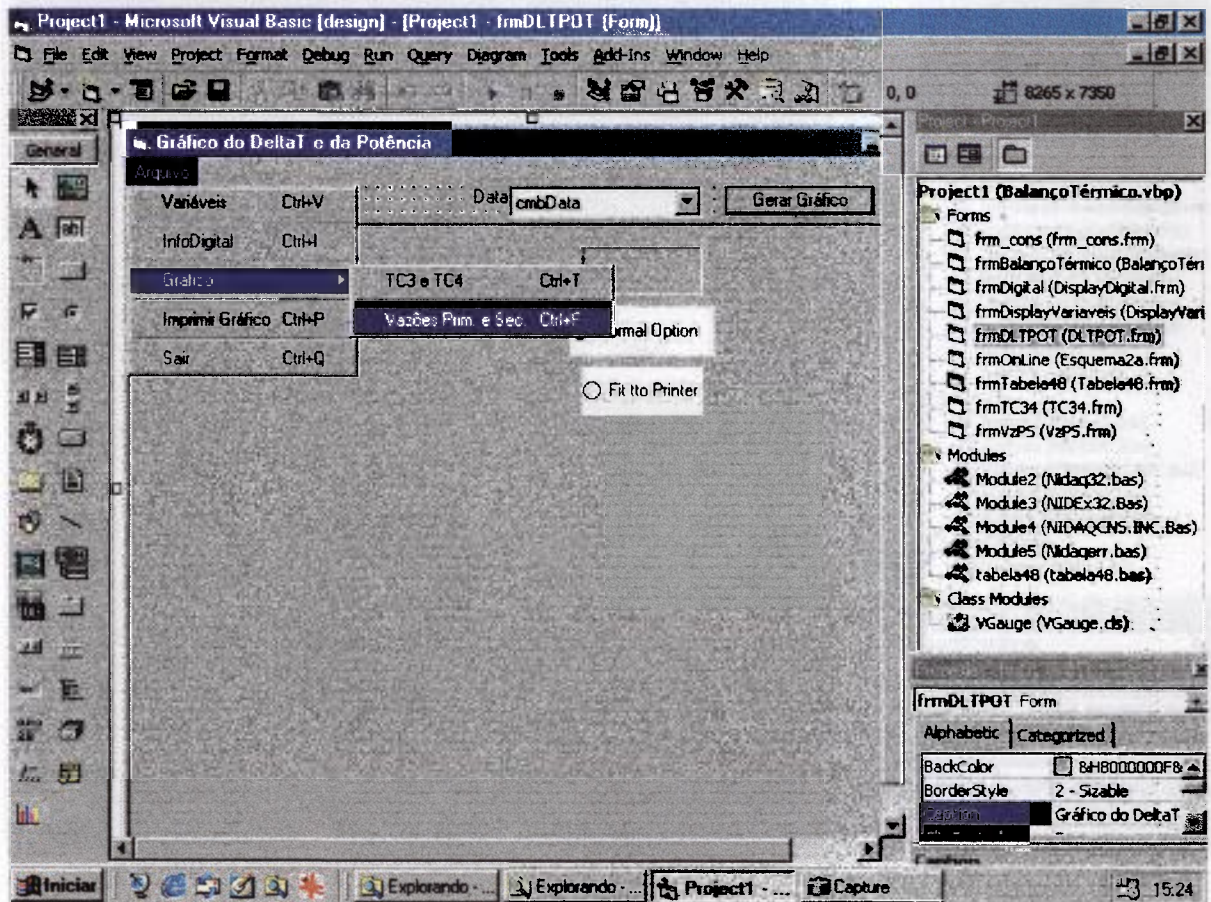


Figura 7.8 Janela de projeto “Gráfico do Delta T e da Potência”

7.4.8 Janela do Gráfico das Temperaturas de TC3 e TC4

Nessa janela apresenta-se o gráfico de temperatura de TC3 e TC4, correspondente à data escolhida através de uma pequena janela de seleção. Mostra-se o gráfico de TC3 e TC4 em graus Celsius através do tempo em horas (a seleção é feita para cada 24 horas) /33 e 34/. Na Figura 7.9 é mostrado o projeto da janela Gráfico das Temperaturas de TC3 e TC4.

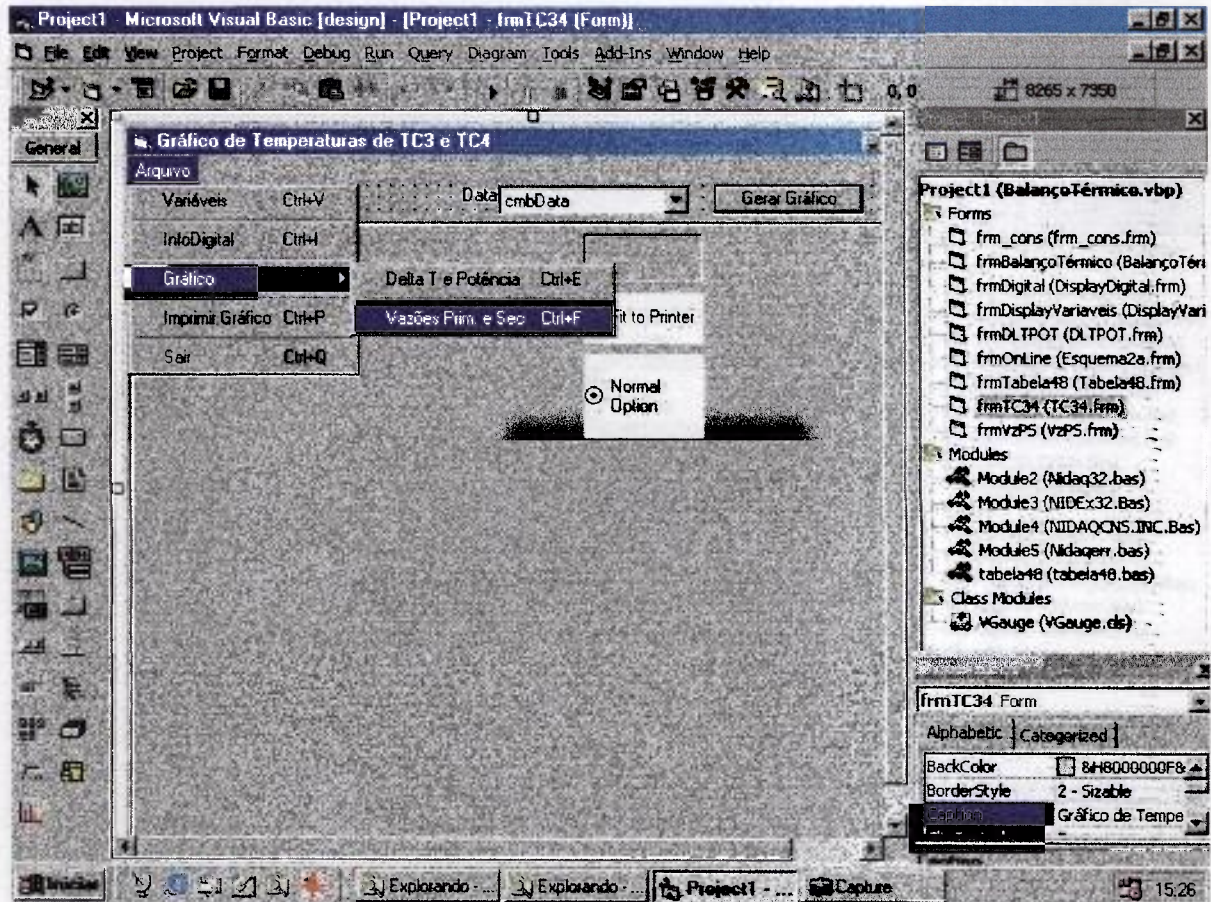


Figura 7.9 Janela de projeto “Gráfico de TC3 e TC4”

7.4.9 Janela do Gráfico das Vazões dos Circuitos Primário e Secundário

Nessa janela apresenta-se o gráfico das vazões dos circuitos de resfriamento Primário e Secundário correspondente à data escolhida através de uma pequena janela de seleção . Mostra-se o gráfico das vazões (Primário e Secundário) em galões por minuto (gpm) em função do tempo (a seleção é feita para cada 24 horas) /33 e 34/. Na Figura 7.10 é mostrado o projeto da janela Gráfico de Vazões Primário e Secundário .

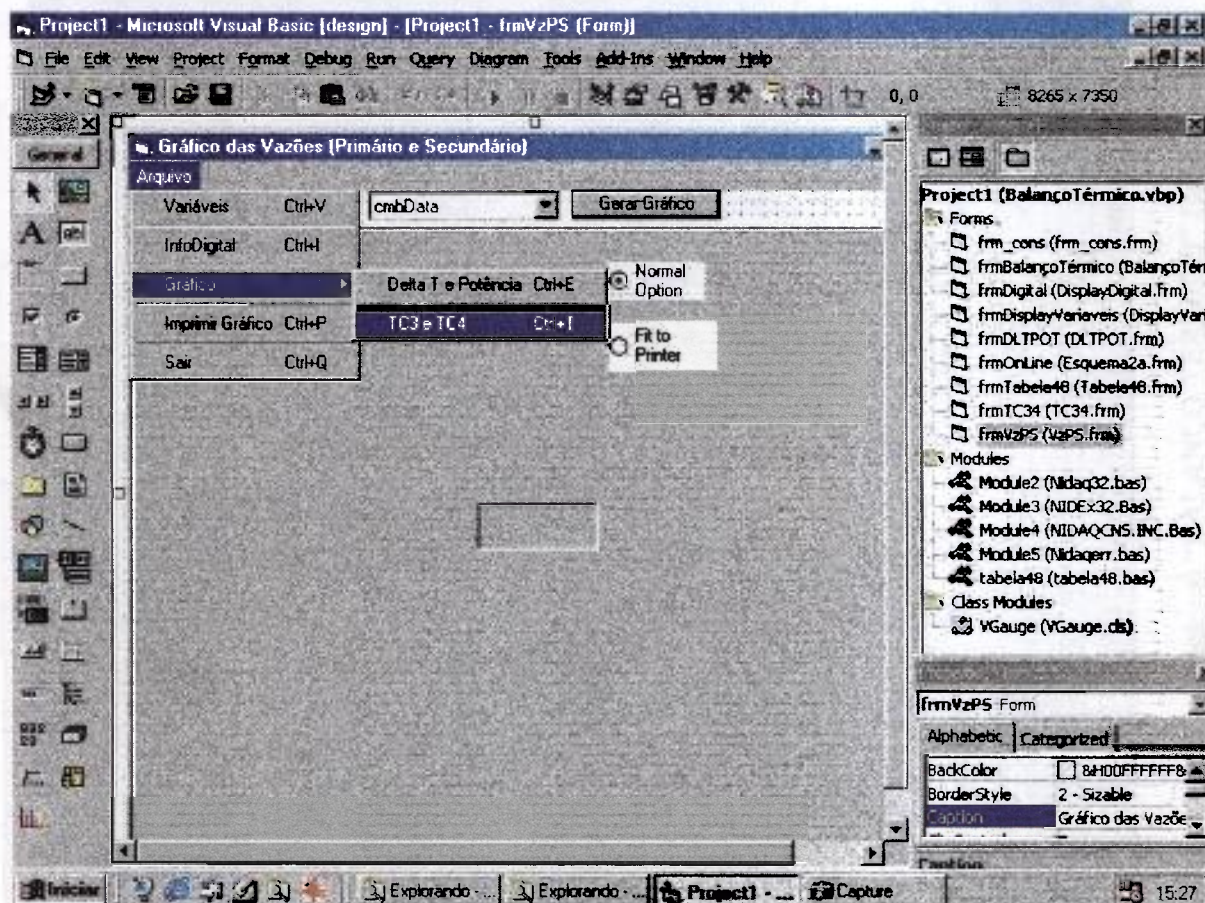


Figura 7.10 Janela de projeto “Gráfico Vazões Primário e Secundário”

7.5 Apresentação das janelas Operacionais do Sistema (em Tempo Real)

Nas Figuras 7.11 a 7.20 são apresentadas as janelas geradas em tempo real de operação do reator IEA-R1 .

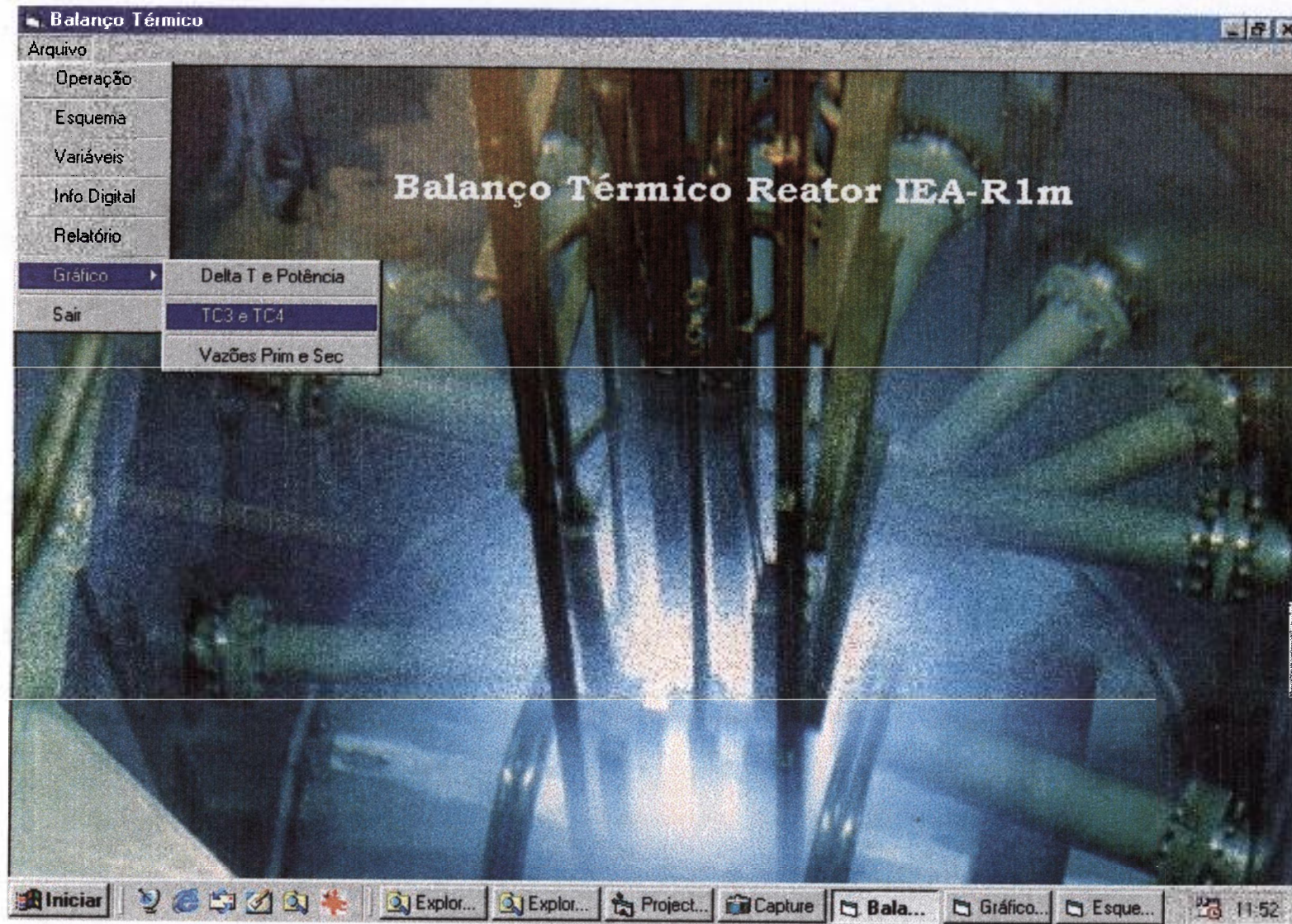


Figura 7.11 Janela operacional “BALANÇO TÉRMICO” (apresentação)

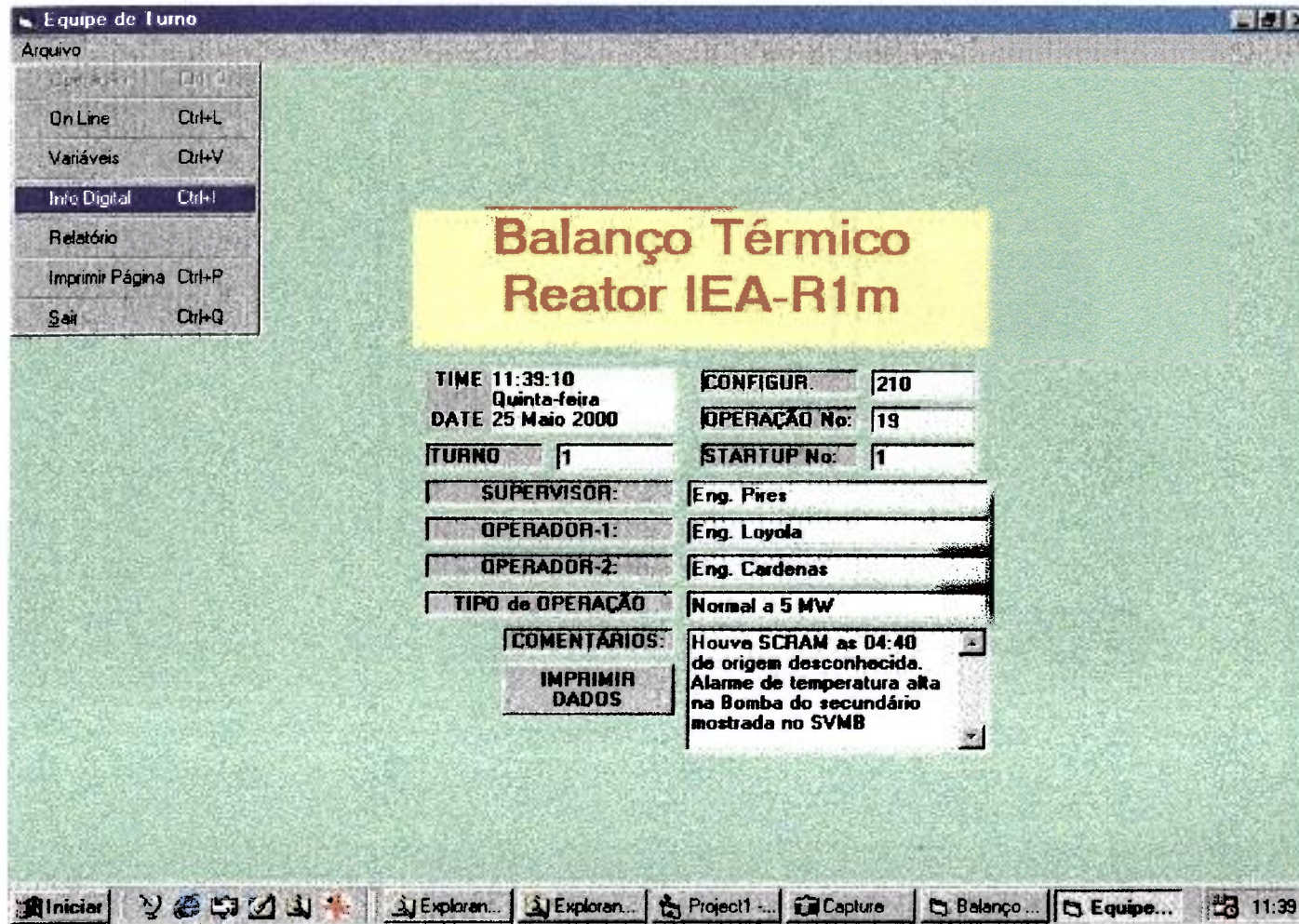


Figura 7.12 Janela operacional “OPERAÇÃO”

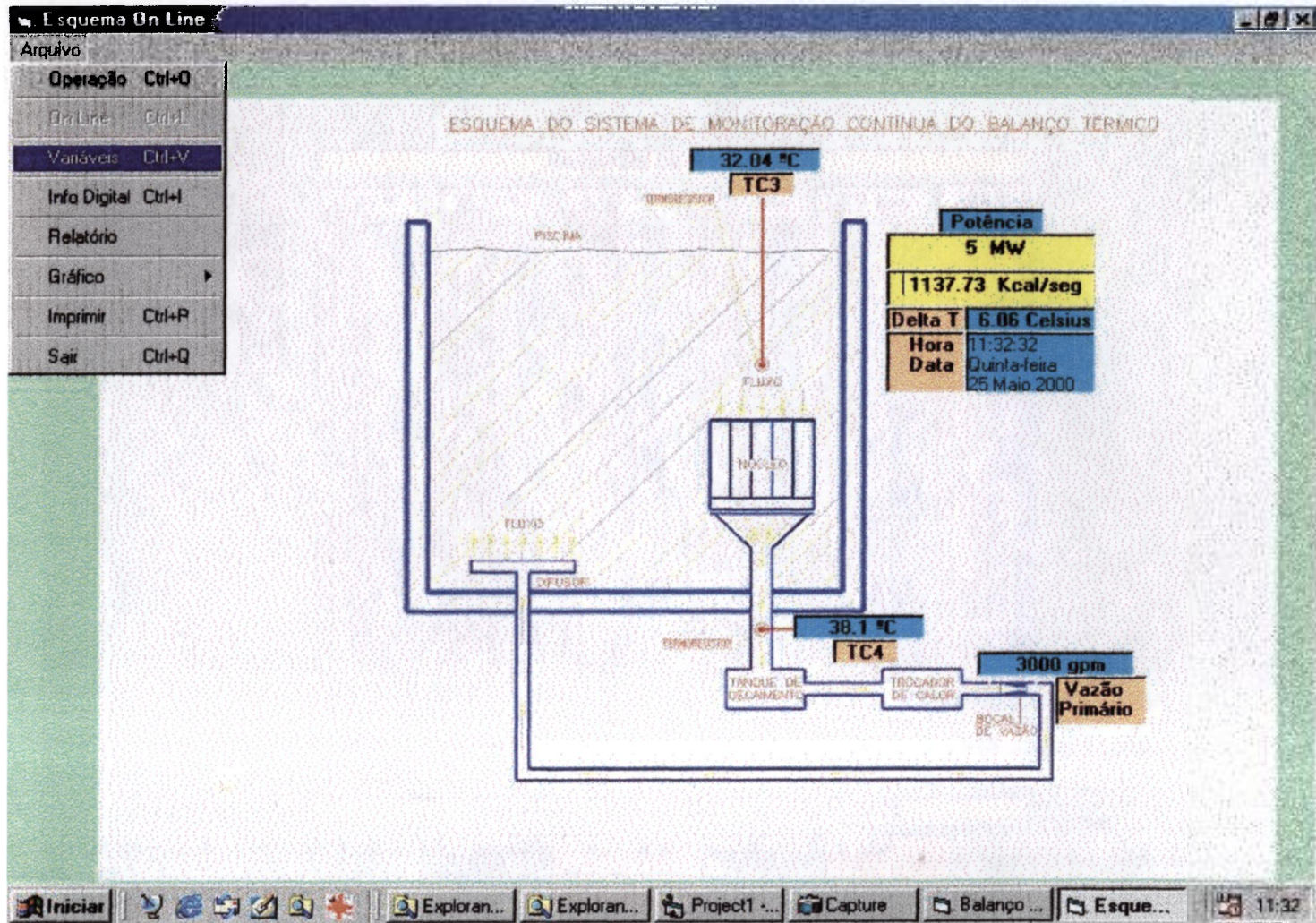


Figura 7.13 Janela operacional “ESQUEMA ON-LINE”

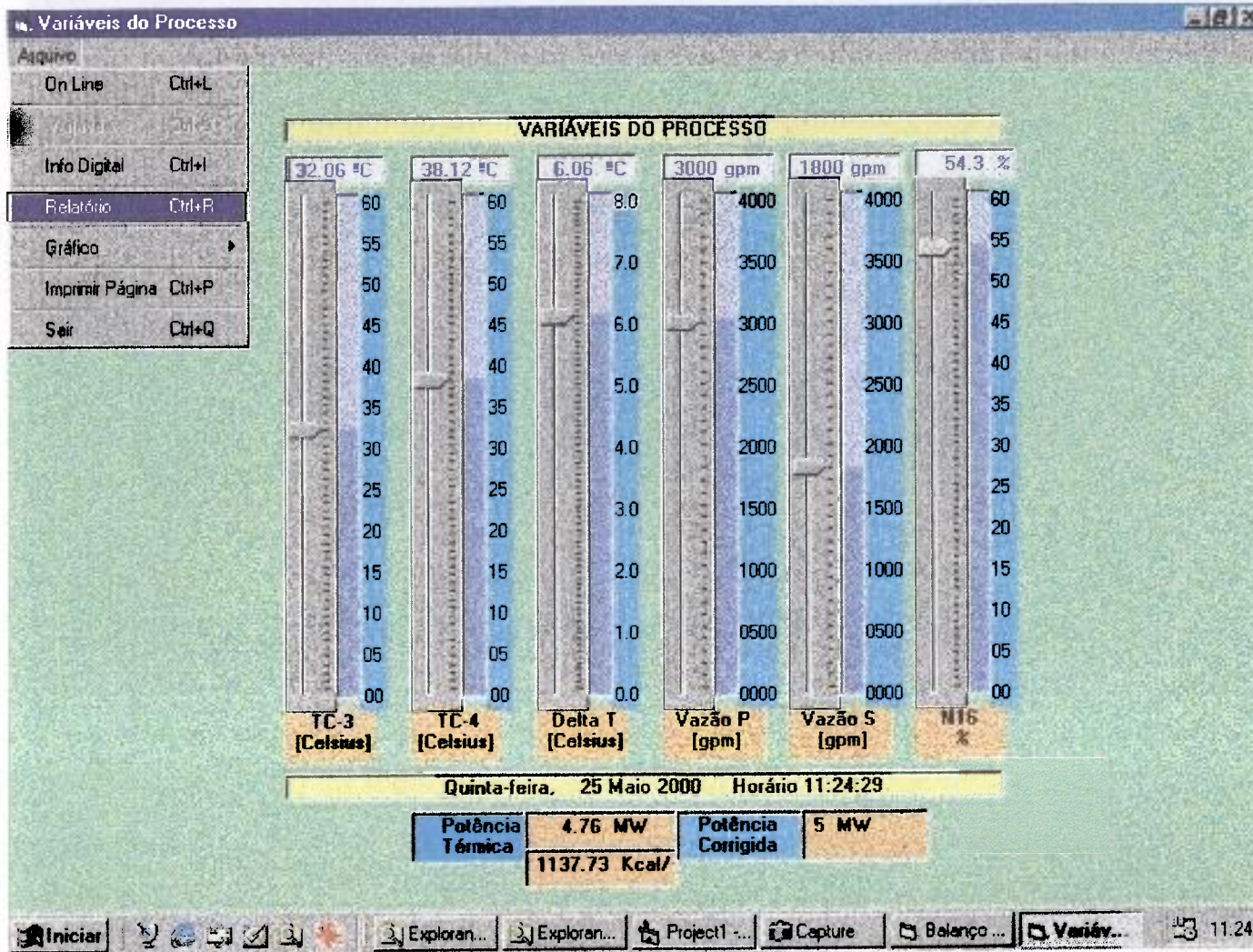


Figura 7.14 Janela operacional ‘VARIÁVEIS DO PROCESSO’

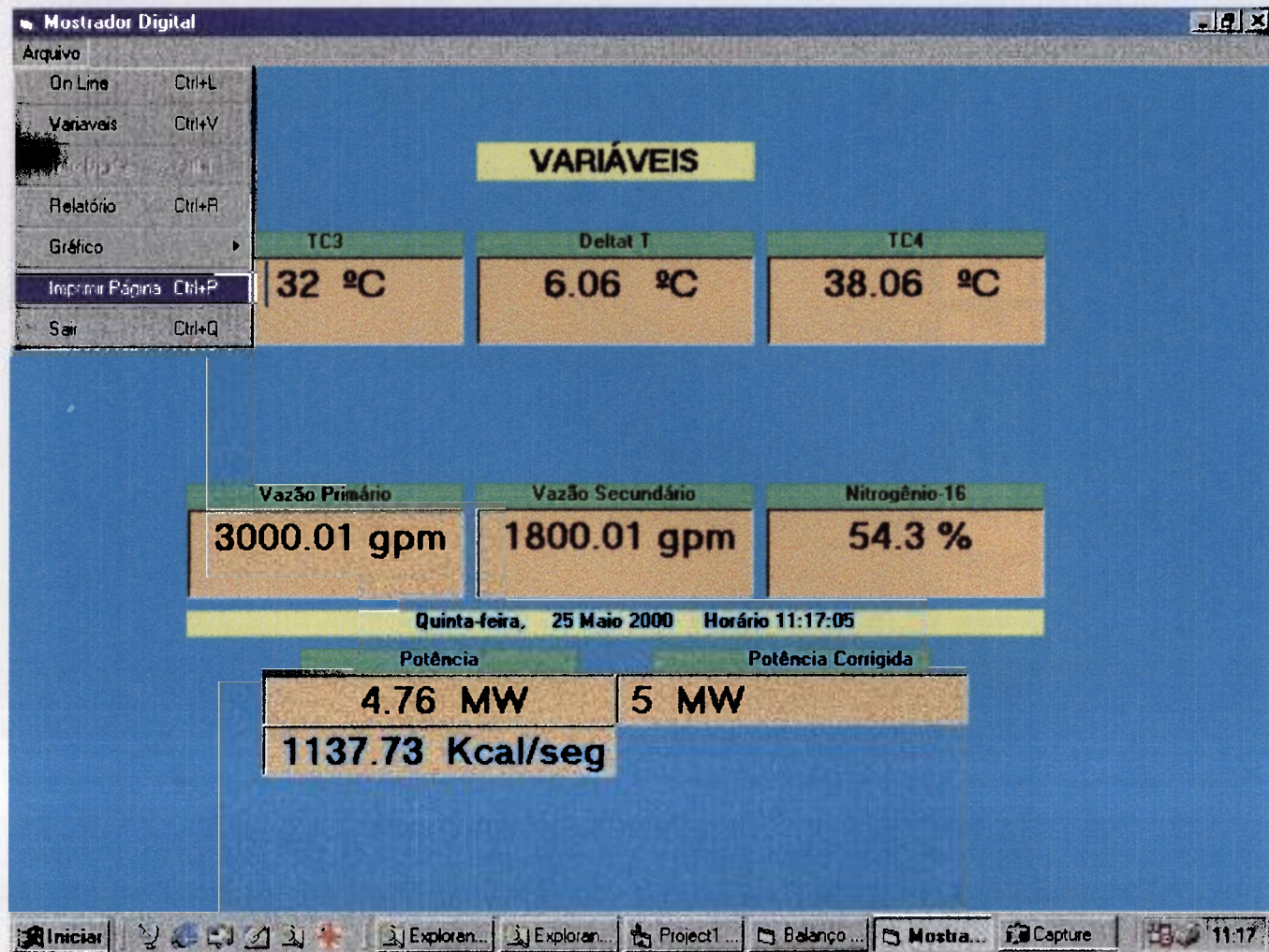


Figura 7.15 Janela operacional “INFO DIGITAL”



Figura 7.16 Janela operacional “RELATÓRIO”

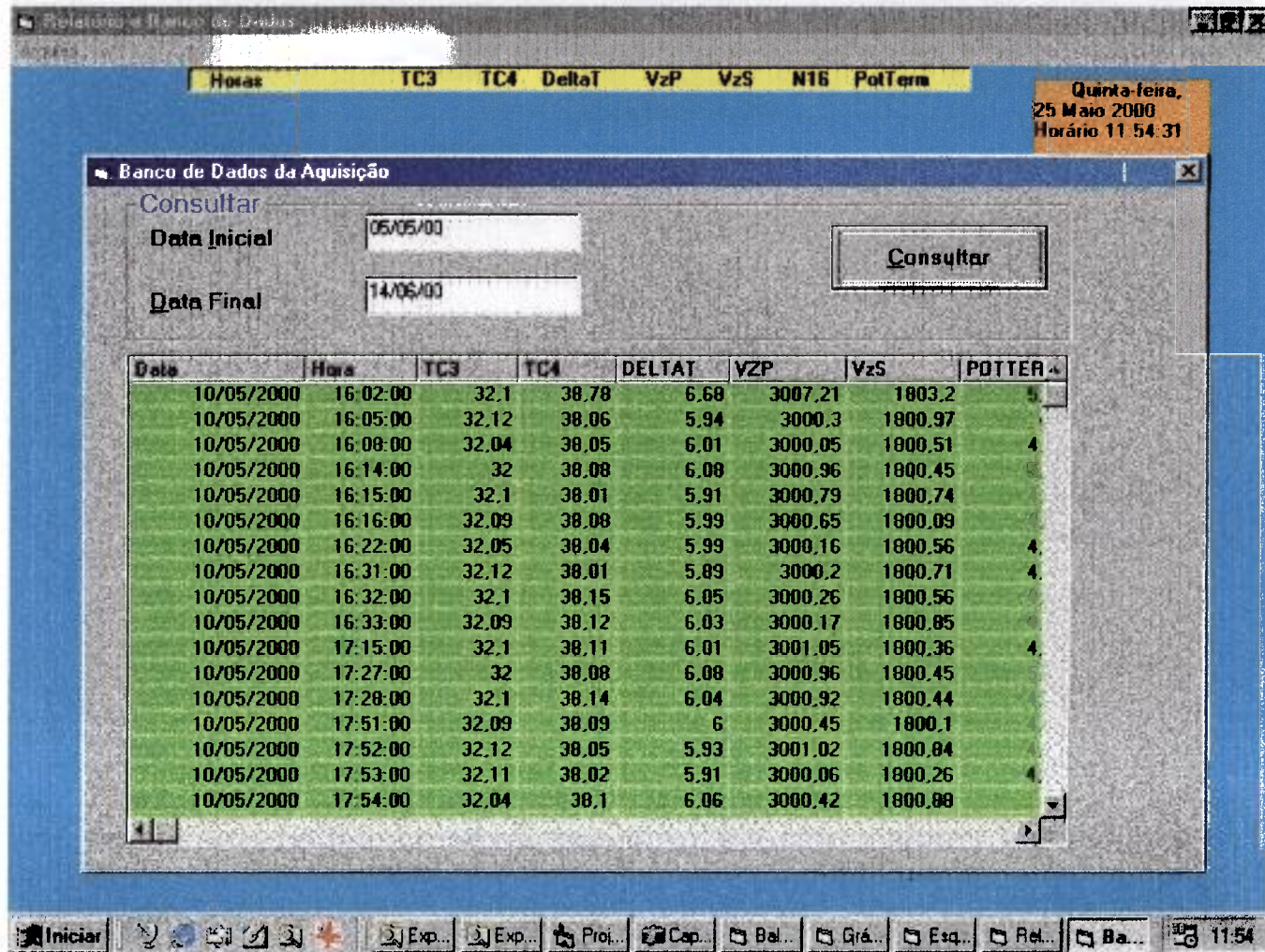


Figura 7.17 Janela operacional do “BANCO de DADOS” (arquivo .MDB)

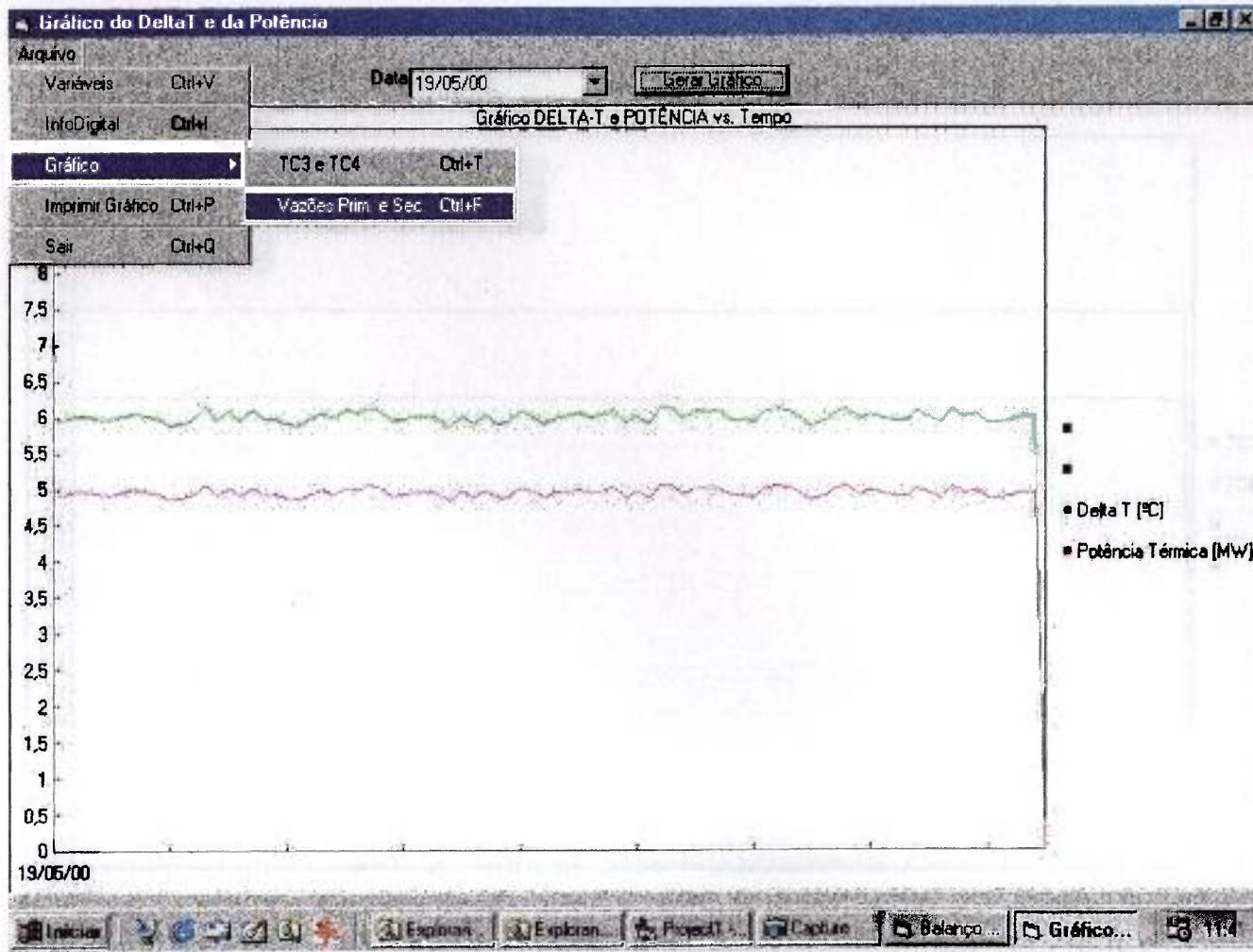


Figura 7.18 Janela operacional do “GRÁFICO do DELTA T e da POTÊNCIA”

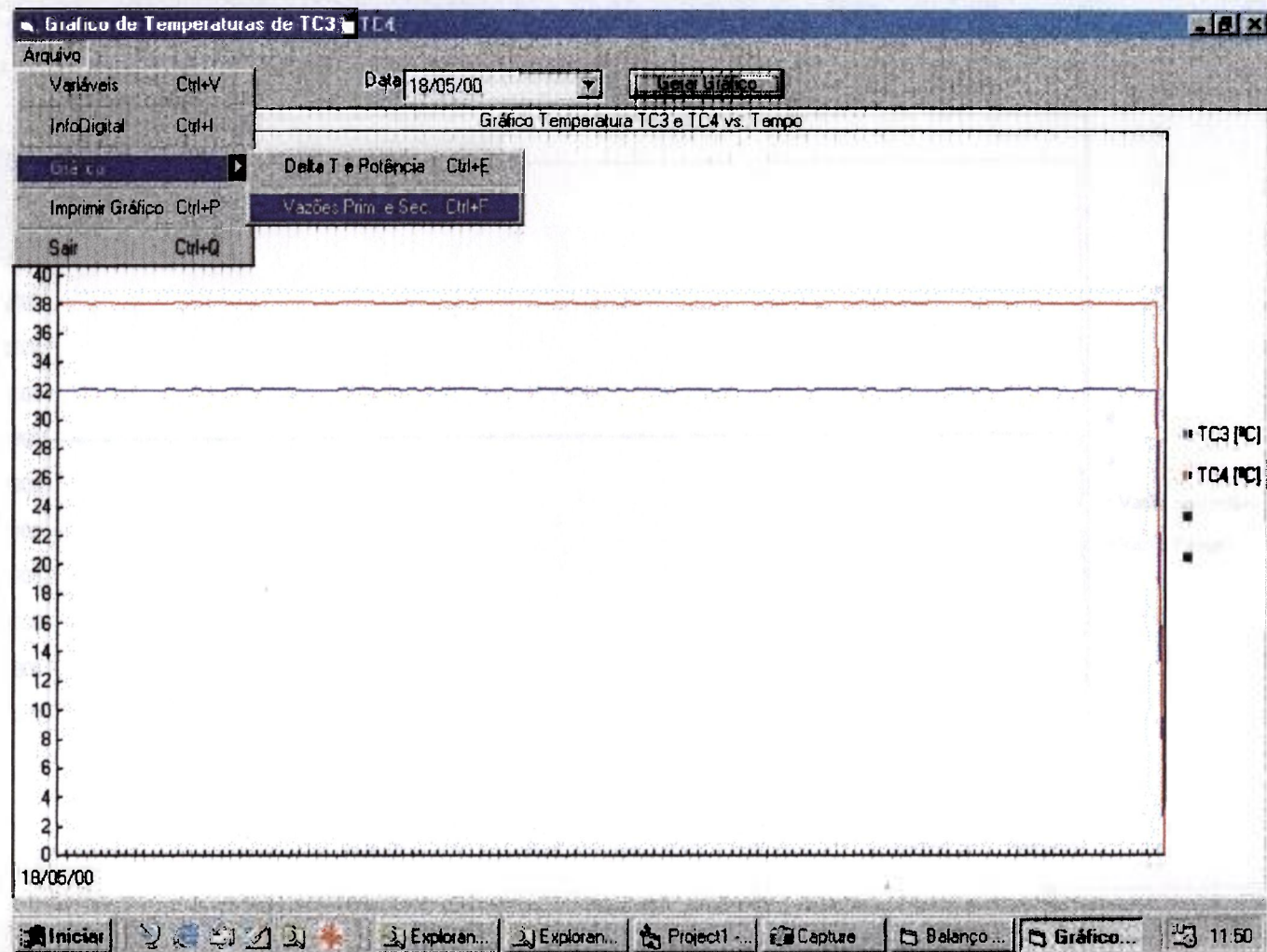


Figura 7.19 Janela operacional do “GRÁFICO de TEMPERATURAS de TC3 e TC4”

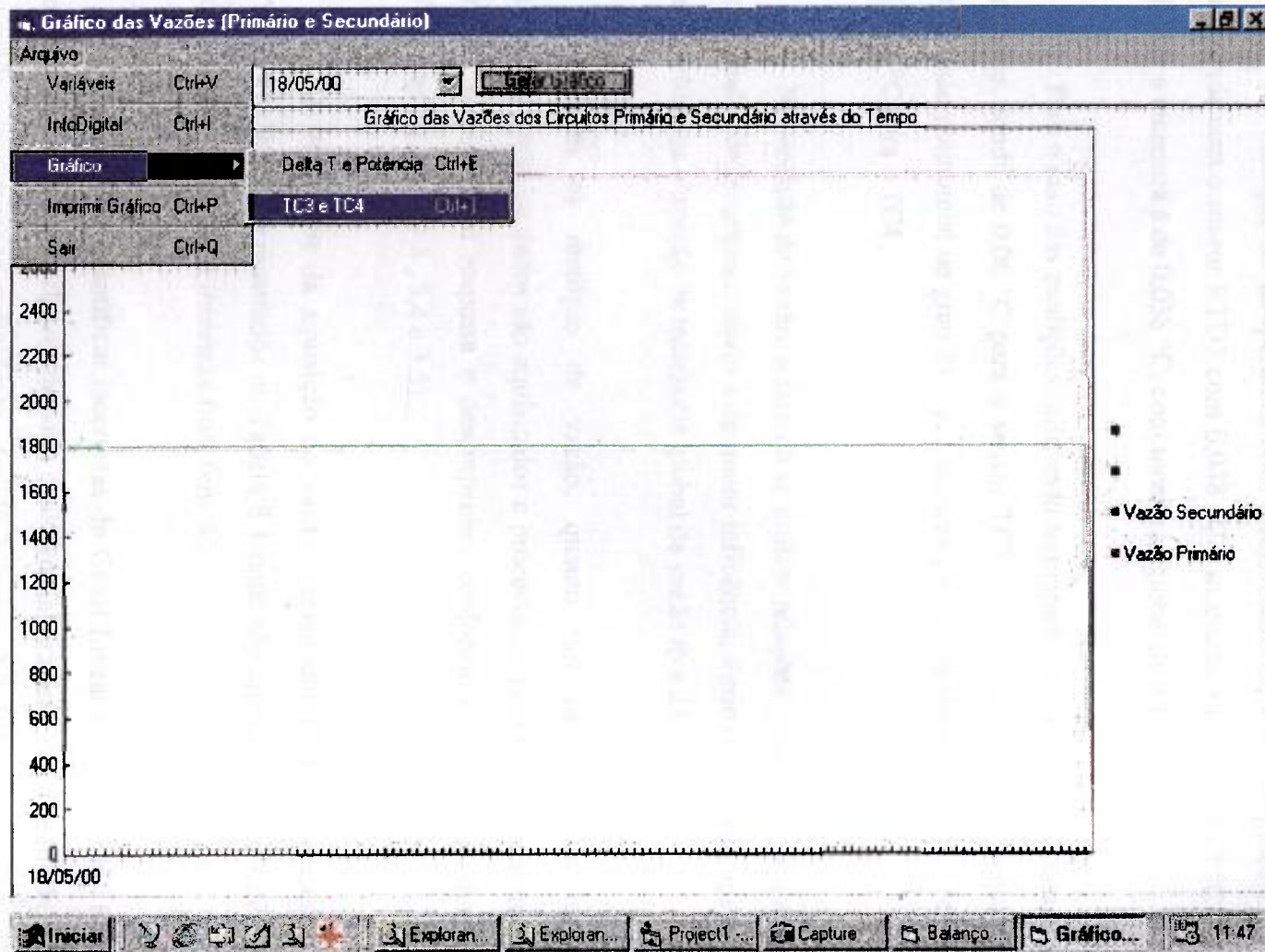


Figura 7.20 Janela operacional “GRÁFICO das VAZÕES dos CIRCUITOS PRIMÁRIO e SECUNDÁRIO”

8. RESULTADOS

Na medição de temperatura com termoresistores, a maior parcela da incerteza está associada com o sensor RTD3 com 0,048 °C e incerteza global de 0,12 °C . Já para o sensor RTD4 a incerteza é de 0,038 °C, com incerteza global de 0,1 °C .

Para o caso das medições utilizando termopares as incertezas resultaram ser levemente maiores, sendo de 0,06 °C para o sensor TC3 e de 0,048 °C para o sensor TC4 (para uma regressão polinomial de grau 2) . A incerteza global em torno do 0,145 °C para o TC3 e de 0,133 °C para o TC4 .

Na medição de vazão, o fato de se utilizar relações práticas de engenharia, facilitou-se os cálculos de incertezas, sendo a de maior influência, a correspondente aos parâmetros (2 %) envolvidos na obtenção da tolerância global da vazão /6 e 22/.

Tanto na medição de vazão, quanto nas medições de temperaturas com termoresistores, os dados são aquisitados e processados pelo mesmo instrumento (registrador FUJI), de excelente resposta e desempenho, conforme respostas levantadas e verificadas (Tabelas 3.1 , 3.2 , 3.3 , 3.4 e 3.5) .

Os resultados da aquisição de vazão (registrador FUJI) e temperatura (registrador YOKOGAWA) são mostrados na Tabela 8.1 onde são apresentadas as diferenças no cálculo da potência e o nível de incerteza final (em %).

Para melhor quantificar incertezas do Canal Linear e do Canal N-16, seria necessário calibrar os detetores nucleares de cada canal em laboratório, o que é inviável atualmente por questões de segurança radiológica, devido à impossibilidade de se retirar os detetores da piscina . Assim as incertezas de medição foram avaliadas somente na parte eletrônica e randômica, sendo a parte sistemática desprezível após a calibração eletrônica do instrumento ou módulos correspondentes .

Tabela 8.1 Cálculo da Potência com os dados da Vazão instantânea e o Delta-T .

Pot. MW	Intz Pot.	Dia	Horas	Vazão	Intz-Vz	Delta-T	Intz- ΔT
5,0009	3,1 %	17/03/98	04:00	3024 gpm	60 gpm	6,0 C	0,1 °C
4,9893	3,1 %	18/03/98	04:00	3017 gpm	60 gpm	6,0 C	0,1 °C
4,715	3,1 %	24/03/98	04:00	3055 gpm	60 gpm	5,6 C	0,1 °C
4,916	3,1 %	25/03/98	04:00	3023 gpm	60 gpm	5,9 C	0,1 °C
2,084	6,0 %	05/05/98	04:00	3006 gpm	60 gpm	2,5 C	0,1 °C
2,17	5,8 %	06/05/98	04:00	3006 gpm	60 gpm	2,6 C	0,1 °C
2,15	5,8 %	26/05/98	04:00	3000 gpm	60 gpm	2,6 C	0,1 °C
2,15	5,8 %	27/05/98	04:00	3000 gpm	60 gpm	2,6 C	0,1 °C
2,08	6,0 %	09/02/00	16:30	3027 gpm	60 gpm	2,5	0,1 °C
2,02	6,2 %	17/04/00	22:00	3065 gpm	60 gpm	2,4	0,1 °C
3,07	4,3 %	22/05/00	22:00	3020 gpm	60 gpm	3,7	0,1 °C

OBS : A incerteza do calor específico é definida como $\Delta C_p/C_p = 0,01 = I_c /25/$.

Conversão numérica (simples) para potência : **Potência** = Vazão (gpm)*ΔT(°C)*0,000276 .

Incerteza do ΔT = assume-se 0,1 como o melhor caso.

Do estudo, observou-se a existência de discrepância quando se usa determinado tipo de sensor. No caso estudado observou-se que as incertezas são maiores para os termopares do que para os termoresistores.

Esta discrepância foi comprovada através de um simulador padrão (aferido e certificado) de termopar. O teste foi realizado após 32 horas o reator ter sido desligado, para evitar o calor produzido pelo decaimento dos produtos de fissão.

No cálculo da potência, esta discrepância é visível, quando não são consideradas as possíveis influências dos registradores, já que os mesmos possuem desempenho similares .

A diferença de temperatura também varia conforme as condições climáticas que afetam a temperatura do fluido circulante pelo circuito secundário de resfriamento como foi constatado na prática operacional.

A diferença de temperatura também varia conforme as condições climáticas que afetam a temperatura do fluido circulante pelo circuito secundário de resfriamento como foi constatado na prática operacional.

No cálculo manual da potência do reator utilizando os valores de vazão e Delta-T extraídos das folhas de dados de operação do reator, existem diferenças conforme as temperaturas são lidas através de TC's ou RTD's , podendo chegar até uma diferença de 0,3 °C . A razão disto é que o Delta-T sofre "flutuações" entre 2,4 e 2,6 °C conforme condições climáticas nos horários das medições e também devido à própria incerteza na medição utilizando qualquer um dos sensores .

Essa variação poderia ser reduzida se a aquisição de dados (manual a cada meia hora) de temperatura fosse feita num período menor (ideal de 3 minutos, porém inviável de forma manual) e também que fosse feita em particular a aquisição de dados de temperatura do circuito secundário e as torres de resfriamento, (inviável atualmente devido à capacidade de canais de aquisição do registrador FUJI e à falta de sensores de temperatura nas tubulações) . Em vista da dificuldades foi então decidido descartar a utilização do registrador FUJI e implementar a aquisição de dados através de uma placa da National Instruments (tipo AT-MIO-16E-10) através da qual é feita uma aquisição de dados a cada 10 minutos, tendo como limite a aquisição a cada 1 minuto. Na Tabela 8.2 mostra-se a comparação de leituras utilizando termopares correspondentes aos canais T3 e T4 do registrador YOKOGAWA .

Tabela 8.2 Discrepâncias entre leituras de temperatura com termopares
(registrador Yokogawa) .

Canal	Reator desligado (após 36 hrs)	Medição com ALTEK 322	Simulador ALTEK 322	Leitura YkGw com ALTEK	Erro
T3	29,44 °C	28,9 °C	28,9 °C	29,64 °C	0,74 °C
T4	28,58 °C	28,0 °C	28	28,65 °C	0,65 °C

Da Tabela 8.2 pode-se verificar discrepâncias nas leituras de temperatura quando o reator encontrava-se desligado por mais de 36 horas . Esses valores foram obtidos medindo a temperatura equivalente para cada termopar através de instrumento simulador ALTEK model 322 (aferido e certificado) mostrando que a temperatura indicada no registrador é maior em

No caso dos termoresistores foi medida a resistência do sensor usando um multímetro digital (HP34401A) e seu valor aplicado à equação de regressão obtida com os valores da resposta eletrônica (para RTD's) do registrador FUJI, mostrando diferenças em torno de 0,2 °C para o RTD3 e de 0,1 °C para o sensor RTD4 com o valor indicado pelo registrador .

Para melhorar as medições de temperatura poder-se-ia estabelecer o erro máximo de medição da seguinte maneira : na relação (13) (na análise de incertezas correspondente à potência calculada) podemos estabelecer que a parte $2 \sigma_T / \Delta_T$ não supere 1 % (atualmente de 4,6 %) . Para um regime de operação de 5 MW e vazão de 3000 gpm temos um Delta-T de 6,05 °C, assim na relação anterior têm-se que $dT = 0,01 * 6,05 / 2$, tendo como resultado um $dT = 0,03025$ °C , portanto o erro de medição de temperatura incluindo os sistemáticos e estatísticos não deveria ser maior do que 0,03 °C, difícil de obter na prática.

Para melhorar o erro máximo de medição a única opção seria a de se utilizar termoresistores (RTD) de alta precisão (Banda 5), porém, utilizando termoresistores, deverão ser utilizados também condicionadores especiais para a conversão de valor ohmico do RTD para Volts e esses valores de tensão serão processados digitalmente na placa de Aquisição (AT-MIO-E16-10) substituindo no projeto das janelas gráficas os valores de TC3 e TC4 .

Com relação à medição de vazão, não é necessário qualquer melhoria do sistema já que a instrumentação é adequada para a função /24/ .

9. CONCLUSÕES

A instrumentação utilizada para as medições de temperatura e vazão é adequada para obter os dados operacionais do reator conforme foi mostrado nas Tabelas 3.1 , 3.2 , 3.3 , 3.4 e 3.5 obtidas na verificação da resposta dos instrumentos.

Através da análise de incertezas pode-se estabelecer o erro no cálculo do Balanço Térmico para diferentes níveis de potência.

Os resultados obtidos, conforme Tabela 8.1 , são adequados para os requisitos de operação a 2 e 5 MW . Nestas potências é importante obter medições precisas, as quais devem ser feitas periodicamente para permitir o cálculo exato da potência do reator. Isto é importante para realizar a calibração neutrônica e os cálculos do grau de queima de combustível no reator.

Os sensores de temperatura atualmente utilizados no reator (termopares tipo T convencional) são adequados para a aquisição de dados desde que se estabeleça uma verificação periódica de desempenho.

Para medição da Potência com precisão poder-se-ia fazer uso de termoresistores do tipo Banda 5 como indicado no Capítulo 8 .

Com a instalação de novos sensores (já previsto) nas torres de resfriamento será possível verificar as variações de rendimento destas e dos trocadores de calor, através do Banco de Dados implantado no sistema de aquisição de dados, devido à possibilidade de expansão permitida pelo sistema .

Com referência ao programa de aquisição de dados (software), sua aplicação apresenta bons resultados dos valores obtidos . Em comparação com o sistema atual (SAD) ele tem a vantagem de funcionar em ambiente Windows, padrão atual para informática, e a sua

ampliação em termos de janelas gráficas é ilimitada, sendo sua principal vantagem a de formar um Banco de Dados Operacionais para o Balanço Térmico com a possibilidade de expansão para obter e armazenar todos os dados operacionais do reator (através do gerenciamento digital de outras placas de aquisição) de forma automática e em tempo real.

Assim também podemos concluir que o Banco de Dados formado pela aquisição de dados de temperatura e vazão permitirá uma melhor operação do reator e através da análise desses valores ter-se-á uma melhor compreensão do funcionamento termohidráulico e utilização do reator.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kreith, F. **Princípios de Transmissão de Calor**. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo SP, Brasil, 1973
2. Parkansky, D. **Balance Térmico del Reactor RA-3**. Relatório Interno, CNEA, Re84, Buenos Aires-Argentina, Abril 1974
3. Balderrama, H. Rodriguez, A ., Parkansky, D. **Determinación de la Potencia del Reactor RA-3**. CNEA, Re166, Buenos Aires-Argentina, Mayo 1980 .
4. General Atomic, San DiegoCA, USA . **IEA-R1 São Paulo Research Reactor, 1975**
5. Alvarenga, J. de Sousa **Sobre a Monitoração de Potência do Reator Nuclear IEA-R1 pela Atividade do Nitrogênio-16**. Dissertação de Mestrado, EPUSP 1970 .
6. Pasqualetto, H. .Hiromoto Y. M. **Calibração do Reator IEA-R1 por Balanço Térmico**. Relatório Interno, IPEN-CNEN/SP, Setembro 1993 .
7. Congresso ARCAL V **Curso de Medición de Parámetros Básicos de Reactores**. - CCHEN - Santiago - CHILE , Outubro/88 .
8. User's Manual . **UR1800 Yokogawa Recorder**
Yokogawa Electric Company
9. Eng. Hertz Pasqualetto - **Comunicação pessoal (IPEN - R/RO)**
10. Scott, R. W. W **Developments in Flow Measurement - I** . Applied Science London England 1982

11. Hiromoto Y. e Nelson **Manual de Instalação e Operação do SAD IEA-R1**. CTMSP - Novembro/1995
12. User's Manual . **Source/Calibrator Model 263** KEITHLEY Instruments Inc, USA, 1987
13. FLUKE Instruments Inc. **Understanding and comparing Instrument Specifications** NA 081497 , USA, 1997
14. User's Manual . **PHC Recorder**. FUJI Electric Company
15. Rodrigues, Luiz A H **Modelagem Teórica-Experimental da Equação de Movimento para Geradores de Vapor de Reatores PWR**. -Dissertação MestradoIPEN / 1994
16. Miller, J.C. and Miller, J.N. **Statistic for Analitical Chemistry** . Wiley and Sons, New York, 1988
17. Bevington, Ph. R. **Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences**. Mcraw Hill, Inc. 1992
18. Kennedy, B. **End-to-End Temperature Calibration - A Matter of Degree**. Azonix Corp. Cal Lab - International Journal of Metrology - Jan*Feb/98 .
19. Enga. Lúcia Moreira **Parâmetros em Pirometria** . ECIL S A Piedade-SP 1997
20. Gouvêa, A e Pereira, J. **Curso EXCEL for WINDOWS** . IPEN/CPD - Junho-1997
21. User's Manual **ORIGIN the Ultimate Solution** Microcal Software, Inc. 1995
22. Delmeé, Gerard J. **Manual de Medição de Vazão**. São Paulo : Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1983
23. Reed, R. **IEA-R1m Research Reactor - NTS011597**, Final Report , Maio/1997

24. Dolenc, J. W. **Choose the Right Flowmeter.** Fischer - Rosemount Inc.
25. **Tabelas de Dados Operacionais do Reator IEA-R1m.** Outubro/97 - Março/98 IPEN - Divisão ROI .
26. Hiromoto Y. , Pasqualetto H. **Calibração de Potência do reator IEA-R1 pelo método do Balanço Térmico,** Congresso ENAN, Poços de Caldas-MG, 1997 .
27. Steve Brown **Visual Basic 5.0 a Bíblia do Usuário .** São Paulo . Agência Siciliano Ltda, 1998 .
28. Nathan & Ori Gurewich **Visual Basic 5.0 em 21 Dias .** São Paulo : SAMS Publishing, Editora Campus Ltda, 1997 .
29. Marcelo M. Dias **Construindo Aplicativos com Visual Basic 4.0 .** São Paulo : Editora Novatec Ltda, 1997
30. Gary Beene **Visual Basic 6.0 - Tutorials.** –Consultor – (USA- Via Internet) 1999.
31. Victorine V. Mizrahi **Curso de Visual Basic 6.0 .** SãoPaulo : –Apostila –Consultora – São Paulo, 1999 .
32. Siler B. , Spotts J. , **Usando Visual Basic 6.0** 1999 . Editora Campus Ltda, 1999
33. Hitt W. , **Write a Lean Chart Control .** Visual Basic Programmer's Journal June/1998-USA .
34. Huggill S. , **Make a Light Chart Control .** VB-Square.com – Feb/2000-USA

APÊNDICE I

I.1 Calibração dos Sensores de Temperatura (Termopares e Termoresistores)

A calibração / aferição dos sensores de temperatura (2 termopares e 2 termoresistores) foi realizada na **Divisão RAT da Diretoria R**

A tabela I.1 apresenta o **Certificado de Calibração (RAT-17/97)** para o Termopar ECIL tipo T , **Canal T3 (TC3)** .

TABELA I.1 Resultado da Aferição do Termopar do Canal T3

Temperatura RTD Padrão (°C)	Tensão termoe elétrica do Termopar (miliVolts)
0,01	-0,001
14,76	0,574
17,94	0,702
20,89	0,821
23,99	0,944
27,04	1,068
30,26	1,206
33,12	1,318
36,11	1,445
39,06	1,570
41,87	1,691
44,92	1,817
48,12	1,952
51,15	2,083

A tabela I.2 apresenta o **Certificado de Calibração (RAT-16/97)** para o Termopar ECIL tipo T , **Canal T4 (TC4)** .

TABELA I.2 Resultado da Aferição do Termopar do Canal T4

Temperatura termômetro	Tensão termoeétrica
RTD Padrão (°C)	do termopar (mVolts)
0,03	0,006
14,91	0,584
18,16	0,711
21,40	0,844
24,89	0,988
27,82	1,104
30,48	1,211
33,71	1,345
36,86	1,476
39,70	1,596
42,73	1,725
45,70	1,846
48,82	1,981
50,96	2,072

A tabela I.3 apresenta o Certificado de Calibração (RAT- 02/00) para o Termoresistor RTD3.

TABELA I.3 Resultado da Aferição do Termoresistor RTD3

Temperatura termômetro RTD Padrão (°C)	Resistência do RTD3 (°C)
0,01	100,0426
12,80	105,0403
15,12	105,9232
17,17	106,7531
20,97	108,1979
22,32	108,712
26,69	110,3867
29,85	111,631
35,70	113,867
39,83	115,5098
42,27	116,442
44,33	117,2398
50,02	119,4344

A tabela I.4 apresenta o Certificado de Calibração (RAT- 15/97) para o Termoresistor RTD4.

TABELA I.4 Resultado da Aferição do Termoresistor RTD4

Temperatura termômetro	Resistência do RTD
RTD Padrão (°C)	(°C)
0,03	100,0017
14,91	105,7809
18,16	107,0626
21,40	108,3023
24,89	109,6846
27,82	110,8036
30,48	111,8302
33,71	113,0743
36,86	114,2998
39,70	115,3991
42,73	116,5775
45,70	117,7120
48,82	118,9354
50,96	119,7441

I.2 Verificação da resposta eletrônica dos Registradores YOKOGAWA e FUJI .**I.2.1 Verificação da resposta eletrônica do registrador YOKOGAWA UR1800**

A resposta do registrador foi verificada utilizando como fonte de sinal de entrada um instrumento calibrador da **Keithley modelo 263** (Source/Calibrator com certificado RBC-INMETRO), fornecendo volts diretamente na entrada do registrador . A tabela I.5 apresenta os resultados obtidos.

Tabela I.5 Resposta eletrônica do registrador YOKOGAWA

Sinal Keithley 263 (Volts)	Temperatura Equivalente	
	Canal T3 (°C)	Canal T4 (°C)
0,00500	0,19	0,18
0,02500	0,97	0,96
0,05000	1,98	1,97
0,10000	3,98	3,97
0,20000	7,98	7,96
0,30000	11,98	11,96
0,40000	15,97	15,96
0,50000	19,96	19,96
1,0000	39,98	39,96
2,0000	79,98	79,94
3,0000	120,0	120,0
4,0000	159,97	159,97
5,0000	199,96	199,94

I.2.2 Resposta do registrador FUJI utilizando termoresistores nos Canais CH5 e CH6

As tabelas I.6 e I.7 apresentam os resultados obtidos para a resposta do registrador FUJI quando configurado para medir temperatura utilizando como sensor o termoresistor nos Canais Ch5 e Ch6 .

Tabela I.6 Resposta do canal CH5 de Medição de Temperatura (faixa de 0 até 100 °C)

Década de Resistência (ohms)	Temperatura equivalente Registrador (°C)
99,992	-0,2
104,987	12,5
107,988	20,2
109,991	25,4
110,987	28
112,982	33,2
113,988	35,7
114,986	38,3
116,993	43,5
118,983	48,7
128,982	74,6
137,982	98,3

Regressão Polinomial : $Y = A + B1*X + B2*X^2$

$$Y = -245,72644 + 2,35515*X + 0,0009996*X^2$$

Desvio Padrão = SD = 0,0511

Tabela I.7 Resposta do canal CH6 de Medição de Temperatura (faixa de 0 até 100 °C)

Década Resistência (ohms)	Temperatura equivalente Registrador (°C)
99,992	-0,2
104,987	12,5
107,988	20,2
109,991	25,4
110,987	28
112,982	33,2
113,988	35,8
114,986	38,4
116,993	43,6
118,983	48,8
128,982	74,8
137,982	98,6

Regressão Polinomial : $Y = A + B1*X + B2*X^2$

$$Y = -244,86848 + 2,33361*X + 0,00113*X^2$$

Desvio Padrão = SD = 0,05327

OBS : Para Ch5 e Ch6 no caso do registrador FUJI tipo PHC utilizou-se para simular o sensor uma década de resistência com as seguintes características :

Marca : Cambridge Instruments Co. U.K.

Modelo : No. L - 336867 / Constantan

O valor ohmico da década de resistência foi verificado com multímetro HP34401A (com certificado de Calibração) .

Erro do multímetro HP34401 : 0,0003 % fundo de escala

I.3 Equações de regressão para os sensores de temperatura .

As equações das linhas de regressão foram obtidas utilizando as tabelas I.1 a I.4 dos Certificados de Calibração e calculando pelo método dos mínimos quadrados através de planilhas EXCEL e verificado com o programa ORIGIN /20 e 21/ .

Equação da linha de Regressão para o Termopar do Canal T3

Equação da linha de regressão : (obtida pelo método dos mínimos quadrados) /16 e 17/

$Y = 0,688 + 24,407 * X$ (em que Y é a Temperatura em °C e X está dado em milivolts)

Exemplo conforme ITS-90 / ASTM E230 em que 1 miliVolt é equivalente a 25 °C

$Y = 25,075$ °C

Equação de Regressão Linear (através do ORIGIN 4.0)

$Y = 0,69153 + 24,40713 * X$ (Desvio Padrão = 0,28062 °C)

Exemplo : para 1 miliVolt $\Rightarrow Y = 25,09866$ °C (Desvio Padrão = 0,28062 °C)

Equação de Regressão Polinomial de 2^a. ordem (através do ORIGIN 4.0)

$Y = 0,06195 + 25,95011 * X - 0,69225 * X^2$ (Desvio Padrão = 0,05389 °C)

Exemplo : para 1 miliVolt $\Rightarrow Y = 25,3198$

Equação da Linha de Regressão para o Termopar do Canal T4

Equação da linha de regressão : (obtida pelo método dos mínimos quadrados - EXCEL)

$Y = 0,537 + 24,51 * X$ (em que Y é a Temperatura em °C e X está dado em milivoltios) .

Exemplo para ITS-90 / ASTM E230 em que 1 miliVolt é equivalente a 25 °C

$Y = 25.047$

Equação da regressão linear (através do programa ORIGIN 4.0)

$Y = 0,53671 + 24,51004 * X$ (Desvio Padrão = 0,2774 °C)

Exemplo para 1 miliVolt $\Rightarrow Y = 25,04675$ °C

Equação da regressão polinomial (através do programa ORIGIN 4.0)

$Y = - 0,09809 + 26,05378 * X - 0,68718 * X^2$ (Desvio Padrão = 0,04752 °C)

Exemplo para 1 miliVolt $\Rightarrow Y = 25,2685$ °C

Equação da linha de Regressão para o Termoresistor RTD3

Equação da linha de regressão : (obtida pelo método dos mínimos quadrados)

$$Y = -258 + 2,58 * X \text{ (em que Y é a Temperatura em } ^\circ\text{C e X está dado em Ohms)}$$

Exemplo conforme ITS-90 em que 114,00 Ohms é equivalente a 36,00 °C

$$Y = 36,09 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Equação de Regressão Linear (através do ORIGIN 4.0)

$$Y = -258,33713 + 2,58165 * X \text{ (Desvio Padrão = 0,04786 } ^\circ\text{C)}$$

Exemplo : para 114,00 Ohms $\Rightarrow Y = 36,092 \text{ } ^\circ\text{C}$

Equação de Regressão Polinomial de 2^a. ordem (através do ORIGIN 4.0)

$$Y = -252,4832 + 2,47524 * X + 0,0004824 * X^2 \text{ (Desvio Padrão = 0,04715 } ^\circ\text{C)}$$

Exemplo : para 114 Ohms $\Rightarrow Y = 36,078$

Equação da linha de Regressão para o Termoresistor RTD4

Equação da linha de regressão : (obtida pelo método dos mínimos quadrados EXCEL)

$$Y = -258 + 2,58 * X \text{ (em que Y é a Temperatura em } ^\circ\text{C e X está dado em Ohms)}$$

Exemplo conforme ITS-90 em que 114,00 Ohms é equivalente a 36,00 °C

$$Y = 36,09 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Equação de Regressão Linear (através do ORIGIN 4.0)

$$Y = -258,0236 + 2,57996 * X \text{ (Desvio Padrão = 0,0337 } ^\circ\text{C)}$$

Exemplo : para 114,00 Ohms $\Rightarrow Y = 36,092 \text{ } ^\circ\text{C}$

Equação de Regressão Polinomial de 2^a. ordem (através do ORIGIN 4.0)

$$Y = -249,88085 + 2,43248 * X + 0,00067 * X^2 \text{ (Desvio Padrão = 0,02434 } ^\circ\text{C)}$$

Exemplo : para 114 Ohms $\Rightarrow Y = 36,078$

Equação da linha de Regressão para o Registrador YOKOGAWA (Temperatura T4)

Equação da linha de regressão : (através do ORIGIN 4.0)

$Y = - 0,02025 + 39,9966 * X$ (onde Y é a Temperatura em °C e X está dado em Volts)

Exemplo : para Y = 0,50000 Volts

$$Y = 19,978 \text{ °C}$$

Equação da linha de Regressão para o Registrador FUJI (Canal Ch1 Vazão Primário)

Equação da linha de regressão : (obtida pelo método dos mínimos quadrados EXCEL)

$$Y = - 17943 + 39292 * V - 32809 * V^2 + 14627 * V^3 - 3570 * V^4 + 451,41 * V^5 - 23,113 * V^6$$

onde V é dado em Volts para obter galões por minuto (gpm)

Exemplo : para 2,735 Volts

$$Y = 2999,22 \text{ gpm}$$

Pela função de transferência do fabricante ($Vazão = 2254 * [V - 1]^{0,5}$) obtemos um valor igual a 2969 gpm .

I.4 Calibração dos componentes para Medição de Vazão .**I.4.1 Aferição do Transmissor de Pressão Diferencial**

A calibração/aferição do Transmissor Pressão Diferencial foi realizada na Divisão RAT da Diretoria R e os resultado obtidos são apresentados na tabela I.8 .

Dados do instrumento:

Aplicação : Transmissor de Pressão Diferencial utilizado no canal de Medição de Vazão do Circuito de Resfriamento Primário do reator .

Marca : SMAR

Modelo : LD 301-D3

No. Série : 31830

Faixa de Calibração 0 a 200 polegadas de H₂O

Tag IEA-R1 : Transmissor Circuito Primário

Calibrador : DRESSER ATE 100 No. Série 2591 (CNEN 26818)

Incerteza do Calibrador : 0,06%

Tabela I.8 Calibração do Transmissor de Pressão diferencial

Delta-P Aplicado pol. H₂O	sinal saída ideal (mA)	Indicador ideal %	Sinal de saída real cres.(mA)	Indicador real cresc. %
0	4,000	0	4,001	0,00
50	8,000	25	7,988	24,93
100	12,000	50	12,003	50,00
150	16,000	75	15,994	74,95
200	20,000	100	20,003	99,99

I.4.2 Equações de regressão do Transmissor de Pressão Diferencial

A equação da linha de regressão foi obtida utilizando a Tabela do Certificado de Calibração e o método dos mínimos quadrados através de planilhas EXCEL, conforme anexos . (obtida em Março/98), posteriormente foi utilizado o programa ORIGIN (em Abril/98) .

Equação da regressão linear (através do programa **ORIGIN 4.0**)

$$Y = 3,9958 + 0,08002 * X \quad (\text{Desvio Padrão} = 0,00741 \text{ mA})$$

Exemplo para **100 polegadas** de coluna de H₂O $\Rightarrow Y = 11,9978 \text{ mA}$

Exemplo para **88,5 polegadas** de coluna de H₂O $\Rightarrow Y = 11,0768 \text{ mA}$

Equação polinomial de 2^a. ordem (através do programa **ORIGIN 4.0**)

$$Y = 3,99866 + 0,07991 * X + 0,00000057 * X^2 \quad (\text{Desvio Padrão} = 0,00825 \text{ mA})$$

Exemplo para **100 polegadas** de coluna de H₂O $\Rightarrow Y = 11,99536 \text{ mA}$

Exemplo para **88,5 polegadas** de coluna de H₂O $\Rightarrow Y = 11,11534 \text{ mA}$

Note-se que no caso do exemplo para **88,5 polegadas** de coluna de H₂O na equação polinomial de 2^a ordem temos que o transmissor diferencial de pressão fornece **11,11534 miliampéres** os quais circulando através de um resistor de **250 Ohms** produzem uma queda de tensão de **2,7784 Volts** que aplicados à equação de conversão do fabricante do registrador FUJI resulta em **3006 galões / minuto (gpm)** para um valor teórico calculado de **3000 gpm** .

OBS : Equação de conversão de vazão do registrador FUJI : $Q = 2254 * (V - 1)^{0,5}$

I.4.3 Calibração do Bocal de Vazão (Flow Nozzle) .

Atualmente a retirada do Bocal de Vazão (BV) é inviável. Não sendo possível proceder a alguma verificação de bancada em laboratório. Têm-se registrado que em 1988 foi retirado para testes, concluindo-se que este estava em condições operacionais não tendo sofrido qualquer desgaste ou defeito que afetasse seu desempenho após 31 anos de uso /9/ .

I.5 Cálculo da Diferença de Pressão em função da Vazão .**Dados da tubulação :** Diâmetro : 267 mm**Dados do Bocal :** Material : aço inox tipo 304, Tipo ASME de Beta elevadoDimensões : $d = 6,752''$ $D = 10'' = 0,254 \text{ m}$ $k1 = 10''$ $k2 = 4 \frac{3}{4}''$

Beta = 0,6752

Dados do fluido : Temperatura = 30 [°C]velocidade cinemática $v = 8,05443 \text{ E-7 [m}^2/\text{s]}$ densidade $\rho = 995,70 \text{ [kg/m}^3 \text{]}$ $\delta = 0,9957$ **Conversão de unidades :** Vazão de cálculo = $Q_c = Q \text{ [gpm] } \times 63,09 \text{ E-6} = \text{[m}^3/\text{s]}$ $\Delta P = \Delta P_c \text{ [mm H}_2\text{O] } \times 0,00142233 = \text{[psi]}$ **Cálculos iniciais :** /6/a) Fator de Velocidade de Aproximação : $E = [1] / [1 - [\beta^4]^{0,5}]$, $E = 1,12355$ b) Fator de Dilatação Térmica : $F_a = 1 + [2 \cdot 0,0000173 \cdot [T - 20]]$, $F_a = 1$ c) Conversão de gpm para m^3/s (Q_c) : $Q_{ci} = Q_i \cdot 63,09 \cdot 10^{-6}$ d) Cálculo do número de Reynolds : $R_i = [4 \cdot Q_{ci}] / [\pi \cdot D \cdot v]$ e) Cálculo do Coeficiente de Vazão para $R/\beta > 10^6$ ou $Q > 1720$ $C_i = 0,9975 - 0,00653 \cdot [[10^6 \cdot [\beta/R_i]]]^{0,2}$ f) Cálculo da Diferença de Pressão (ΔP) $\Rightarrow k_i = [\rho^{0,5}] / [C_i \cdot E \cdot \beta^2 \cdot 1,11072 \cdot D_{\text{tubo}}^2 \cdot$ $F_a]$ /6 e 22/ .

$$\text{DELTA}P_{c_i} = [Q_{c_i} \cdot k_i]^2$$

 D_{tubo} em metros [m]

DeltaPc em Pascal [Pa]

 Q_c em [m^3/s]

$$\text{DELTA}CA = \text{DELTA}P_c \cdot 0,1019716$$

$$\text{DELTA}P = \text{DELTA}P_c \cdot 0,000145038$$

DeltaP em [psi] e Q em [gpm]

O resumo dos cálculos é apresentado na tabela I.9 .

Tabela I.9 Resultados do cálculo de Delta-P em função da vazão

Q_i (gpm)	Q_{c_i} (m ³ /s)	$R_i \times 10^5$	C_i	k_i	ΔCA (mm)	ΔP_{c_i} (Pa)	ΔP (psi)
2800	0,176650	10,994	0,99158	784,5870	77,12	1,9209 E4	2,786
2850	0,179806	11,190	0,99160	784,5711	79,89	1,9900 E4	2,886
2900	0,182961	11,387	0,99162	784,5537	82,717	2,0604 E4	2,988
2950	0,186115	11,583	0,99164	784,5395	85,59	2,1320 E4	3,092
3000	0,189270	11,779	0,99166	784,5237	88,516	2,2048 E4	3,197
3050	0,192424	11,976	0,99168	784,5079	91,484	2,2788 E4	3,305
3100	0,195579	12,172	0,99170	784,4920	94,5	2,3540 E4	3,414
3150	0,198733	12,368	0,99171	784,4841	97,579	2,4305 E4	3,525
3200	0,201888	12,565	0,99173	784,4683	100,7	2,5082 E4	3,637

I.6 Cálculo da Diferença de Temperatura no Núcleo para uma potência de 5 MW .

Para o cálculo do **Delta-T** através do núcleo do reator para 5 MW de potência assume-se o seguinte : /23/

1) temperatura de refrigeração do núcleo é de 35 °C (95 °F) ;

2) 3,785 litros = 1 galão;

3) a densidade da água a 35 °C é de 994,06 [kg/m³] ;

4) 1 m³ = 1000 litros; e

5) 1 MW = 860 10⁶ [cal/hr] = 2,39 10⁵ [cal/seg] .

Assim, tem-se que :

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T \text{ onde}$$

m = vazão do circuito primário de resfriamento = 3000 gpm

$$= (3000 \text{ gal/min}) \cdot (\text{min}/60 \text{ seg}) \cdot (3,785 \text{ l/gal}) \cdot (\text{m}^3/1000) \cdot (994,06 \text{ kg/m}^3) ;$$

$$= 188,13 \text{ kg/seg}$$

c_p = calor específico do líquido de resfriamento = 0,99795 kcal/kg °C

Q = potência do reator = 5 MW ;

$$= 5 \text{ MW} \cdot (2,39 \cdot 10^5 \text{ cal/seg MW}) \cdot (\text{kcal}/1000 \text{ cal})$$

$$= 1195 \text{ kcal/seg}$$

$$\Delta T = Q / (m \cdot c)$$

$$= 1195 / (188,13 \cdot 0,99795)$$

$$= 6,37 \text{ °C}$$

Como assume-se que 5 % da potência do reator é perdida como escape de gamas, betas e nêutrons para a água e para as paredes da piscina, a diferença de temperatura compreende 95 % da relação sendo :

$$\Delta T = 0,95 \cdot Q / (m \cdot c)$$

$$= (0,95 \cdot 1195) / (188,13 \cdot 0,99795)$$

assim tem-se que : $\Delta T = 6,05 \text{ °C}$

Para o regime de operação atual de 2 MW (Setembro/98) a vazão do reator é de 3000 gpm com a qual obtém-se uma diferença de temperatura (ΔT) igual a :

$$\begin{aligned} Q &= 2 \text{ MW} \\ &= 2 \text{ MW} * (2,39 \cdot 10^5 \text{ cal/seg MW}) * (\text{kcal}/1000 \text{ cal}) \\ &= 478 \text{ [kcal/seg]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= Q / (m * c) \\ &= 478 / (188,13 * 0,99795) \\ &= 2,82 \text{ }^\circ\text{C} \text{ da mesma forma que para 5 MW de potência têm-se que :} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= 0,95 \text{ } Q / (m * c) \\ &= (0,95 * 478) / (188,13 * 0,99795) \end{aligned}$$

assim para os 2 MW de potência têm-se que $\Delta T = 2,68 \text{ [}^\circ\text{C]}$

I.7 Considerações para o cálculo do Balanço Térmico .

Considerando que :

$$Q_{ps} = Q_e - Q_s \quad ,$$

Onde:

Q_{ps} =calor perdido no sistema,

Q_e =calor que entra no sistema (gerado pelo próprio reator)

Q_s =calor que sai do sistema .

Q_s que sai do sistema pode assim ser subdividido: /2 e 3/

1) Calor dissipado no Trocador de Calor,

$$P_{tc} \text{ (KW)} = 1,16 * Q_{pc} \text{ (m}^3\text{/h)* (T}_{ec} - T_{sc}) \text{ (}^\circ\text{C)} \quad \cdot$$

2) Calor dissipado no tanque de decaimento (TD)

$$P_{td} \text{ (KW)} = 1,16 * Q_{td} \text{ (m}^3\text{/h)* (T}_{ed} - T_{sd}) \text{ (}^\circ\text{C)}$$

3) Perdas por evaporação e convecção através da superfície de contacto da água da piscina e o ar . (depende da área e temperatura da piscina e temperatura e umidade no saguão)

Experiência no reator francês Melusine constatou que o valor para essa potência é aproximadamente 0,09% da potência total do reator, considerada fixa e computada no cálculo final do desvio de potência.

4) Perda de calor no circuito de retratamento.

$$P_r \text{ (KW)} = 1,16 * Q_r \text{ (m}^3\text{/h)* (T}_{er} - T_{sr}) \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Não existem condições para medições (valor de 2,5% para cálculo final de potência)

5) Perdas de calor por convecção na tubulação do circuito primário e paredes que envolvem a piscina.

5.1) Tubulação . $P_c \text{ (KW)} = Sc/D1/4 * 4,18 * 10^{-3} * (T_{tb} - T_{amb}) \text{ (}^\circ\text{C)}$

5.2) Paredes da piscina . As paredes dissipam o calor que recebem da piscina e dos tubos através de dois mecanismos:

5.2.1) Convecção do ar circundante.

5.2.2) Por radiação nas paredes que envolvem a piscina

Não existe previsão para medições, sabendo que estes valores não são superiores a 0,3% da potência total, são consideradas fixas e computadas no cálculo final do desvio da potência.

Considerando todas estas conclusões temos a expressão final para o cálculo da potência.

$P_{\text{reator}} = P_{tc} + P_{td} + \text{Perdas}$ onde P_{tc} = Potência(TC). e P_{td} = Potência TD.

Assim os valores de potência perdida estão em torno de 2,89% e são considerados fixos e computados no cálculo final de desvio da potência /2 e 3/ .

I.8 Verificação da resposta eletrônica da Placa de Aquisição de Dados AT-MIO-E16-10

A Tabela I.10 apresenta os resultados obtidos (Obs: n . a . significa não aplicável)

Tabela I.10 Resposta eletrônica da placa AT-MIO-E16-10

Keithley 263	TC3 (Ch0)	TC4 (Ch1)	VzP (Ch2)	VzS (Ch3)	N16 (Ch4)
Volts	°C	°C	gpm	gpm	%
0,2000	8,08	8,08	n . a .	n . a .	n . a .
0,4000	16,09	16,09	n . a .	n . a .	n . a .
0,5000	20,10	20,10	n . a .	n . a .	n . a .
0,6000	24,1	24,1	n . a .	n . a .	n . a .
0,8000	32,11	32,11	n . a .	n . a .	n . a .
1,0000	40,11	40,11	n . a .	n . a .	10,00
1,0200	n . a .	n . a .	341,5	341,5	n . a .
1,0500	n . a .	n . a .	515,2	527,2	n . a .
1,0700	n . a .	n . a .	614,1	614,1	n . a .
1,1000	n . a .	n . a .	725,2	725,2	n . a .
1,2500	18,06	18,06	1132,3	1132,5	n . a .
1,5000	60,03	60,03	1600	1600	15,00
1,7000	n . a .	n . a .	1888,1	1891,1	n . a .
2,0000	80,05	80,05	2256,1	2256	20,00
2,2500	90,01	90,01	2521,1	2521	n . a .
2,5000	99,97	99,97	2762,8	2762,8	25,00
3,0000	119,99	119,99	3188	3188	30,00
3,2500	n . a .	n . a .	3382,2	3382,5	n . a .
3,5000	140,01	140,01	3564	3564,6	35,00
4,0000	159,93	159,93	3903,4	3903,8	40,00
4,2500	n . a .	n . a .	4063,2	4063,4	n . a .
4,5000	179,94	179,94	4216,6	4216,6	45,00
5,0000	199,87	199,87	4508,0.	4506,6	50,00

I.9 Dados para o cálculo da Incerteza da Estimativa da Média (In) para “n” pontos experimentais nos registrador FUJI e YOKOGAWA

Tabela I.11 Resposta do registrador FUJI para o canal Ch5

Valor (ohms)	Valor (ohms)	Valor (ohms)	Valor (ohms)
107,994	112,004	115,998	118,991
Temp. Equivalente	Temp. Equivalente	Temp. Equivalente	Temp. Equivalente
20,33	30,67	41	48,77
Canal Ch5	Canal Ch5	Canal Ch5	Canal Ch5
20,2	30,6	41,3	48,8
20,2	30,6	41,4	48,8
20,2	30,7	41,3	48,8
20,2	30,6	41,4	48,7
20,2	30,7	41,7	48,7
20,2	30,7	41,4	48,7
20,2	30,6	41,5	48,7
20,2	30,6	41,3	48,7
20,2	30,6	41,3	48,7
20,2	30,6	41,4	48,7
20,2	30,6	41,5	48,7
20,2	30,6	41,5	48,7
20,2	30,6	41,4	48,7
20,2	30,6	41,6	48,7
20,2	30,6	41,4	48,7
20,2	30,6	41,4	48,7
20,2	30,7	41,4	48,7
20,2	30,6	41,5	48,7
20,2	30,7	41,4	48,7
20,2	30,6e	41,5	48,7
Média = 20,2	Média = 30,625	Média = 41,43	Média = 48,715
DesvPad = 0,0	DesvPad = 0,0444	DesvPad = 0,103	DesvPad = 0,037

Tabela I.12 Resposta do registrador FUJI para o canal Ch6

Valor (ohms)	Valor (ohms)	Valor (ohms)	Valor (ohms)
107,994	112,004	115,998	118,991
Temp. Equivalente	Temp. Equivalente	Temp. Equivalente	Temp. Equivalente
20,33	30,67	41	48,77
Canal Ch6	Canal Ch6	Canal Ch6	Canal Ch6
20,2	30,6	41,3	48,8
20,2	30,7	41,1	48,9
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
20,2	30,7	41	48,8
20,2	30,6	41	48,8
Média = 20,2	Média = 30,61	Média = 41,005	Média = 48,805
DesvPad = 0,0	DesvPad = 0,03	DesvPad = 0,0218	DesvPad = 0,0218

Tabela I.13 Resposta do registrador YOKOGAWA para o Canal T3

Valor (°C)	Valor (°C)	Valor (°C)	Valor (°C)
ALTEK 322-1	ALTEK 322-1	ALTEK 322-1	ALTEK 322-1
20,0	30,0	40,0	50,0
Canal T3	Canal T3	Canal T3	Canal T3
20,53	30,58	40,46	50,36
20,53	30,52	40,49	50,35
20,56	30,47	40,48	50,35
20,53	30,5	40,45	50,34
20,52	30,53	40,46	50,34
20,54	30,67	40,45	50,36
20,56	30,56	40,48	50,37
20,56	30,49	40,48	50,37
20,54	30,49	40,48	50,36
20,57	30,5	40,46	50,39
20,56	30,55	40,48	50,39
20,53	30,5	40,49	50,37
20,54	30,56	40,45	50,41
20,57	30,59	40,48	50,41
20,52	30,58	40,48	50,42
20,53	30,59	40,49	50,41
20,53	30,55	40,46	50,42
20,54	30,56	40,45	50,43
20,53	30,54	40,46	50,42
20,52	30,58	40,46	50,45
Média = 20,5405	Média = 30,5455	Média = 40,4695	Média = 50,386
DesvPad = 0,0167	DesvPad = 0,0474	DesvPad = 0,0147	DesvPad = 0,0332

Tabela I.14 Resposta do registrador YOKOGAWA para o Canal T4

Valor (°C)	Valor (°C)	Valor (°C)	Valor (°C)
ALTEK 322-1	ALTEK 322-1	ALTEK 322-1	ALTEK 322-1
20,0	30,0	40,0	50,0
Canal T4	Canal T4	Canal T4	Canal T4
20,38	30,62	40,31	50,52
20,40	30,64	40,30	50,45
20,41	30,48	40,31	50,51
20,41	30,49	40,31	50,53
20,44	30,49	40,30	50,49
20,41	30,52	40,31	50,48
20,42	30,52	40,30	50,54
20,46	30,54	40,32	50,51
20,44	30,54	40,31	50,47
20,46	30,54	40,30	50,54
20,45	30,55	40,30	50,48
20,44	30,56	40,33	50,45
20,47	30,58	40,32	50,48
20,47	30,6	40,31	50,52
20,45	30,59	40,31	50,48
20,47	30,6	40,28	50,49
20,48	30,61	40,32	50,45
20,47	30,61	40,31	50,43
20,51	30,61	40,30	50,40
20,48	30,64	40,32	50,41
Média = 20,446	Média = 30,5665	Média = 40,385	Média = 50,4815
DesvPad = 0,0327	DesvPad = 0,0504	DesvPad = 0,0108	DesvPad = 0,0407

Observação : Cálculo da Estimativa da Média = $t \cdot (\text{DesvPad}) / (n)^{0,5}$

onde t= t student, DesvPad = Desvio Padrão , n = número de pontos = 4

CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO**CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO PARA A JANELA BALANÇO TÉRMICO****Códigos de Meus para chamar outras janelas**

```
Private Sub mnuDigital_Click()
    frmDigital.Show
End Sub

Private Sub mnuDTPOT_Click()
    frmDLTPOT.Show
End Sub

Private Sub mnuEsquema_Click()
    frmOnLine.Show
End Sub

Private Sub mnuInfoDigital_Click()
    frmDigital.Show
End Sub

Private Sub mnuoperacao_Click()
    frmOperação.Show
End Sub

Private Sub mnuRelatório_Click()
    frmTabela48.Show
End Sub

Private Sub mnuSair_Click()
    End
End Sub

Private Sub mnuTC3TC4_Click()
    frmTC34.Show
End Sub
```

```
Private Sub mnuVariáveis_Click()
```

```
    frmDisplayVariaveis.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuVazoes_Click()
```

```
    frmVzPS.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    UpdateClock
```

```
End Sub
```

```
Public Sub UpdateClock()
```

```
    Dim Time$, Dt$
```

```
    Dim Sec, Sec1, Min
```

```
    'Efetua aquisição de Hora e Data do relógio.
```

```
    Time$ = Format(Now, "Long Time")
```

```
    Dt$ = Format(Now, " dddd dd mmmm yyyy")
```

```
    'Mostra a Hora e Data.
```

```
    lblDispTime.Caption = " "
```

```
    lblDispTime.Caption = " " + Dt$ + " " + Time$ + " Horas"
```

```
End Sub
```

CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO PARA A JANELA OPERAÇÃO

Códigos de Meus para chamar outras janelas

Códigos são iguais aos da janela Balanço Térmico

```
'Declara as variáveis que devem estar sempre
```

```
'visíveis durante a execução do programa.
```

```
Option Explicit
```

'Programa para Imprimir a Página Form Operação.

```
*****
```

```
Private Declare Function MapVirtualKey Lib "user32" Alias _
```

```
"MapVirtualKeyA" (ByVal wCode As Long, ByVal wMapType As Long) As Long
```

```
Private Declare Sub keybd_event Lib "user32" (ByVal bVk As Byte, _  
ByVal bScan As Byte, ByVal dwFlags As Long, ByVal dwExtraInfo As Long)
```

```
Private Const VK_MENU = &H12
```

```
Private Const VK_SNAPSHOT = &H2C
```

```
Private Const KEYEVENTF_KEYUP = &H2
```

```
Private Drawing As Boolean
```

```
Private Sub mnuPrint_Click()
```

```
Dim xmin As Single
```

```
Dim ymin As Single
```

```
Dim wid As Single
```

```
Dim hgt As Single
```

```
Dim aspect As Single
```

```
MousePointer = vbHourglass
```

```
DoEvents
```

```
' Copia a imagem do Form Operação no ClipBoard.
```

```
' *****
```

```
' Press Alt.
```

```
keybd_event VK_MENU, 0, 0, 0
```

```
DoEvents
```

```
' Press Print Scrn.
```

```
keybd_event VK_SNAPSHOT, 1, 0, 0
```

```
DoEvents
```

```
' Release Alt.
```

```
keybd_event VK_MENU, 0, KEYEVENTF_KEYUP, 0
```

```
DoEvents
```

' Copy the image into the hidden PictureBox.

```
HiddenPict.Picture = Clipboard.GetData(vbCFBitmap)
```

' Print the image.

```
Printer.Orientation = vbPRORLandscape
```

If NormalOption.Value Then

' Centraliza a imagem.

```
wid = Printer.ScaleX(HiddenPict.ScaleWidth, ScaleMode, Printer.ScaleMode)
```

```
hgt = Printer.ScaleY(HiddenPict.ScaleHeight, ScaleMode, Printer.ScaleMode)
```

```
xmin = (Printer.ScaleWidth - wid) / 2
```

```
ymin = (Printer.ScaleHeight - hgt) / 2
```

Else

' Faz o tamanho da imagem o maior possível sem distorção.

```
aspect = HiddenPict.ScaleHeight / _
```

```
HiddenPict.ScaleWidth
```

```
wid = Printer.ScaleWidth
```

```
hgt = Printer.ScaleHeight
```

If hgt / wid > aspect Then

```
hgt = aspect * wid
```

```
xmin = Printer.ScaleLeft
```

```
ymin = (Printer.ScaleHeight - hgt) / 2
```

Else

```
wid = hgt / aspect
```

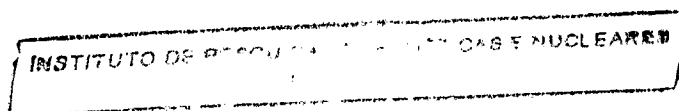
```
xmin = (Printer.ScaleWidth - wid) / 2
```

```
ymin = Printer.ScaleTop
```

End If

End If

```
Printer.PaintPicture HiddenPict.Picture, _
```



```
xmin, ymin, wid, hgt
```

```
Printer.EndDoc
```

```
MousePointer = vbDefault
```

```
End Sub
```

'Opção para imprimir o Form Operação do tamanho da folha A4.

```
*****
```

```
'Private Sub Form_Resize()
```

```
'Dim wid As Single
```

```
' wid = ScaleWidth - 2 * Label1.Left
```

```
' If wid < 120 Then wid = 120
```

```
'Label1.Width = wid
```

```
'End Sub
```

'Programa para a Página Form Operação.

```
*****
```

```
Private Sub CmdSair_Click()
```

```
    FrmBalançoTérmico.show
```

```
End Sub
```

'Programa para Imprimir os Dados do Form Operação.

```
*****
```

```
Private Sub CmdPrint1_Click()
```

```
    Beep
```

```
    Printer.Print "Hora =" + Trim$(TxtTime.Text)
```

```
    Printer.Print "Data =" + Trim$(TxtDate.Text)
```

```
    Printer.Print "Configuração Número=" + Trim$(TxtConfigur.Text)
```

```
    Printer.Print "Startup Number =" + Trim$(Txtstartupno.Text)
```

```
    Printer.Print "Turno Número=" + Trim$(TxtTurnoNo.Text)
```

```
    Printer.Print "Supervisor =" + Trim$(Ttxtsupervisor.Text)
```

```
    Printer.Print "Operador 1 =" + Trim$(Txtooper1.Text)
```

```
Printer.Print "Operador 2 =" + Trim$(Txtoper2.Text)
```

```
Printer.Print "Tipo e propósito da Operação =" + Trim$(TtxttipoOper.Text)
```

```
Printer.Print "Comentários =" + Trim$(Txtcomments.Text)
```

'Opção para imprimir somente o conteúdo da moldura.

```
*****
```

```
Private Sub cmdprint1_Click()
```

```
    'frmOperação.PrintForm
```

```
    Printer.EndDoc
```

```
End Sub
```

'Códigos para acessar outras janelas através de menus.

```
*****
```

Códigos iguais aos da janela Balanço Térmico

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    mnuOperação.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuSair_Click()
```

```
    frmBalançoTérmico.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    UpdateClock
```

```
End Sub
```

```
Public Sub UpdateClock()
```

```
    Dim Time$, Dt$
```

```
    Dim Sec, Sec1, Min
```

```
    Time$ = Format(Now, "Long Time")
```

```
    Dt$ = Format(Now, " dddd dd mmmm yyyy")
```

```
    lbldispTime.Caption = " "
```

```
    lbldispTime.Caption = Time$ + " " + Dt$
```

End Sub

'CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO PARA A JANELA "ESQUEMA ON-LINE"

'Todas as variáveis devem ser declaradas.

Option Explicit

'Códigos para Imprimir a Página do Form Esquema ON-Line.

códigos iguais aos da janela Operação

'Programa para o Form Esquema ON-Line.

Public Sub UpdateClock()

Dim Time\$, Dt\$

Dim Sec, Sec1, Min

Dim TC4, TC3, Potencia, PotTerm, DeltaT, Vazão, VzP

Dim I As Integer

Time\$ = Format(Now, "Long Time")

Dt\$ = Format(Now, " dddd dd mmmm yyyy")

lblDispTime.Caption = " "

lblDispTime.Caption = Time\$ + " " + Dt\$

'Aquisição de Dados através dos canais analógicos da DAQ Card da N.I.

TC3 = Adc(0) 'Canal "0" da placa DAQ .

TC3 = -0.02025 + TC3 * 39.9966 'Algoritmo para conversão de Temperatura.

TC3 = 32 + 0.1 * Rnd 'Valor para simulação

TC3 = Format(TC3, "####.##")

txtTC3.Text = Str(TC3) + " °C"

txtTC3.Refresh

```
'TC4= Adc(1) 'Canal "1" da placa DAQ .
'TC4 = -0.02025 + TC4 * 39.9966 'Algoritmo para conversão de Temperatura.
TC4 = 38 + 0.1 * Rnd 'Simulação com valor randômico
TC4 = Format(TC4, "####.##")
txtTC4.Text = Str(TC4) + " °C"
txtTC4.Refresh
```

'Cálculo de Delta T .

```
DeltaT = TC4 - TC3
DeltaT = Format(DeltaT, "####.##")
txtDeltaT.Text = Str(DeltaT) + " Celsius"
txtDeltaT.Refresh
```

'Vazão do Primário

```
'VzP = Adc(2) 'Canal "2" da placa DAQ .
VzP = 3000 + 0.02 * Rnd 'Valor para simulação da Aquisição .
'VzP = 2254 * Sqr(VzP - 1) 'Algoritmo para conversão de Vazão em [gpm].
```

' ALERTA PARA VAZÃO DO PRIMÁRIO IRREGULAR

```
If VzP < 2690 Then
VzP = 6000
lblPFora.Caption = "VzP - Falha"
lblPFora.Visible = True
End If
VzP = Format(VzP, "####.##")
txtVzP.Text = Str(VzP) + " gpm"
txtVzP.Refresh
```

'Cálculo da Potência com " m=188.13 Kg/s e Cp=0.99795 Kcal/Kg*C para vazão de 3000 gpm " .

```
Potencia = (DeltaT) * 188.13 * 0.99795
PotTerm = ((Potencia) / 239) * 1.05
Potencia = Format(Potencia, "####.##")
txtPotencia.Text = Str(Potencia) + " Kcal/seg"
```

```
PotTerm = Format(PotTerm, "####.##")
txtPotTerm.Text = Str(PotTerm) + " MW"
```

'Alarme de Temperatura Alta no fluido na saída do núcleo.

```
*****
```

```
If TC4 >= 45 Then
For I = 1 To 10
lblT48.Visible = True
lblT48.Caption = "Alerta ! T4 > 45 °C"
Beep
Next I
End If
```

'Programa de Menu para acessar as outras páginas.

```
*****
```

Códigos iguais aos da janela Operação

```
Private Sub Form_Load()
    mnuOnLine.Enabled = False
End Sub
Private Sub mnuOperação_Click()
    frmOperação.Show
End Sub
Private Sub mnuSair_Click()
    frmBalançoTérmico.Show
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
    UpdateClock
End Sub
```

'Instruções para a placa DAQ AT-MIO-16E da N.I.

```
*****
```

```
Public Function Adc(ByVal iChan%)
    Dim iStatus As Integer
    Dim iRetVal As Integer
```

```

Dim iDevice As Integer
Dim iGain As Integer
Dim dVoltage As Double
Dim iIgnoreWarning As Integer
'
iDevice% = 1
iGain% = 1
'
iStatus% = AI_VRead(iDevice%, iChan%, iGain%, dVoltage#)
iRetVal% = NIDAQErrorHandler(iStatus%, "AI_VRead", iIgnoreWarning%)
'
If (iStatus% = 0) Then
    Adc = dVoltage
    'Call PrintText(Txtlogn, CStr(CInt(dVoltage# * 1000) * 0.001))
End If
'
End Function

```

'Subrutina para imprimir só os dados da página.

```

Public Sub PrintText(txtBox As TextBox, StrTxt As String)
'
    txtBox.Text = Right$(txtBox.Text + StrTxt$, LEN_PRINTTEXT)
    txtBox.SelStart = Len(CStr(txtBox.Text))
    txtBox.Refresh
'
End Sub

```

'CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO PARA A JANELA "VARIÁVEIS DO PROCESSO"

'Todas as variáveis devem ser definidas.

Option Explicit

Option Base 0

Const LEN_PRINTTEXT = 4096

'Programa para Imprimir a Página Form Variáveis

Códigos iguais aos da janela Operação

Public Sub UpdateClock()

'Define as variáveis envolvidas.

Dim my_gauge As New VGauge

Dim my_gauge2 As New VGauge

Dim my_gauge3 As New VGauge

Dim my_gauge4 As New VGauge

Dim my_gauge5 As New VGauge

Dim my_gauge6 As New VGauge

Dim RTD4, RTD3, GN16, sldVz

Dim DeltaT As Single

Dim Potencia As Single

Dim PotTerm As Single

Dim PotCorrg As Single

Dim DeltaTs, VzP, TC3, TC4, VzS, VzPr, VzSe, ChN16, N16 As Integer

Double

Dim Time\$, Dt\$

Dim Sec, Sec1, Min

'Efetua aquisição de Hora e Data do relógio.

Time\$ = Format(Now, "Long Time")

Dt\$ = Format(Now, " dddd, dd mmmm yyyy")

'Mostra a Hora e Data.

lblDispTime.Caption = " "

lblDispTime.Caption = " " + Dt\$ + " " + "Horário " + Time\$

Dim I As Integer

'Aquisição de Dados através da DAQ Card da N.I.

TC3 = Adc(0) 'Canal "0" da placa DAQ .

TC3 = 32 + 0.1 * Rnd 'Valor para simulação da Aquisição .

'TC3 = -0.02025 + TC3 * 39.9966 'Algoritmo para conversão de Temperatura.

TC3 = Format(TC3, "####.##")

sldTC3.Value = TC3

txtTC3.Text = Str(TC3) + " °C"

txtTC3.Refresh

my_gauge6.Max = 60

my_gauge6.Min = 0

my_gauge6.Setup Picture6

my_gauge6.Paint sldTC3, Picture6

sldTC3.Value = 60 - TC3

sldTC3.Refresh

' TC4 = Adc(1) 'Canal "1" da placa DAQ .

TC4 = 38.05 + 0.1 * Rnd 'Valor para simulação da Aquisição .

'TC4 = -0.02025 + TC4 * 39.9966 'Algoritmo para conversão de Temperatura.

If TC4 > 45 Then

lblT48.Caption = "Alerta ! T4 > 45 °C"

lblT48.Visible = True

End If

TC4 = Format(TC4, "####.##")

sldTC4.Value = TC4

txtTC4.Text = Str(TC4) + " °C"

txtTC4.Refresh

my_gauge5.Max = 60

my_gauge5.Min = 0

my_gauge5.Setup Picture5

my_gauge5.Paint sldTC4, Picture5

sldTC4.Value = 60 - TC4

sldTC4.Refresh

'Cálculo de Delta T .

DeltaT = TC4 - TC3

```
DeltaT = Format(DeltaT, "####.##")
sldDeltaTs.Value = DeltaT * 10
txtDeltaT.Text = Str(DeltaT) + " °C"
txtDeltaT.Refresh
my_gauge4.Max = 80
my_gauge4.Min = 0
my_gauge4.Setup Picture4
my_gauge4.Paint sldDeltaTs, Picture4
DeltaTs = DeltaT * 10
sldDeltaTs.Value = 80 - DeltaTs
sldDeltaTs.Refresh
```

Vazão Primário

```
'VzP = Adc(2) 'Canal "2" da placa DAQ .
VzP = 3000 + 0.02 * Rnd 'Valor para simulação da Aquisição .
'VzP = 2254 * Sqr(VzP - 1) 'Algoritmo para conversão de Vazão em [gpm].
```

```
If VzP < 2690 Then
VzP = 6000
lblPFora.Caption = "VzP-Falha"
lblPFora.Visible = True
End If
VzP = Format(VzP, "####.#")
sldVzPr.Value = VzP / 100
txtVzP.Text = Str(VzP) + " gpm"
txtVzP.Refresh
VzPr = VzP / 100
my_gauge3.Max = 40
my_gauge3.Min = 0
my_gauge3.Setup Picture3
my_gauge3.Paint sldVzPr, Picture3
sldVzPr.Value = 40 - VzPr
sldVzPr.Refresh
```

‘Vazão Secundário

$VzS = \text{Adc}(3)$ 'Canal "3" da placa DAQ .

$VzS = 1800 + 0.015 * \text{Rnd}$ 'Valor para simulação da Aquisição .

$VzS = 2254 * \text{Sqr}(VzS - 1)$ 'Algoritmo para conversão de Vazão em [gpm].

If $VzS < 1300$ Then

$VzS = 6000$

lblSFora.Caption = "VzS-Falha"

lblSFora.Visible = True

End If

$VzS = \text{Format}(VzS, "#####.#")$

sldVzSe.Value = $VzS / 100$

TxtVzS.Text = Str(VzS) + " gpm"

TxtVzS.Refresh

$VzSe = VzS / 100$

my_gauge2.Max = 40

my_gauge2.Min = 0

my_gauge2.Setup Picture2

my_gauge2.Paint sldVzSe, Picture2

sldVzSe.Value = $40 - VzSe$

sldVzSe.Refresh

‘ Atividade N-16

$ChN16 = \text{Adc}(4)$ 'Canal "4" da placa DAQ .

$ChN16 = 5.43$ 'Valor para simulação da Aquisição .

$ChN16 = \text{CInt}(ChN16 * 100) * 0.1$ 'Algoritmo para conversão de Vazão em [gpm].

$ChN16 = \text{Format}(ChN16, "#####.###")$

sldN16.Value = $ChN16$

my_gauge.Max = 60

my_gauge.Min = 0

my_gauge.Setup Picture1

my_gauge.Paint sldN16, Picture1

txtN16.Text = Str($ChN16$) + " %"

txtN16.Refresh

$ChN16 = ChN16 * 1$

sldN16.Value = 60 - ChN16

sldN16.Refresh

'Cálculo da Potência com " m=188.13 Kg/s e Cp=0.99795 Kcal/Kg*C para vazão de 3000 gpm " .

Potencia = (DeltaT) * 188.13 * 0.99795

PotTerm = (Potencia) / 239

Potencia = Format(Potencia, "####.##")

txtPotencia.Text = Str(Potencia) + " Kcal/seg"

PotTerm = Format(PotTerm, "####.##")

txtPotTerm.Text = Str(PotTerm) + " MW"

PotCorrg = (PotTerm) * 1.05

PotCorrg = Format(PotCorrg, "####.##")

txtPotCorrg.Text = Str(PotCorrg) + " MW"

If RTD4 >= 45 Then

For I = 1 To 10

Beep

Next I

End If

'Relatório a cada 10 minutos.

Sec1 = Val(Mid\$(Time\$, 7, 2))

Min = Val(Mid\$(Time\$, 4, 2))

If ((Min - Int(Min / 10#) * 10#) = 0 And Sec1 = 0) Then

Printer.Print Time\$, "TC3="; TC3; " C"; " "; "TC4="; TC4; " C"; " "; "Delta-T=";
DeltaT; " C"

Printer.Print Time\$, "Vazão-P="; VzP; "gpm"; " "; "Vazão-S="; VzS; "gpm"; " "; "N-
16="; ChN16; "%"

End If

End Sub

Private Sub mnuSair_Click()

frmBalançoTérmico.Show

End Sub

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    UpdateClock
```

```
End Sub
```

'Instruções para a placa DAQ AT-MIO-16E da N.I.

```
*****
```

Códigos iguais aos da janela "Esquema On-Line"

'CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO PARA A JANELA "INFO DIGITAL"

'Todas as variáveis devem ser definidas.

```
Option Explicit
```

```
'Option Base 0
```

```
Const LEN_PRINTTEXT = 4096
```

'Programa para Imprimir a Página Form Info Digital

```
Public Sub UpdateClock()
```

'Define as variáveis envolvidas.

```
Dim RTD4, RTD3, DeltaT
```

```
Dim Potencia As Single
```

```
Dim PotTerm As Single
```

```
Dim PotCorrg As Single
```

```
Dim DeltaTs, VzP, TC3, TC4, VzS, VzPr
```

```
Dim VzSe, ChN16, N16 As Integer 'Double
```

```
Dim Time$, Dt$
```

```
Dim Sec, Sec1, Min
```

'Efetua aquisição de Hora e Data do relógio.

```
Time$ = Format(Now, "Long Time")
```

```
Dt$ = Format(Now, " dddd, dd mmmm yyyy")
```

'Mostra a Hora e Data.

```
lblDispTime.Caption = " "
```

```
lblDispTime.Caption = " " + Dt$ + " " + "Horário " + Time$
```

Dim I As Integer

'Aquisição de Dados através da DAQ Card da N.I.

'TC3 = Adc(0) 'Canal "0" da placa DAQ .

'TC3 = 0.815 'Valor para simulação da Aquisição .

'TC3 = -0.02025 + TC3 * 39.9966 'Algoritmo para conversão de Temperatura.

TC3 = 32 + 0.01 * Rnd

TC3 = Format(TC3, "####.##")

txtTC3.Text = Str(TC3) + " °C"

txtTC3.Refresh

'sldTC3.Value = 60 - TC3

'sldTC3.Refresh

'TC4 = Adc(1) 'Canal "1" da placa DAQ .

'RTD4 = 0.97 'Valor para simulação da Aquisição .

'TC4 = -0.02025 + RTD4 * 39.9966 'Algoritmo para conversão de Temperatura.

TC4 = 38.05 + 0.1 * Rnd

If TC4 > 45 Then

lblT48.Caption = "Alerta ! T4 > 45 °C"

lblT48.Visible = True

End If

TC4 = Format(TC4, "####.##")

txtTC4.Text = Str(TC4) + " °C"

txtTC4.Refresh

'Cálculo de Delta T .

DeltaT = TC4 - TC3

DeltaT = Format(DeltaT, "####.##")

txtDeltaT.Text = Str(DeltaT) + " °C"

txtDeltaT.Refresh

'Vazão do Primário

'VzP = Adc(2) 'Canal "4" da placa DAQ .

VzP = 3000 + 0.02 * Rnd 'Valor para simulação da Aquisição .

'VzP = 2254 * Sqr(VzP - 1) 'Algoritmo para conversão de Vazão em [gpm].

If VzP < 2690 Then

VzP = 6000

lblPFora.Caption = "VzP - Falha"

lblPFora.Visible = True

End If

VzP = Format(VzP, "#####.##")

txtVzP.Text = Str(VzP) + " gpm"

txtVzP.Refresh

VzPr = VzP / 100

'Vazão do Secundário

'VzS = Adc(5) 'Canal "7" da placa DAQ .

VzS = 1800 + 0.02 * Rnd 'Valor para simulação da Aquisição .

'VzS = 2254 * Sqr(VzS - 1) 'Algoritmo para conversão de Vazão em [gpm].

If VzS < 1300 Then

VzS = 6000

lblSFora.Caption = "VzS - Falha"

lblSFora.Visible = True

End If

VzS = Format(VzS, "#####.##")

txtVzS.Text = Str(VzS) + " gpm"

txtVzS.Refresh

VzSe = VzS / 100

'Atividade do N-16

'ChN16 = Adc(3) 'Canal "11" da placa DAQ .

ChN16 = 5.43 'Valor para simulação da Aquisição .

ChN16 = CInt(ChN16 * 100) * 0.1 'Algoritmo para conversão de Vazão em [gpm].

ChN16 = Format(ChN16, "#####.##")

txtN16.Text = Str(ChN16) + " %"

txtN16.Refresh

ChN16 = ChN16 * 1

'Cálculo da Potência com " m=188.13 Kg/s e Cp=0.99795 Kcal/Kg*C para vazão de 3000 gpm " .

Potencia = (DeltaT) * 188.13 * 0.99795

PotTerm = (Potencia) / 239

Potencia = Format(Potencia, "####.##")

txtPotencia.Text = Str(Potencia) + " Kcal/seg"

PotTerm = Format(PotTerm, "####.##")

txtPotTerm.Text = Str(PotTerm) + " MW"

PotCorrg = (PotTerm) * 1.05

PotCorrg = Format(PotCorrg, "####.##")

txtPotCorrg.Text = Str(PotCorrg) + " MW"

'Alarme de Temperatura Alta no fluido na saída do núcleo.

If RTD4 >= 45 Then

For I = 1 To 10

Beep

Next I

End If

'Relatório a cada 10 minutos.

Sec1 = Val(Mid\$(Time\$, 7, 2))

Min = Val(Mid\$(Time\$, 4, 2))

If ((Min - Int(Min / 10#) * 10#) = 0 And Sec1 = 0) Then

Printer.Print

Printer.Print

Printer.FontSize = 8

Printer.Print Tab(5); "Horas"; Tab(20); "TC3"; Tab(30); "TC4"; Tab(40); "Delta-T";
Tab(50); "Vazão-P"; Tab(60); "Vazão-S"; Tab(70); "N-16"

Printer.Print

Printer.Print Tab(5); Time\$, Tab(20); TC3; Tab(30); TC4; Tab(40); DeltaT; Tab(50);
VzP; Tab(60); VzS; Tab(70); ChN16

End If

End Sub

Private Sub mnuSair_Click()

frmBalançoTérmico.Show

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

UpdateClock

End Sub

'Instruções para a placa DAQ AT-MIO-16E da N.I.

Códigos iguais aos da janela "Variáveis do Processo"

'CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO PARA A JANELA "RELATÓRIO"

'Define as variáveis envolvidas.

Public Sub UpdateClock()

'Dim RTD4, RTD3

Dim DATA As Variant ' PARA O DIA DO REGISTRO

'DIM Potencia

'Public PotTerm

'Public Time\$, Dt\$

'Public TC3, TC4, DeltaT, VzP, VzS, N16, tabela48

'Public Sec, Sec1, Min

'Efetua aquisição de Hora e Data do relógio.

Ttime = Format(Now, "Long Time")

'Time\$ = Format(Now, "Long Time")

Dt\$ = Format(Now, " dddd, dd mmmm yyyy")

'Mostra a Hora e Data.

lblDispTime.Caption = " "

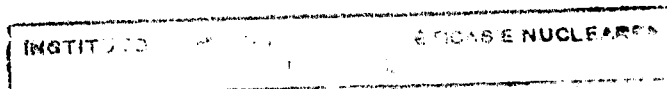
lblDispTime.Caption = " " + Dt\$ + " " + "Horário " + Time\$

Dim I, p As Integer

'Aquisição de Dados através da DAQ Card da N.I.

'Canal "0" da placa DAQ .

'TC3 = Adc(0)



'Função de transferencia para conversão de Temperatura.

$TC3 = -0.02025 + TC3 * 39.9966$

'Valor randômico de TC3 para simulação

$TC3 = 32 + 0.15 * Rnd$

$TC3 = Format(TC3, "####.##")$

$txtTC3.Text = Str(TC3) + " °C"$

$txtTC3.Refresh$

'Canal "1" da placa DAQ .

$TC4 = Adc(1)$

' Função de transferencia para conversão de temperatura

$TC4 = -0.02025 + TC4 * 39.9966$

'Valor randômico de TC4 para simulação

$TC4 = 38.05 + 0.15 * Rnd$

$TC4 = Format(TC4, "####.##")$

$txtTC4.Text = Str(TC4) + " °C"$

$txtTC4.Refresh$

'Cálculo de Delta T .

$DeltaT = TC4 - TC3$

$DeltaT = Format(DeltaT, "####.##")$

$txtDeltaT.Text = Str(DeltaT) + " °C"$

$txtDeltaT.Refresh$

'Canal "2" da placa DAQ .

$VzP = Adc(2)$

'Função de transferencia para conversão de vazão em [gpm].

$VzP = 2254 * Sqr(VzP - 1)$

'Valor randomico de VzP para simulação

$VzP = 3000 + 1.05 * Rnd$

$VzP = Format(VzP, "####")$

$txtVzP.Text = Str(VzP) + " [gpm]"$

$txtVzP.Refresh$

'Canal "3" da placa DAQ .

$VzS = Adc(3)$

'Função de transferencia para conversão de vazão em [gpm].

VzS = 2254 * Sqr(VzS - 1)

'Valor randomico de VzP para simulação

VzS = 1800 + 1.05 * Rnd

VzS = Format(VzS, "####")

txtVzS.Text = Str(VzS) + " [gpm]"

txtVzS.Refresh

'Canal "11" da placa DAQ .

ChN16 = Adc(11)

'Valor para simulação da Aquisição

ChN16 = 5.24

ChN16 = CInt(ChN16 * 100) * 0.1

ChN16 = Format(ChN16, "####.##")

ChN16 = ChN16 * 1

txtN16.Text = Str(ChN16) + " [%]"

txtN16.Refresh

'Cálculo da Potência com " m=188.13 Kg/s e Cp=0.99795 Kcal/Kg*C para vazão de 3000 gpm " .

Potencia = (DeltaT) * 188.13 * 0.99795

PotTerm = ((Potencia) / 239) * 1.05

Potencia = Format(Potencia, "####.##")

PotTerm = Format(PotTerm, "####.##")

txtPotTerm.Text = Str(PotTerm) + " [MW]"

'Alarme de Temperatura Alta no fluido na saída do núcleo.

If RTD4 >= 45 Then

For p = 1 To 10

Beep

Next p

End If

'Relatório a cada 10 minutos.

Sec1 = Val(Mid\$(Time\$, 7, 2))

```
Min = Val(Mid$(Time$, 4, 2))
```

'PEGA A DATA

```
DATA = Date
```

```
'Setado para a cada 10 minuto
```

```
If ((Min - Int(Min / 10#) * 10#) = 0 And Sec1 = 0) Then
```

```
frmTabela48.Print
```

```
frmTabela48.Print ; Tab(25); Time$, Tab(50); TC3; Tab(60); TC4; Tab(70);
```

```
DeltaT; Tab(80); VzP; Tab(90); VzS; Tab(100); ChN16; Tab(110); PotTerm
```

'Montagem da Tabela conforme o Módulo Tabela 48.bas

```
TB_48.Edit
```

```
TB_48.AddNew
```

```
TB_48("HORA") = Time$
```

```
TB_48("TC3") = TC3
```

```
TB_48("TC4") = TC4
```

```
TB_48("DELTAT") = DeltaT
```

```
TB_48("VZP") = VzP
```

```
TB_48("VZS") = VzS
```

```
TB_48("N16") = N16
```

```
TB_48("PotTerm") = PotTerm
```

```
TB_48("DATA") = DATA
```

```
TB_48.Update 'GRAVA REGISTRO CORRENTE NA TABELA
```

'Abre registro no DataLogger como arquivo Texto

```
Open App.Path & "\log.txt" For Append As #1 Write #1, Date & "-" & Time;
" " & TC3 & "[°C]" & " " & TC4 & "[°C]" & " " & DeltaT & "[°C]" & " " & VzP &
"[gpm]" & " " & VzS & "[gpm]" & " " & ChN16 & "[%]" & " " & PotTerm &
"[Wats]" 'Escreve um LOG-Book
```

```
Close #1
```

```
End If
```

```
End Sub
```

'Códigos para acessar outras janelas através dos menus

```
Private Sub cmdSair_Click()
```

```
FrmBalanço Térmico.show
```

End Sub

Private Sub mnucons_Click()

frm_cons.Show

End Sub

‘Códigos de acesso dos menus restantes são iguais aos da janela “Esquema”

Private Sub Timer1_Timer()

UpdateClock

End Sub

‘Instruções para a placa DAQ AT-MIO-16E da N.I.

‘Idênticas às da janela “Esquema

CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO PARA A JANELA “Banco de Dados”

Private Sub Command1_Click()

If Text1 = "" Then

Text1 = Date - 20

End If

If Text2 = "" Then

Text2 = Date + 20

End If

”Realiza pesquisa de dados na Tabela48 Access e mostra resultados conforme DATA

If IsDate(Text1) = False Or IsDate(Text2) = False Then

MsgBox "Entre Com Uma Data Válida", 48

Exit Sub

End If

”Seleciona a Data para pesquisa em Tabela48 em Access

Text11 = Format(Text1, "MM/DD/YYYY")

Text22 = Format(Text2, "MM/DD/YYYY")

vl_SQL\$ = "SELECT * FROM TABELA48 WHERE DATA Between #" & Text11
& "# And #" & Text22 & "#" vl_SQL\$ = vl_SQL\$ & " order by DATA,HORA "

'Mostra a Tabela48 em Access

Set TB_TEMP = Banco.CreateSnapshot(vl_SQL\$)

'Cabeçario do GRID da Tabela48

Grid1.ColWidth(0) = TextWidth("dATAxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx")

Grid1.ColWidth(1) = TextWidth("HORAxxxxxxxx")

Grid1.ColWidth(2) = TextWidth("TC3xxxxXXxx")

Grid1.ColWidth(3) = TextWidth("TC4xxxXxxxx")

Grid1.ColWidth(4) = TextWidth("DELTATxxxxxx")

Grid1.ColWidth(5) = TextWidth("VZSXXXXxxxxxx")

Grid1.ColWidth(6) = TextWidth("VZPXXXXxxxxxx")

Grid1.ColWidth(7) = TextWidth("N16XXXXxxxxxx")

Grid1.ColWidth(8) = TextWidth("POTTERMxxxxxx")

If TB_TEMP.RecordCount = 0 Then

MsgBox "Não Foi Encontrado Registro", 48

Exit Sub

End If

'Move para ver quanto registro voltou

totlinha = TB_TEMP.RecordCount 'resultado 'temp.RecordCount

Grid1.Rows = totlinha + 1

Grid1.Row = 0

Grid1.Col = 0

Grid1.Text = "Data "

Grid1.Col = 1

Grid1.Text = "Hora"

Grid1.Col = 2

Grid1.Text = "TC3"

Grid1.Col = 3

Grid1.Text = "TC4"

Grid1.Col = 4

Grid1.Text = "DELTAT"

Grid1.Col = 5

Grid1.Text = "VZP"

Grid1.Col = 6

```
Grid1.Text = "VzS"  
Grid1.Col = 7  
Grid1.Text = "N16"  
Grid1.Col = 7  
Grid1.Text = "POTTERM"
```

'Montagem do corpo do Grid

```
While Not TB_TEMP.EOF
```

```
  'VAI MONTANDO A LISTA  
  EHORA = TB_TEMP("HORA")  
  ETC3 = TB_TEMP("TC3")  
  ETC4 = TB_TEMP("TC4")  
  EDeltaT = TB_TEMP("DELTAT")  
  EVzP = TB_TEMP("VZP")  
  EVzS = TB_TEMP("VZS")  
  EN16 = TB_TEMP("N16")  
  EPotTerm = TB_TEMP("PotTerm")  
  EDATA = TB_TEMP("DATA")
```

```
Grid1.Row = (Grid1.Row + 1)  
Grid1.Col = 0  
Grid1.Text = Format(EDATA, "DD/MM/YYYY") ' Format$(i, "00")  
Grid1.Col = 1  
Grid1.Text = Format(EHORA, "HH:MM:SS")  
Grid1.Col = 2  
Grid1.Text = ETC3  
Grid1.Col = 3  
Grid1.Text = ETC4  
Grid1.Col = 4  
Grid1.Text = EDeltaT  
Grid1.Col = 5  
Grid1.Text = EVzP  
Grid1.Col = 6
```

```

Grid1.Text = EVzS
"Grid1.Col = 7
'Grid1.Text = EN16 & "N16"
Grid1.Col = 7
Grid1.Text = EPotTerm
TB_TEMP.MoveNext 'MOVE PARA PROXIMO
Wend
End Sub
    
```

CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO PARA A JANELA “Gráfico do DeltaT e Potência”

Option Explicit

Option Base 0

Const LEN_PRINTTEXT = 4096

'Programa para Imprimir a Página Form “Gráfico do DeltaT e Potência”

'Códigos iguais aos da janela “Esquema OnLine”

Dim dbGrafico As Database

Dim rsGrafico As Recordset

'Códigos para a geração do Gráfico

Private Sub cmdGerar_Click()

Screen.MousePointer = 11

Dim DataPoints As Integer

Dim intCont As Integer

Dim strData As String

Dim intBook As Integer

Dim intGraf As Integer

DataPoints = 0

strData = cmbData.Text

rsGrafico.MoveFirst

Do While rsGrafico.EOF = False

 If rsGrafico!Data = strData Then

 DataPoints = DataPoints + 1

```
End If
```

```
rsGrafico.MoveNext
```

```
Loop
```

```
rsGrafico.MoveFirst
```

```
rsGrafico.FindFirst "Data = #" & Format(CDate(strData), "mm/dd/yy") & "#"
```

```
intBook = rsGrafico.AbsolutePosition
```

```
ReDim MyData(4, DataPoints) As Variant
```

```
intGraf = 0
```

```
rsGrafico.MoveFirst
```

```
For intCont = 0 To rsGrafico.RecordCount
```

```
  If rsGrafico.EOF = True Then
```

```
    Exit For
```

```
  End If
```

```
  If rsGrafico!Data = CDate(strData) Then
```

```
    If intBook = rsGrafico.AbsolutePosition Then
```

```
      MyData(0, intGraf) = rsGrafico!Data
```

```
    Else
```

```
      MyData(0, intGraf) = ""
```

```
    End If
```

```
    'MyData(1, intGraf) = rsGrafico!tc3
```

```
    'MyData(2, intGraf) = rsGrafico!tc4
```

```
    MyData(3, intGraf) = rsGrafico!DeltaT
```

```
    MyData(4, intGraf) = rsGrafico!PotTerm
```

```
    intGraf = intGraf + 1
```

```
  End If
```

```
  rsGrafico.MoveNext
```

```
Next intCont
```

‘Utilização da OCX GRAPHLITE

```
GraphLite1.BackColor = &HFFFFFF 'white
```

```
GraphLite1.RegisterData MyData()
```

```
'GraphLite1.SetSeriesOptions 0, vbBlue, "TC3"
```

```
'GraphLite1.SetSeriesOptions 1, vbRed, "TC4"
```

```
GraphLite1.SetSeriesOptions 2, vbGreen, "Delta T [°C]"
```

```
GraphLite1.SetSeriesOptions 3, vbMagenta, "Potência Térmica [MW]"
```

```
GraphLite1.Title = "Gráfico DELTA-T e POTÊNCIA vs. Tempo"
GraphLite1.LowScale = 0
GraphLite1.HighScale = 10
GraphLite1.VerticalTickInterval = 0.5
GraphLite1.HorizontalTickFrequency = 10
GraphLite1.Refresh
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Dim strDate As String
    Screen.MousePointer = 11
    Set dbGrafico = OpenDatabase(App.Path & "\TABELA48.MDB", False)
    Set rsGrafico = dbGrafico.OpenRecordset("Select * From Tabela48 Order by data",
dbOpenDynaset, dbReadOnly)
    GraphLite1.DisplayLegend = True
    GraphLite1.ChartType = 1
    rsGrafico.MoveFirst
    cmbData.AddItem rsGrafico!Data
    strDate = rsGrafico!Data
    Do While rsGrafico.EOF = False
        If CDate(strDate) <> rsGrafico!Data Then
            cmbData.AddItem rsGrafico!Data
            strDate = rsGrafico!Data
        End If
        rsGrafico.MoveNext
    Loop
    cmbData.ListIndex = 0
    Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    GraphLite1.Width = Me.ScaleWidth - (GraphLite1.Left * 2)
    GraphLite1.Height = Me.ScaleHeight - (GraphLite1.Top + 120)
```

```
GraphLite1.Refresh
```

```
End Sub
```

‘Códigos para acessar outras janelas através dos menus iguais aos da janela “Esquema”

CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO PARA A JANELA “Gráfico de TC3 e TC4”

```
Option Explicit
```

```
Option Base 0
```

```
Const LEN_PRINTTEXT = 4096
```

'Programa para Imprimir a Página Form Variáveis

‘Códigos iguais aos da janela “Esquema On-Line”

```
Dim dbGrafico As Database
```

```
Dim rsGrafico As Recordset
```

‘Códigos para a geração do gráfico de TC3 e TC4

```
Private Sub cmdGerar_Click()
```

```
Screen.MousePointer = 11
```

```
Dim DataPoints As Integer
```

```
Dim intCont As Integer
```

```
Dim strData As String
```

```
Dim intBook As Integer
```

```
Dim intGraf As Integer
```

```
DataPoints = 0
```

```
strData = cmbData.Text
```

```
rsGrafico.MoveFirst
```

```
Do While rsGrafico.EOF = False
```

```
    If rsGrafico!Data = strData Then
```

```
        DataPoints = DataPoints + 1
```

```
    End If
```

```
    rsGrafico.MoveNext
```

```
Loop
```

```
rsGrafico.MoveFirst
```

```

rsGrafico.FindFirst "Data = #" & Format(CDate(strData), "mm/dd/yy") & "#"
intBook = rsGrafico.AbsolutePosition
ReDim MyData(4, DataPoints) As Variant
intGraf = 0
rsGrafico.MoveFirst
For intCont = 0 To rsGrafico.RecordCount
    If rsGrafico.EOF = True Then
        Exit For
    End If
    If rsGrafico!Data = CDate(strData) Then
        If intBook = rsGrafico.AbsolutePosition Then
            MyData(0, intGraf) = rsGrafico!Data
        Else
            MyData(0, intGraf) = ""
        End If
        MyData(1, intGraf) = rsGrafico!TC3
        MyData(2, intGraf) = rsGrafico!TC4
        MyData(3, intGraf) = rsGrafico!deltat
        MyData(4, intGraf) = rsGrafico!potterm
        intGraf = intGraf + 1
    End If
    rsGrafico.MoveNext
Next intCont

```

‘Utilização da OCX GRAPHLITE

```

GraphLite1.BackColor = &HFFFFFF 'white
GraphLite1.RegisterData MyData()
GraphLite1.SetSeriesOptions 0, vbBlue, "TC3 [°C]"
GraphLite1.SetSeriesOptions 1, vbRed, "TC4 [°C]"
'GraphLite1.SetSeriesOptions 2, vbGreen, "Deltat"
'GraphLite1.SetSeriesOptions 3, vbMagenta, "PotTerm"
GraphLite1.Title = "Gráfico Temperatura TC3 e TC4 vs. Tempo"
GraphLite1.LowScale = 0
GraphLite1.HighScale = 50
GraphLite1.VerticalTickInterval = 2

```

```
GraphLite1.HorizontalTickFrequency = 1
```

```
GraphLite1.Refresh
```

```
Screen.MousePointer = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
Dim strDate As String
```

```
Screen.MousePointer = 11
```

```
Set dbGrafico = OpenDatabase(App.Path & "\TABELA48.MDB", False)
```

```
Set rsGrafico = dbGrafico.OpenRecordset("Select * From Tabela48 Order by data",  
dbOpenDynaset, dbReadOnly)
```

```
GraphLite1.DisplayLegend = True
```

```
GraphLite1.ChartType = 1
```

```
rsGrafico.MoveFirst
```

```
cmbData.AddItem rsGrafico!Data
```

```
strDate = rsGrafico!Data
```

```
Do While rsGrafico.EOF = False
```

```
    If CDate(strDate) <> rsGrafico!Data Then
```

```
        cmbData.AddItem rsGrafico!Data
```

```
        strDate = rsGrafico!Data
```

```
    End If
```

```
    rsGrafico.MoveNext
```

```
Loop
```

```
cmbData.ListIndex = 0
```

```
Screen.MousePointer = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Resize()
```

```
GraphLite1.Width = Me.ScaleWidth - (GraphLite1.Left * 2)
```

```
GraphLite1.Height = Me.ScaleHeight - (GraphLite1.Top + 120)
```

```
GraphLite1.Refresh
```

```
End Sub
```

‘Códigos para acessar outras janelas através dos menus iguais aos da janela “Esquema”

```
Private Sub mnuSair_Click()  
    frmOnLine.Show  
End Sub
```

CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO PARA A JANELA “Gráfico de Vazões”

```
Option Explicit  
Option Base 0  
Const LEN_PRINTTEXT = 4096
```

```
Dim dbGrafico As Database  
Dim rsGrafico As Recordset
```

‘Códigos para geração do gráfico das vazões do Primário e Secundário

```
Private Sub cmdGerar_Click()  
    Screen.MousePointer = 11  
    Dim DataPoints As Integer  
    Dim intCont As Integer  
    Dim strData As String  
    Dim intBook As Integer  
    Dim intGraf As Integer  
  
    DataPoints = 0  
    strData = cmbData.Text  
    rsGrafico.MoveFirst  
    Do While rsGrafico.EOF = False  
        If rsGrafico!Data = strData Then  
            DataPoints = DataPoints + 1  
        End If  
        rsGrafico.MoveNext  
    Loop  
    rsGrafico.MoveFirst  
    rsGrafico.FindFirst "Data = #" & Format(CDate(strData), "mm/dd/yy") & "#"
```

```
intBook = rsGrafico.AbsolutePosition
ReDim MyData(4, DataPoints) As Variant
intGraf = 0
rsGrafico.MoveFirst
For intCont = 0 To rsGrafico.RecordCount
    If rsGrafico.EOF = True Then
        Exit For
    End If
    If rsGrafico!Data = CDate(strData) Then
        If intBook = rsGrafico.AbsolutePosition Then
            MyData(0, intGraf) = rsGrafico!Data
        Else
            MyData(0, intGraf) = ""
        End If
        'MyData(1, intGraf) = rsGrafico!tc3
        'MyData(2, intGraf) = rsGrafico!tc4
        MyData(3, intGraf) = rsGrafico!VzS 'deltat
        MyData(4, intGraf) = rsGrafico!VzP 'potterm
        'MyData(5, intGraf) = rsGrafico!VzP
        'MyData(6, intGraf) = rsGrafico!VzS
        intGraf = intGraf + 1
    End If
    rsGrafico.MoveNext
Next intCont
```

‘Utilização da OCX GRAPHLITE

```
GraphLite1.BackColor = &HFFFFFF 'white
GraphLite1.RegisterData MyData()
'GraphLite1.SetSeriesOptions 0, vbBlue, "TC3"
'GraphLite1.SetSeriesOptions 1, vbRed, "TC4"
GraphLite1.SetSeriesOptions 2, vbGreen, "Vazão Secundário"
GraphLite1.SetSeriesOptions 3, vbMagenta, "Vazão Primário"
GraphLite1.Title = "Gráfico das Vazões dos Circuitos Primário e Secundário através
do Tempo"
GraphLite1.LowScale = 0
```

```
GraphLite1.HighScale = 3200
GraphLite1.VerticalTickInterval = 200
GraphLite1.HorizontalTickFrequency = 1
```

```
GraphLite1.Refresh
Screen.MousePointer = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
Dim strDate As String
```

```
Screen.MousePointer = 11
```

```
Set dbGrafico = OpenDatabase(App.Path & "\TABELA48.MDB", False)
```

```
Set rsGrafico = dbGrafico.OpenRecordset("Select * From Tabela48 Order by data",
dbOpenDynaset, dbReadOnly)
```

```
GraphLite1.DisplayLegend = True
```

```
GraphLite1.ChartType = 1
```

```
rsGrafico.MoveFirst
```

```
cmbData.AddItem rsGrafico!Data
```

```
strDate = rsGrafico!Data
```

```
Do While rsGrafico.EOF = False
```

```
    If CDate(strDate) <> rsGrafico!Data Then
```

```
        cmbData.AddItem rsGrafico!Data
```

```
        strDate = rsGrafico!Data
```

```
    End If
```

```
    rsGrafico.MoveNext
```

```
Loop
```

```
cmbData.ListIndex = 0
```

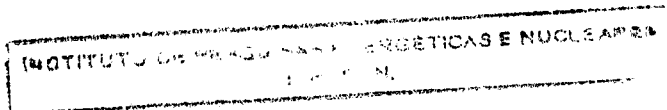
```
Screen.MousePointer = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Resize()
```

```
GraphLite1.Width = Me.ScaleWidth - (GraphLite1.Left * 2)
```

```
GraphLite1.Height = Me.ScaleHeight - (GraphLite1.Top + 120)
```



GraphLite1.Refresh

End Sub

‘Códigos para acessar outras janelas através dos menus iguais aos da janela “Esquema”

Private Sub mnuSair_Click()

frmOnLine.Show

End Sub

‘Códigos da OCX GraphLite FreeWare para obter os gráficos das variáveis

Option Explicit

'Default Property Values:

Const m_def_VerticalTickInterval = 1

Const m_def_HorizontalTickFrequency = 1

Const m_def_Title = "0"

Const m_def_PlotPoints = 0

Const m_def_DisplayLegend = 0

Const m_def_ChartType = 0

Const m_def_LowScale = 0

Const m_def_HighScale = 100

'Property Variables:

Dim m_TitleFont As Font

Dim m_VerticalTickInterval As Variant

Dim m_HorizontalTickFrequency As Variant

Dim m_Title As String

Dim m_PlotPoints As Boolean

Dim m_DisplayLegend As Boolean

Dim m_LowScale As Double

Dim m_HighScale As Double

Enum ChartTypes

Bar = 0

```

Line = 1
End Enum
Dim m_ChartType As ChartTypes

'internal data storage
Dim PlotData() As Variant
Dim PlotColors(15) As Long
Dim Legends(15) As String
Dim ChartWidth As Long
Dim ChartHeight As Long
Dim TitleOffset As Long

'Event Declarations:
Event Click() 'MappingInfo=UserControl,UserControl,-1,Click
Event DblClick() 'MappingInfo=UserControl,UserControl,-1,DblClick
Event KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
'MappingInfo=UserControl,UserControl,-1,KeyDown
Event KeyPress(KeyAscii As Integer) 'MappingInfo=UserControl,UserControl,-1,KeyPress
Event KeyUp(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
'MappingInfo=UserControl,UserControl,-1,KeyUp
Event MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
'MappingInfo=UserControl,UserControl,-1,MouseDown
Event MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
'MappingInfo=UserControl,UserControl,-1,MouseMove
Event MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
'MappingInfo=UserControl,UserControl,-1,MouseUp

'não remover nem modificar essas linhas de comentários
'MappingInfo=UserControl,UserControl,-1,BackColor
Public Property Get BackColor() As OLE_COLOR
    BackColor = UserControl.BackColor
End Property

Public Property Let BackColor(ByVal New_BackColor As OLE_COLOR)

```

```
UserControl.BackColor() = New_BackColor
PropertyChanged "BackColor"
End Property

‘não remover nem modificar essas linhas de comentários
'MappingInfo=UserControl,UserControl,-1,ForeColor
Public Property Get ForeColor() As OLE_COLOR
    ForeColor = UserControl.ForeColor
End Property

Public Property Let ForeColor(ByVal New_ForeColor As OLE_COLOR)
    UserControl.ForeColor() = New_ForeColor
    PropertyChanged "ForeColor"
End Property

Public Property Get HighScale() As Double
    HighScale = m_HighScale
End Property

Public Property Let HighScale(ByVal New_HighScale As Double)
    m_HighScale = New_HighScale
    PropertyChanged "HighScale"
End Property

Public Property Get LowScale() As Double
    LowScale = m_LowScale
End Property

Public Property Let LowScale(ByVal New_LowScale As Double)
    m_LowScale = New_LowScale
    PropertyChanged "LowScale"
End Property

Public Property Get Enabled() As Boolean
    Enabled = UserControl.Enabled
End Property
```

```
Public Property Let Enabled(ByVal New_Enabled As Boolean)
```

```
    UserControl.Enabled() = New_Enabled
```

```
    PropertyChanged "Enabled"
```

```
End Property
```

```
‘não remover nem modificar essas linhas de comentários
```

```
'MappingInfo=UserControl,UserControl,-1,Font
```

```
Public Property Get Font() As Font
```

```
    Set Font = UserControl.Font
```

```
End Property
```

```
Public Property Set Font(ByVal New_Font As Font)
```

```
    Set UserControl.Font = New_Font
```

```
    PropertyChanged "Font"
```

```
End Property
```

```
Private Sub UserControl_Click()
```

```
    RaiseEvent Click
```

```
End Sub
```

```
Private Sub UserControl_DblClick()
```

```
    RaiseEvent DblClick
```

```
End Sub
```

```
Private Sub UserControl_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
```

```
    RaiseEvent KeyDown(KeyCode, Shift)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub UserControl_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
    RaiseEvent KeyPress(KeyAscii)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub UserControl_KeyUp(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
```

```
RaiseEvent KeyUp(KeyCode, Shift)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub UserControl_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
```

```
    RaiseEvent MouseDown(Button, Shift, x, y)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub UserControl_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
```

```
    RaiseEvent MouseMove(Button, Shift, x, y)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub UserControl_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
```

```
    RaiseEvent MouseUp(Button, Shift, x, y)
```

```
End Sub
```

```
Public Property Get ChartType() As ChartTypes
```

```
    ChartType = m_ChartType
```

```
End Property
```

```
Public Property Let ChartType(ByVal New_ChartType As ChartTypes)
```

```
    m_ChartType = New_ChartType
```

```
    PropertyChanged "ChartType"
```

```
End Property
```

```
Public Sub SetSeriesOptions(Series As Integer, Optional PlotColor As Long, Optional Legend As String)
```

```
    If Series < 0 Or Series > 15 Then
```

```
        MsgBox "Too many data series -- limit is 15"
```

```
        Exit Sub
```

```
    End If
```

```
    If Len(Legend) > 0 Then
```

```
Legends(Series) = Legend
End If
If Not IsMissing(PlotColor) Then
    PlotColors(Series) = PlotColor
End If

End Sub

'Initialize Properties for User Control
Private Sub UserControl_InitProperties()
Dim i As Integer
    Set Font = Ambient.Font
    m_ChartType = m_def_ChartType
    m_DisplayLegend = m_def_DisplayLegend
    m_PlotPoints = m_def_PlotPoints
    m_Title = m_def_Title

    For i = 0 To 15
        PlotColors(i) = -1
    Next i

    m_VerticalTickInterval = m_def_VerticalTickInterval
    m_HorizontalTickFrequency = m_def_HorizontalTickFrequency
    Set m_TitleFont = Ambient.Font
End Sub

'Load property values from storage
Private Sub UserControl_ReadProperties(PropBag As PropertyBag)

    UserControl.BackColor = PropBag.ReadProperty("BackColor", &H8000000F)
    UserControl.ForeColor = PropBag.ReadProperty("ForeColor", &H80000012)
    UserControl.Enabled = PropBag.ReadProperty("Enabled", True)
    Set Font = PropBag.ReadProperty("Font", Ambient.Font)
    UserControl.BackStyle = PropBag.ReadProperty("BackStyle", 1)
```

```

UserControl.BorderStyle = PropBag.ReadProperty("BorderStyle", 0)
m_ChartType = PropBag.ReadProperty("ChartType", m_def_ChartType)
m_DisplayLegend = PropBag.ReadProperty("DisplayLegend", m_def_DisplayLegend)
m_PlotPoints = PropBag.ReadProperty("PlotPoints", m_def_PlotPoints)
m_Title = PropBag.ReadProperty("Title", m_def_Title)
m_VerticalTickInterval      =      PropBag.ReadProperty("VerticalTickInterval",
m_def_VerticalTickInterval)
m_HorizontalTickFrequency  =      PropBag.ReadProperty("HorizontalTickFrequency",
m_def_HorizontalTickFrequency)
Set m_TitleFont = PropBag.ReadProperty("TitleFont", Ambient.Font)
End Sub

```

'Write property values to storage

```
Private Sub UserControl_WriteProperties(PropBag As PropertyBag)
```

```

Call PropBag.WriteProperty("BackColor", UserControl.BackColor, &H8000000F)
Call PropBag.WriteProperty("ForeColor", UserControl.ForeColor, &H80000012)
Call PropBag.WriteProperty("Enabled", UserControl.Enabled, True)
Call PropBag.WriteProperty("Font", Font, Ambient.Font)
Call PropBag.WriteProperty("BackStyle", UserControl.BackStyle, 1)
Call PropBag.WriteProperty("BorderStyle", UserControl.BorderStyle, 0)
Call PropBag.WriteProperty("ChartType", m_ChartType, m_def_ChartType)
Call PropBag.WriteProperty("DisplayLegend", m_DisplayLegend, m_def_DisplayLegend)
Call PropBag.WriteProperty("PlotPoints", m_PlotPoints, m_def_PlotPoints)
Call PropBag.WriteProperty("Title", m_Title, m_def_Title)
Call      PropBag.WriteProperty("VerticalTickInterval",      m_VerticalTickInterval,
m_def_VerticalTickInterval)
Call  PropBag.WriteProperty("HorizontalTickFrequency",  m_HorizontalTickFrequency,
m_def_HorizontalTickFrequency)
Call PropBag.WriteProperty("TitleFont", m_TitleFont, Ambient.Font)
End Sub

```

```
Public Function Refresh() As Variant
```

UserControl.Cls

ChartWidth = UserControl.ScaleWidth - 120

ChartHeight = UserControl.ScaleHeight - 120

TitleOffset = 0

If Len(m_Title) > 0 Then

 DrawTitle

End If

If m_DisplayLegend Then

 DrawLegend

End If

PlotChart

End Function

Public Property Get DisplayLegend() As Boolean

 DisplayLegend = m_DisplayLegend

End Property

Public Property Let DisplayLegend(ByVal New_DisplayLegend As Boolean)

 m_DisplayLegend = New_DisplayLegend

 PropertyChanged "DisplayLegend"

End Property

Public Sub RegisterData(RegData() As Variant)

 ReDim PlotData(UBound(RegData), UBound(RegData, 2)) As Variant

 Dim n As Integer

 Dim i As Integer

 For n = 0 To UBound(RegData)

 For i = 0 To UBound(RegData, 2)

 PlotData(n, i) = RegData(n, i)

 If n > 0 Then 'a data series

 If PlotColors(n - 1) = -1 Then PlotColors(n - 1) = QBColor(n - 1)

 End If

Next

Next

End Sub

Public Property Get PlotPoints() As Boolean

PlotPoints = m_PlotPoints

End Property

Public Property Let PlotPoints(ByVal New_PlotPoints As Boolean)

m_PlotPoints = New_PlotPoints

PropertyChanged "PlotPoints"

End Property

Public Property Get Title() As String

Title = m_Title

End Property

Public Property Let Title(ByVal New_Title As String)

m_Title = New_Title

PropertyChanged "Title"

End Property

Private Sub DrawTitle()

Dim f As Font

Set f = UserControl.Font

Set UserControl.Font = m_TitleFont

UserControl.CurrentX = (UserControl.ScaleWidth - UserControl.TextWidth(m_Title)) / 2

UserControl.Print m_Title

TitleOffset = UserControl.CurrentY

Set UserControl.Font = f

End Sub

```
Private Sub DrawLegend()
```

```
Dim LegendLeft As Long
```

```
Dim n As Integer, y As Long
```

```
On Error GoTo LegendError:
```

```
LegendLeft = UserControl.ScaleWidth
```

```
If m_DisplayLegend Then
```

```
For n = 0 To UBound(PlotData) - 1
```

```
    If LegendLeft > (UserControl.ScaleWidth - (UserControl.TextWidth(Legends(n)) + 180))
```

```
Then
```

```
    LegendLeft = UserControl.ScaleWidth - (UserControl.TextWidth(Legends(n)) + 180)
```

```
End If
```

```
Next n
```

```
ChartWidth = LegendLeft - 180
```

```
UserControl.CurrentY = (UserControl.ScaleHeight - _
```

```
(UserControl.TextHeight("X") + 120) * (UBound(PlotData) + 2) / 2
```

```
For n = 0 To UBound(PlotData) - 1
```

```
    y = UserControl.CurrentY + UserControl.TextHeight("X")
```

```
    UserControl.Line (LegendLeft, y + ((UserControl.TextHeight(Legends(n)) - 60) / 2)-
```

```
Step(60, 60), PlotColors(n), BF
```

```
    UserControl.CurrentX = LegendLeft + 120
```

```
    UserControl.CurrentY = y
```

```
    UserControl.Print Legends(n)
```

```
Next n
```

```
End If
```

```
LegendExit:
```

```
Exit Sub
```

```
LegendError:
```

```
If Err = 9 Then
```

```
    'fail silently, not initialized yet
```

Else

```
Err.Raise 32007, "GraphLiteProject.GraphLite", _  
    "Error " & Err & " plotting legend: " & Error$(Err)
```

End If

Resume LegendExit

End Sub

Private Sub PlotChart()

Dim Columns As Long

Dim n As Long, i As Long, d As Double

Dim x As Long, y As Long

Dim x1 As Long, y1 As Long

Dim PlotTop As Long, PlotBottom As Long, PlotLeft As Long, PlotRight As Long

Dim TickString As String

Dim LowTick As Double

Dim BarWidth As Integer

On Error GoTo PlotError

'determine horizontal extent

Columns = UBound(PlotData, 2) + 1

'adjust vertical scale if necessary

For n = 1 To UBound(PlotData)

For i = 0 To UBound(PlotData, 2)

If m_HighScale < PlotData(n, i) Then m_HighScale = PlotData(n, i)

If m_LowScale > PlotData(n, i) Then m_LowScale = PlotData(n, i)

Next i

Next n

'define plot area

PlotLeft = 120 'may be overridden later

PlotRight = ChartWidth

PlotTop = TitleOffset

PlotBottom = UserControl.ScaleHeight - (UserControl.TextHeight("X") * 2)

'determine vertical tick scale

If m_LowScale / m_VerticalTickInterval = Int(m_LowScale / m_VerticalTickInterval) Then

 LowTick = m_LowScale

Else

 LowTick = Int(m_LowScale / m_VerticalTickInterval) * m_VerticalTickInterval

End If

'determine left spacing

'check vertical captions

For d = LowTick To HighScale Step m_VerticalTickInterval

 If PlotLeft < (UserControl.TextWidth(Format\$(d)) + 120) Then

 PlotLeft = (UserControl.TextWidth(Format\$(d)) + 120)

 End If

Next d

'check caption for first horizontal tick

If PlotLeft < (UserControl.TextWidth(PlotData(0, 0)) / 2) + 60 Then

 PlotLeft = (UserControl.TextWidth(PlotData(0, 0)) / 2) + 60

End If

'draw row ticks

For d = LowTick To HighScale Step m_VerticalTickInterval

 y = PlotBottom - (PlotBottom - PlotTop) * ((d - LowTick) / (m_HighScale - LowTick))

 UserControl.Line (PlotLeft, y)-Step(60, 0)

 UserControl.CurrentX = PlotLeft - (UserControl.TextWidth(Format\$(d)) + 60)

 UserControl.CurrentY = y - (UserControl.TextHeight("X") * 0.5)

 UserControl.Print Format\$(d)

Next d

'draw plot box

UserControl.Line (PlotLeft, PlotTop)-(PlotRight, PlotBottom), , B

'draw column ticks and captions

For i = 0 To Columns - 1 Step m_HorizontalTickFrequency

 x = PlotLeft + (((PlotRight - PlotLeft) / (Columns - 1)) * i)

 UserControl.Line (x, PlotBottom)-Step(0, -60)

```

UserControl.CurrentX = x - (UserControl.TextWidth(PlotData(0, i)) / 2)
UserControl.CurrentY = PlotBottom + (UserControl.TextHeight("X") * 0.5)
UserControl.Print PlotData(0, i)
Next i
'base barwidth on series and points
If m_ChartType = Bar Then
    BarWidth = (PlotRight - (PlotLeft + 60)) / (Columns * UBound(PlotData)) - 30
    If BarWidth <= 15 Then BarWidth = 30
End If
'plot graph
For n = 1 To UBound(PlotData)
    For i = 0 To UBound(PlotData, 2)
        'determine coordinates
        x = PlotLeft + (((PlotRight - PlotLeft) / (Columns - 1)) * i) - 15
        If PlotData(n, i) = LowTick Then
            y = PlotBottom - 15
        Else
            y = (PlotBottom - ((PlotData(n, i) - LowTick) / (m_HighScale - LowTick) _
                * (PlotBottom - PlotTop))) - 15
        End If
        Select Case m_ChartType
            Case Bar
                'adjust x for series
                x = PlotLeft + (((PlotRight - PlotLeft) / Columns) * i) - 15
                x = x + 30 + ((n - 1) * (BarWidth + 30))
                UserControl.Line (x, y)-(x + BarWidth, PlotBottom - 15), PlotColors(n - 1), BF
            Case Line
                'draw data point
                If m_PlotPoints Then
                    UserControl.Line (x, y)-Step(30, 30), PlotColors(n - 1), BF
                End If
                'draw data graph
                If i <> 0 Then
                    UserControl.Line (x + 15, y + 15)-(x1 + 15, y1 + 15), PlotColors(n - 1)
                End If
            End Select
        Next i
    Next n

```

```
End If
x1 = x
y1 = y
End Select
Next i
Next n

PlotExit:

Exit Sub

PlotError:
If Err = 9 Then
    'fail silently, not initialized yet
Else
    Err.Raise 32007, "GraphLiteProject.GraphLite", _
        "Error " & Err & " plotting graph: " & Error$(Err)
End If
Resume PlotExit

End Sub

Public Property Get VerticalTickInterval() As Variant
    VerticalTickInterval = m_VerticalTickInterval
End Property

Public Property Let VerticalTickInterval(ByVal New_VerticalTickInterval As Variant)
    m_VerticalTickInterval = New_VerticalTickInterval
    PropertyChanged "VerticalTickInterval"
End Property

Public Property Get HorizontalTickFrequency() As Variant
    HorizontalTickFrequency = m_HorizontalTickFrequency
End Property

Public Property Let HorizontalTickFrequency(ByVal New_HorizontalTickFrequency As
Variant)
```

```
m_HorizontalTickFrequency = New_HorizontalTickFrequency
PropertyChanged "HorizontalTickFrequency"
End Property

Public Property Get TitleFont() As Font
    Set TitleFont = m_TitleFont
End Property

Public Property Set TitleFont(ByVal New_TitleFont As Font)
    Set m_TitleFont = New_TitleFont
    PropertyChanged "TitleFont"
End Property
```

‘Códigos da OCX Vertical Gauge para o Slider gráfico na janela “Variáveis”

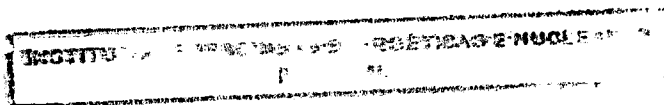
```
'Holds max value for gauge
Dim mMax As Long
'Holds min value for gauge
Dim mMin As Long
'Holds picture controls width and height
Dim mPicWidth As Integer
Dim mPicHeight As Integer
'Store the backcolor of the pic control
Dim mBackColor As Long
'Holds last value passed to the gauge
Dim mOldVal As Integer
Property Let Min(minimum As Long)
    'Seta o valor mínimo para o Gauge
    mMin = minimum
End Property
Property Let Max(maximum As Long)
    'Seta o valor máximo para o Gauge
    mMax = maximum
End Property
Sub Paint(val As Integer, pic As PictureBox)
```

```

If mPicHeight = 0 Then
    MsgBox "VGauge Object needs to be .Setup and Max & Min properties need to be set...",
    , "VGauge Object"
End
End If
If val < mOldVal Then
    pic.Line (0, (mPicHeight - mOldVal)-(mPicWidth, (mPicHeight - val)), mBackColor, BF
Else
    pic.Line (0, (mPicHeight - val)-(mPicWidth, (mPicHeight - mOldVal)), , BF
End If
    mOldVal = val
End Sub
Sub Setup(pic As PictureBox)
    'Seta escala da PictureBox
    pic.ScaleMode = 0
    'Seta a propriedade AutoRedraw para TRUE
    pic.AutoRedraw = True
    'Seta a altura da escala para o controle daPictureBox
    mPicHeight = (mMax - mMin)
    If mPicHeight = 0 Then
        MsgBox "VGauge Object needs to be .Setup and Max & Min properties need to be set...",
        , "VGauge Object"
    End
End If

'Seta a altura para 1 para preencher toda a área (largura) do Gauge
mPicWidth = 1
    'Envia este valor (1) para o controle da Picture
    pic.ScaleHeight = mPicHeight
    pic.ScaleWidth = mPicWidth
    'Get the backcolor of the pic control
    mBackColor = pic.BackColor
    'Set properties for pic box
    pic.DrawStyle = 0

```



```
pic.DrawWidth = 1
```

```
End Sub
```

“Códigos para o Módulo TABELA48.bas

**‘Variáveis para o Banco de Dados . Para seu devido funcionamento tem que ter
‘referência do objeto ADO 2.5 OU 3.1 da Microsoft .**

```
Global Banco As Database
```

```
Global Area As Workspace
```

```
Global Conjunto As Recordset
```

```
Global Consulta As QueryDef
```

```
Public TB_48 As Table
```

```
Public TB_TEMP As Table
```

```
Sub main()
```

Seta a área de trabalho e banco de dados. O set está para trabalhar em rede e mono

```
'area de trabalho
```

```
Set Area = DBEngine.CreateWorkspace("NovoEsp", "Admin", "")
```

```
'banco de dados
```

```
Set Banco = Area.OpenDatabase(App.Path & "TABELA48.mdb", False, False,  
";pwd=SENHA")
```

‘Se o Banco de Dados aparecer com senha colocar no lugar da senha “Senha”

```
'ABERTURA DAS TABELAS
```

```
Set TB_48 = Banco.OpenTable("TABELA48")
```

```
'CHAMA O FORMULARIO
```

```
frmBalançoTérmico.Show
```

```
End Sub
```

**“Codigos dos Módulos NIDAQ32.bas , NIDAQCNS.bs , NIDAQERR.bas e
NIDEx32.bas são de uso exclusivo para componentes da National Instruments, sendo
desnecessário sua publicação” .**