

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO REGIME TÉRMICO-OPERATIVO EM
TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA – SISTEMA DE APOIO À DECISÃO

por

Jorge Luiz Ferreira

Tese para obtenção do Título de
Doutor em Engenharia

Porto Alegre, agosto de 2009

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO REGIME TÉRMICO-OPERATIVO EM
TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA – SISTEMA DE APOIO À DECISÃO

por

Jorge Luiz Ferreira
Msc. em Engenharia Mecânica

Tese submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, PROMEC, da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos necessários do Exame de Qualificação para obtenção do Título de

Doutor em Engenharia

Área de Concentração: Mecânica dos Sólidos

Orientador: Prof. Dr. Alberto Tamagna

Aprovada por:

- Prof. Dr. Julio César Ruiz Claeysen
- Prof. Dr. Márcio Rosa da Silva
- Prof. Dr. Roger Gules
- Prof. Dr. Tiago Becker

Prof. Dr. Horácio Antonio Vielmo
Coordenador do PROMEC

Porto Alegre, agosto de 2009.

AGRADECIMENTOS

Ao colega engenheiro João Carlos Sant’anna (da CEEE e da Sul Engenharia), falecido em 2004. Além de fornecer os dados para os experimentos exploratórios, com a sua experiência no desenvolvimento de sistemas supervisores para subestações de potência, incentivou a proposta original deste projeto, na qual vislumbrou uma possibilidade de qualificação dos sistemas de monitoramento com o a adição de módulos de suporte e apoio à decisão.

Aos colegas engenheiros José Maria Barros (da AES Sul), Paulo Rech (da RGE) e Roberto Ostermann (da CEEE), pelo apoio técnico no fornecimento dos dados que possibilitaram os experimentos realizados.

Ao engenheiro Daniel Ferreira por sua participação importante na fase inicial desta pesquisa, que com a aceitação do tema e da nossa co-orientação na sua monografia de graduação no curso de Engenharia Elétrica da UNISINOS contribuiu decisivamente para os experimentos exploratórios que subsidiaram o presente projeto.

Ao Prof. Dr. Alberto Tamagna, meu professor na graduação e agora orientador deste projeto, pelo crédito à proposta inicial, pela confiança e pelo apoio no decorrer do desenvolvimento do mesmo.

À Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, pelo apoio institucional na forma de liberação parcial da carga horária funcional presencial e de ensino, sem a qual as dificuldades para conclusão deste projeto seriam muito maiores.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade de prosseguir meus estudos na área da engenharia com qualidade e gratuidade, com os quais comprometo-me retribuir à sociedade na forma de melhor qualificação e amplitude dos trabalhos desenvolvidos com meus alunos.

À minha esposa e filhos pelo apoio, pelo incentivo e por compreenderem os momentos de afastamento familiar para dedicação aos estudos.

Esta conquista é dedicada aos meus filhos Daniel, Davi e Joana...

...como exemplo, incentivo e orientação para que sempre façam escolhas e trilhem caminhos que os conduzam ao crescimento e a qualificação como profissionais e pessoas.

RESUMO

Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento e a validação de um algoritmo computacional para modelar o regime térmico-operativo de transformadores de potência a partir dos dados obtidos por sistemas supervisores *online*. Utilizando procedimentos de modelagem por regressão linear a múltiplas variáveis, tendo como grandezas de observação a potência aparente, a temperatura do ambiente externo e a temperatura crítica do fluido isolante-refrigerante ou a temperatura crítica do enrolamento, a construção do simulador e modelador é realizada com o software MATLAB versão 6.5.

A partir de grandes bases de dados de medições dessas grandezas, efetuadas em períodos de operação sob condições climáticas e carregamentos diferenciados, os diversos experimentos de validação realizados permitem concluir que a modelagem com esta metodologia apresenta alta confiabilidade. Essa condição é observada especialmente naqueles casos em que os equipamentos operam sob condições de cargas próximas aos limites da potência aparente nominal e temperaturas externas elevadas. Tal circunstância confere relevância aos resultados obtidos, na medida em que estas condições operativas são aquelas que mais demandam decisões que envolvem o gerenciamento ou a transferência de grandes blocos de carga.

Com uma futura qualificação dos aplicativos desenvolvidos na forma de interfaces de fácil utilização pelos usuários, a obtenção de modelos individualizados para cada equipamento com esta metodologia pode vir a tornar-se um importante sistema para apoio à decisão e gerenciamento de sistemas elétricos de potência, na medida em que uma estimativa confiável das temperaturas de operação sob as mais diversas condições de carregamento e temperatura ambiente deve contribuir decisivamente para o estabelecimento de regimes que permitam um desempenho eficaz e seguro da operação das subestações.

Finalmente, o projeto sugere a adaptação dos atuais sistemas de supervisão *online* para que as grandezas referentes às vibrações e os ruídos nos transformadores possam ser medidas, possibilitando o desenvolvimento de aplicativos de modelagem com a mesma metodologia e correlação matemática com outras grandezas elétricas já monitoradas nas subestações.

ABSTRACT

MODELLING AND SIMULATION FOR THERMAL-OPERATIVE CONDITIONS OF POWER TRANSFORMERS - SUPPORT DECISION SYSTEM

The aim of this project is to develop and to validate a computational algorithm to model the thermal-operative conditions of power transformers. The construction of the simulator and model system is made using the software MATLAB version 6.5 by modeling procedures from linear regression to multiple variables observing the apparent power, the outside temperature and the critical temperature of the insulating-refrigeration fluid, in some cases, the critical temperature point of the cores.

From large databases of measurements made in periods of operation under climatic conditions and differentiated load gradient, the various experiments of validation lead us to conclude that the modeling from this methodology is trustful. This condition is observed especially in those cases where the equipment operates close to the limits of nominal apparent power and high external temperatures. This situation assures the obtained results once these operative conditions are those that determine the decisions that involve the management or the transference of great load blocks.

From future qualification of the system developed as easy using interfaces, the attainment of individual models for each equipment with this methodology can become an important system to support and manage the electrical power systems, because the estimate of the operating temperatures under the most diverse conditions of shipment and ambient temperature must contribute decisively for the establishment of regimes that they allow to the best performance technique and insurance of the substations conditions of operation.

Finally, the adaptation of the present online supervision so that the vibrations and noises in the power transformers can be measured making possible to build similar model applications, using the same methodology and mathematical correlation between the other electrical greatness already monitored in the substations during the research process.

ÍNDICE

	Pág.
1 Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Metodologia e escopo do projeto.....	2
2 Revisão bibliográfica	5
2.1 Quanto aos fundamentos técnicos e operativos relativos ao comportamento térmico dos transformadores	5
2.2 Quanto aos ruídos e vibrações presentes em transformadores de potência	12
2.3 Quanto à modelagem estatística	17
2.4 Quanto à utilização de sistemas de aquisição de dados de subestações transformadoras conjuntamente com sistemas gerenciadores através de aplicativos de “interface amigável”	19
3 Conceitos gerais sobre transformadores de potência e sistemas supervisores em subestações.....	23
3.1 Emprego e importância das subestações de potência	23
3.2 Princípios de funcionamento e componentes dos transformadores de potência.....	24
3.3 Calor gerado pelas perdas térmicas e condições de projeto.....	25
3.4 Óleos minerais isolantes-refrigerantes.....	31
3.5 Estabelecimento do regime térmico-operativo	33
3.6 Vibrações e ruídos nos transformadores de potência.....	34
3.7 Sistemas de aquisição de dados	37
3.8 Sistemas de Apoio à Decisão (SADs).....	38
4 Modelagem experimental e validação da metodologia.....	41
4.1 Escolha das variáveis e do método de modelagem.....	42
4.2 Hipóteses, premissas e condições iniciais.....	43
4.3 Aquisição de dados e construção do primeiro modelo	47
4.3.1 Análise comportamental da temperatura do óleo em função da carga	49
4.3.2 Análise comportamental da temperatura do óleo em função da temperatura do ambiente externo.....	52
4.3.3 Análise comportamental da carga em função da temperatura do ambiente externo	53
4.3.4 Análise pelo método da regressão linear múltipla – experimento 1	54
4.3.5 Análise pelo método da regressão linear múltipla – experimento 2	59

4.3.6	Análise pelo método da regressão linear múltipla – experimento 3	62
4.4	Considerações finais sobre os experimentos	65
5	Desenvolvimento, análise e validação do modelo para simulação do regime térmico-operativo	66
5.1	Metodologia e algoritmo sintético	66
5.2	Premissas e hipóteses.....	67
5.3	Desenvolvimento do aplicativo de modelagem e simulação	70
5.4	Resultados obtidos no aplicativo simulador	70
5.5	Resultados obtidos com medições em intervalos diferenciados e valores médios	90
5.6	Análise de dispersão dos resultados e curvas de comparação entre os valores medidos e simulados	93
5.7	Simulação da temperatura da imagem térmica	94
5.8	Propostas de ajustes do modelo para melhoria qualitativa da simulação	112
5.8.1	Teste da rotina de ajustes por segmentação das temperaturas e uma segunda regressão Linear	114
5.8.2	Teste da rotina simul.m com a segmentação da temperatura ambiente.....	119
5.9	Teste de validação do modelo com conjuntos de dados não utilizados na modelagem ..	125
5.10	Outras rotinas de apoio à decisão	130
5.11	Considerações finais sobre os experimentos de validação do modelo	133
6	Simulação das vibrações e ruídos em transformadores de potência – proposta	136
6.1	O modelo acústico de uma subestação, a origem dos ruídos e dificuldades dos experimentos.....	136
6.2	Experimentos de medição em duas subestações da região de Porto Alegre.....	137
6.3	Condições e propostas para medição das vibrações em transformadores de potência	140
6.4	Proposta metodológica para a medição das vibrações e ruídos em transformadores de potência.....	141
7	Conclusão.....	142
	Referências Bibliográficas	147
	Anexo 1 – Algoritmo das rotinas computacionais <i>simul.m</i> e <i>simulit.m</i>	153
	Anexo 2 – Listagens das rotinas computacionais desenvolvidas no MATLAB 6.5	160
	Anexo 3 – Listagem dos dados da SE São Leopoldo.....	183

LISTA DE SÍMBOLOS

A	coeficiente estimador de interferências, ajustes ou erros	
B	coeficiente estimador da primeira variável independente	
C	coeficiente estimador da segunda variável independente	
B_M	valor máximo da indução magnética no núcleo	[G]
$E_{1,2}$	tensão do enrolamento primário (1) e secundário (2)	[V]
f	frequência da corrente elétrica	[Hz]
$I_{1,2}$	corrente elétrica do enrolamento primário (1) e secundário (2)	[A]
n	número de dados considerados da amostra	
$N_{1,2}$	número de espiras do enrolamento primário (1) e secundário (2)	
P_a	potência reativa	[V.Ar]
P_N	peso do núcleo	[kg]
P_r	potência aparente (ou carga)	[V.A]
P_u	potência ativa, útil ou real	[W]
$r_{1,2,...,n}$	resistência ôhmica dos enrolamentos 1, 2, ..., n	[Ω]
S_{ij}	sub-coeficientes para regressão linear a múltiplas variáveis	
S_m	seção magnética do núcleo	[m.10 ⁻⁴]
V	volume do núcleo magnético	[m ³ .10 ⁻⁶]
W_c	perdas no cobre ou nos enrolamentos	[W]
W_h	perdas no ferro (ou núcleo) por histerese magnética por kg de núcleo	[W.kg ⁻¹]
W_p	perdas no ferro (ou núcleo) por correntes parasitas por kg de núcleo	[W.kg ⁻¹]
W_t	perdas totais	[W]
x	variável independente ou com controle	
$x_{1,2}$	variável independente ou com controle	
y	variável dependente ou sem controle	
y_m	temperatura medida do óleo ou da imagem térmica	[°C]
y_s	temperatura simulada do óleo ou da imagem térmica	[°C]

LETRAS GREGAS

ϕ	relação de transformação	
μ	coeficiente de Steinmetz relativo ao material do núcleo	
ρ	resistividade do material das lâminas do núcleo	$[\Omega.10^{-6}.m.10^{-2}]$
δ	espessura das lâminas do núcleo	$[m.10^{-3}]$
θ_H	temperatura do ponto mais quente do enrolamento	$[^{\circ}C]$
θ_A	temperatura do ambiente externo	$[^{\circ}C]$
θ_{BO}	temperatura do fluido no fundo do tanque do equipamento	$[^{\circ}C]$
$\Delta\theta_{WO/BO}$	diferença entre a temperatura no ponto mais quente do óleo e a temperatura do óleo no fundo do tanque do equipamento	$[^{\circ}C]$
$\Delta\theta_{H/WO}$	diferença entre a temperatura do óleo no ponto mais quente do enrolamento e a temperatura no ponto mais quente do óleo	$[^{\circ}C]$

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
3.1 Corte esquemático de um transformador de potência e seus principais acessórios (fonte: Catálogo SIEMENS, 2001).....	24
3.2 Diagrama esquemático do Sistema SimTrans para simulação do comportamento térmico de transformadores de potência (Fonte: SimTrans, Ferreira, 2004)	40
4.1 Fluxo de trocas térmicas usados na modelagem inicial.....	44
4.2 Imagem do transformador de potência da Subestação São Leopoldo (TRAFO, 36/48/60 MVA, 138/26 kV).....	46
4.3 Diagrama básico do sistema de transmissão de dados usado na SE São Leopoldo.....	46
4.4 Unidade transmissora de dados usada na SE São Leopoldo.....	47
4.5 Gráfico dos dados da SE São Leopoldo obtidos no período de 06 a 14 de junho de 2003, em intervalos de 15 minutos	48
4.6 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e calculada pelo modelo, tendo como variável independente a carga em MVA.....	51
4.7 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e calculada pelo modelo, tendo como variável independente a temperatura do ambiente externo.....	52
4.8 Gráfico comparativo carga medida e calculada pelo modelo, tendo com variável independente a temperatura do ambiente externo	54
4.9 Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo	57
4.10 Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo	60
4.11 Gráfico comparativo da temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo.....	63
5.1 Algoritmo sintético do aplicativo modelador ou simulador	68
5.2 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente. Dados da Subestação Scharlau (São Leopoldo) referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/03/2004.....	71
5.3 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada em função da carga da temperatura ambiente. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 10/06/2003.....	73
5.4 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada em função da carga	

	e da temperatura ambiente. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 30/09/2005.....	75
5.5	Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/10/2005.....	77
5.6	Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 30/11/2005.....	79
5.7	Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 14/12/2005.....	81
5.8	Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente. Dados da Subestação Campo Bom/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/03/2006.....	83
5.9	Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente. Dados da Subestação Campo Bom/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/07/2006.....	85
5.10	Visualização no <i>desktop</i> do MATLAB 6.5 dos resultados decorrentes da aplicação da rotina simul.m no arquivo de dados referentes ao transformador da SE São Leopoldo para o período de dezembro/2005.....	87
5.11	Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada da SE Campo Bom/TR2 no período de 10 a 31/03/2006, utilizando dados medidos com intervalo de 1 minuto	90
5.12	Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada da SE Campo Bom/TR2, no período de 10 a 31/03/2006, utilizando dados médios de cada 15 medições com intervalo de 1 minuto	91
5.13	Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada da SE Campo Bom/TR2, no período de 10 a 31/03/2006, utilizando dados medidos com intervalos de 60 minutos.....	91
5.14	Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada da SE Campo Bom/TR2, no período de 10 a 31/03/2006, utilizando dados médios de cada 60 medições com intervalo de 1 minuto	92
5.15	Gráfico de dispersão das temperaturas do óleo simulada comparativamente a temperatura do óleo medida e ordenada na forma crescente. Dados da Subestação Scharlau	

	referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/03/2004.....	95
5.16	Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada ordenadas de forma forma crescente. Dados da Subestação Scharlau referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/03/2004.....	96
5.17	Gráfico de dispersão das temperaturas do óleo simulada comparativamente a temperatura do óleo medida e ordenada na forma crescente. Dados da Subestação Campo Bom/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/07/2006	97
5.18	Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada ordenadas de forma crescente. Dados da Subestação Campo Bom/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/07/2006.....	98
5.19	Gráfico de dispersão das temperaturas do óleo simulada comparativamente a temperatura do óleo medida e ordenada na forma crescente. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 30/09/2005 ..	99
5.20	Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada ordenadas de forma crescente. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 30/11/2005.....	100
5.21	Gráfico comparativo das temperaturas da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente externo. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 13/12/2005	102
5.22	Gráfico comparativo das temperaturas da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente externo. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 30/11/2005	104
5.23	Gráfico comparativo das temperaturas da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente externo. Dados da Subestação Campo Bom/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/03/2006	106
5.24	Gráfico comparativo das temperaturas da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente externo. Dados da Subestação Campo Bom/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/07/2006	108
5.25	Gráfico comparativo das temperaturas da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente externo. Dados da Subestação Nova Petrópolis/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a	

10/06/2003	110
5.26 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada. SE Scharlau, período de 01 a 31/03/2004.....	113
5.27 Ampliação de um trecho do gráfico da Figura 5.26	113
5.28 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE Scharlau/TR1, período de 01 a 31/03/2004, dados com intervalos de 15 minutos)	115
5.29 Gráfico comparativo das diferenças entre as temperaturas do óleo simuladas antes e após a aplicação da rotina ajuste.m (SE Scharlau/TR1, período de 01 a 31/03/2004, dados com intervalos de 15 minutos)	115
5.30 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE São Leopoldo, período de 01 a 30/09/2005, dados com intervalos de 15 minutos)	116
5.31 Gráfico comparativo das diferenças entre as temperaturas do óleo simuladas antes e após a aplicação da rotina ajuste.m (SE São Leopoldo, período de 01 a 30/09/2005, dados com intervalos de 15 minutos)	117
5.32 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/07/2006, dados com intervalos de 15 minutos)	118
5.33 Gráfico comparativo das diferenças entre as temperaturas do óleo simuladas antes e após a aplicação da rotina ajuste.m (SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/07/2006, dados com intervalos de 15 minutos)	118
5.34 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE Scharlau/TR1, período de 01 a 31/03/2004, dados com intervalos de 15 minutos para temperatura Ambiente igual ou maior que 25° C)	120
5.35 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE São Leopoldo, período de 01 a 30/09/2005, dados com intervalos de 15 minutos para temperatura Ambiente igual ou maior que 20° C)	121
5.36 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/07/2006, dados com intervalos de 15 minutos para temperatura ambiente igual ou maior que 20° C)	122
5.37 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/07/2006, dados com intervalos de 15 minutos para temperatura ambiente igual ou maior que 25° C)	123
5.38 Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas, usando uma base de dados diferente da utilizada na modelagem (SE Scharlau/TR1, segunda quinzena de março/2004, dados com intervalo de 15 minutos)	126

5.39	Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas, usando uma base de dados diferente da utilizada na modelagem (SE São Leopoldo, segunda quinzena de setembro/2005, dados com intervalo de 15 minutos)	127
5.40	Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas, usando uma base de dados diferente da utilizada na modelagem (SE Campo Bom/TR2, segunda quinzena de julho/2006, dados com intervalo de 15 minutos).....	129
5.41	Ábaco de simulação do regime térmico-operativo do TR2 da SE Campo Bom (83 MVA de potencial nominal máxima), construído com base no modelo simulado a partir dos dados de 01 a 31/03/2006, medidos com intervalos de 15 minutos	131
5.42	Tela de entrada e resposta da rotina <i>estimadorpotencia.m</i> no desktop do MATLAB 6.5. Solução referente a simulação da SE Campo Bom/TR2 para o mês de março de 2006.	132
5.43	Tela de entrada e resposta da rotina <i>estimadortempambiente.m</i> no desktop do MATLAB 6.5. Solução referente a simulação da SE Campo Bom/TR2 para o mês de março de 2006.....	132
6.1	Medidor de pressão sonora, marca Lutron, modelo SL-4001.....	137
6.2	Medição de ruídos no TR1 (SECI-Canoas)	138
6.3	Medição de ruídos no TR1 (SECI-Canoas)	138

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
3.1 Comportamento das perdas no ferro (núcleo) e no cobre (enrolamentos) relativamente às perdas totais – ensaio num transformador de 500 kVA.....	28
4.1 Resumo estatístico dos dados obtidos com a comparação entre os valores da temperatura do óleo medida e simulada pelo modelo, tendo como variável independente a carga em MVA	51
4.2 Resumo estatístico dos dados obtidos com a comparação entre os valores da temperatura do óleo medida e simulada pelo modelo, tendo como variável independente a temperatura do ambiente externo.....	53
4.3 Resumo estatístico dos dados obtidos com a comparação entre os valores da carga em MVA medida e simulada pelo modelo, tendo como variável independente a temperatura do ambiente externo.....	53
4.4 Resumo estatístico dos dados obtidos com a comparação entre os valores da temperatura do óleo medida e simulada pelo modelo, tendo como variáveis independentes a carga e a temperatura do ambiente externo.....	58
4.5 Valores relevantes referentes à base de dados utilizada e os resultados obtidos com o modelo	58
4.6 Resumo estatístico dos dados obtidos com a comparação entre os valores da temperatura do óleo medida e simulada pelo modelo, tendo como variáveis independentes a carga e a temperatura do ambiente externo.....	61
4.7 Valores relevantes referentes à base de dados utilizada e os resultados obtidos com o modelo	61
4.8 Resumo estatístico dos dados obtidos com a comparação entre os valores da temperatura da imagem térmica medida e simulada pelo modelo, tendo como variáveis independentes a carga e a temperatura do ambiente externo.....	63
4.9 Valores limites para a temperatura da imagem térmica medida e simulada.....	64
5.1 Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação Scharlau/TR1..	72
5.2 Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação São Leopoldo, 01 a 10 de junho de 2003	74
5.3 Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos	

	e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação São Leopoldo, 01 a 30 de setembro de 2005	76
5.4	Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação São Leopoldo, 01 a 31 de outubro de 2005.....	78
5.5	Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação São Leopoldo, 01 a 30 de novembro de 2005	80
5.6	Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação São Leopoldo, 01 a 14 de dezembro de 2005	82
5.7	Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação Campo Bom/ TR2, 01 a 31 de março de 2006	84
5.8	Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação Campo BOM/TR2, 01 a 31 de julho de 2006.....	86
5.9	Comparação dos resultados da simulação da temperatura do óleo relativamente aos valores medidos considerando as correlações mais forte, mais fraca e intermediária.....	90
5.10	Comparação dos resultados da simulação da temperatura do óleo para um mesmo período e transformador, considerando intervalos diferenciados e valores médios. Dados da SE São Leopoldo, período de 01 a 13/12/2005.....	92
5.11	Comparação dos resultados da simulação da temperatura do óleo para um mesmo período e transformador, considerando intervalos diferenciados e valores médios. Dados da SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/03/2006	93
5.12	Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura da imagem térmica. Subestação São Leopoldo, de 01 a 13/12/2005	103
5.13	Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura da imagem térmica. Subestação São Leopoldo, 01 a 30/11/2005	105
5.14	Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura da imagem térmica. Subestação Campo Bom/ TR2, 01 a 31/03/2006	107

5.15	Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura da imagem térmica. Subestação Campo Bom/TR2, 01 a 31/07/2006	109
5.16	Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura da imagem térmica. Subestação Nova Petrópolis/TR2, 01 a 10/06/2003	111
5.17	Comparativo dos resultados entre temperaturas do óleo medidas e as temperaturas simuladas antes e após a aplicação da rotina ajuste.m (SE Scharlau/TR1, período de 01 a 31/03/2004, dados com intervalo de 15 minutos)	116
5.18	Comparativo dos resultados entre temperaturas do óleo medidas e as temperaturas simuladas antes e após a aplicação da rotina ajuste.m (SE São Leopoldo, período de 01 a 31/09/2005, dados com intervalo de 15 minutos)	117
5.19	Comparativo dos resultados entre temperaturas do óleo medidas e as temperaturas simuladas antes e após a aplicação da rotina ajuste.m (SE campo Bom/TR2, período de 01 a 31/07/2006, dados com intervalo de 15 minutos)	119
5.20	Tabela comparativa dos resultados das temperaturas simuladas com simul.m e a totalidade dos dados e as obtidas com a rotina simulpar.m (SE Sharlau/TR1, período de 01 a 31/03/2004, dados com intervalo de 15 minutos e temperatura ambiente igual ou superior a 25° C)	121
5.21	Tabela comparativa dos resultados das temperaturas simuladas com simul.m e a totalidade dos dados e as obtidas com a rotina simulpar.m (SE São Leopoldo, período de 01 a 30/09/2005, dados com intervalo de 15 minutos e temperatura ambiente igual ou superior a 20° C)	122
5.22	Tabela comparativa dos resultados das temperaturas simuladas com simul.m e a totalidade dos dados e as obtidas com a rotina simulpar.m (SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/07/2006, dados com intervalo de 15 minutos e temperatura ambiente igual ou superior a 20° C e igual ou superior a 25° C)	123
5.23	Tabela comparativa das diferenças de temperaturas do óleo medidas e simuladas usando uma base de dados diferente da utilizada na modelagem (SE Scharlau/TR1, segunda quinzena de março/2004, dados com intervalos de 15 minutos)	126
5.24	Tabela comparativa das diferenças de temperaturas do óleo medidas e simuladas usando uma base de dados diferente da utilizada na modelagem (SE São Leopoldo, segunda quinzena de setembro/2005, dados com intervalos de 15 minutos)	128
5.25	Tabela comparativa das diferenças de temperaturas do óleo medidas e simuladas usando	

do uma base de dados diferente da utilizada na modelagem (SE Campo Bom/TR2, segunda quinzena de julho/2006, dados com intervalos de 15 minutos).....	129
6.1 Resultados das medições nos TR6 (PAL 6) e TR1 (SECI Canoas).....	139

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Os transformadores de potência são equipamentos de alto custo e importância estratégica em sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica. Em função das elevadas potências nominais (potência aparente limite de projeto), podem ser responsáveis pelo suprimento de energia nos níveis de tensão desejados para grandes conjuntos de consumidores. As dificuldades técnicas de substituição, a lentidão no transporte, os elevados custos e a pouca disponibilidade de reservas técnicas são fatores que, em caso de avaria, provocam imensos transtornos às concessionárias e aos consumidores. Além de prejuízos econômicos, as longas interrupções de fornecimento causadas pelas avarias de equipamentos deste porte promovem desgastes na confiabilidade do sistema e da concessionária perante os consumidores.

Frequentemente, por necessidades operacionais de manutenção ou indisponibilidades temporárias, os operadores de sistemas de energia elétrica necessitam transferir grandes blocos de carga elétrica entre transformadores de potência. Na maioria dos casos, essas transferências podem originar pequenas ou grandes sobrecargas que, a longo prazo, comprometem a expectativa de "vida útil" dos equipamentos, assim como colocam os mesmos em estresse momentâneo, aumentando bruscamente a temperatura de trabalho e, conseqüentemente, possibilitando riscos de uma pane imediata.

Dessa forma, as concessionárias de energia elétrica, assim como as empresas que possuem subestações de grande porte para abastecimento próprio, estabelecem padrões de operação que permitem sobrecargas (por tempo limitado) dos equipamentos, em percentuais aplicáveis à respectiva potência nominal. Determinam, ainda, o acompanhamento instrumental da temperatura de operação (do óleo e do ponto crítico) como forma de controle do comprometimento e dos prazos de manutenção. Tal técnica, quando aplicada de forma indiscriminada e sem considerar o regime da operacionalidade de cada equipamento, pode representar, em alguns casos, situações de extremo conservadorismo ou de risco excessivo para a segurança. Nesses casos, é possível afirmar que uma sobrecarga de curta duração de 30 ou 40 %, quando a temperatura ambiente externa é baixa, é menos danosa ao equipamento que uma sobrecarga de 5 a 10 %, com longa duração, principalmente em regime climático externo de temperaturas elevadas. Ou seja, em princípio, a mesma regra para sobrecargas não pode ser aplicada em equipamentos operando no inverno e no verão, ou em regimes temporários e permanentes.

A partir da última década, tem sido crescente o número de Concessionárias que vem adotando sistemas de automação, monitoramento e controle *online* nas subestações transformadoras. Entre os itens monitorados, encontram-se as temperaturas de operação dos equipamentos de transformação e da carga. Entretanto, por não receberem análise crítica e tratamento matemático adequado, tais informações não têm sido utilizadas como "sistema de apoio a decisão" para simulação de limites e regimes operativos dos equipamentos monitorados.

A proposta inicial deste projeto foi verificar a possibilidade de estabelecimento de modelos matemáticos que possam simular o regime térmico-operativo de transformadores de potência. Na sequência, a partir dos dados coletados por monitoramento, desenvolver o protótipo computacional de um sistema que permita apoiar decisões sobre operação e transferência de blocos de carga, tratando de forma individualizada cada equipamento, seu histórico operacional, circunstâncias climáticas momentâneas, simulações futuras e influência na curva de comprometimento da "vida útil".

Espera-se que a aplicação destes modelos individualizados possa contribuir para melhorar o fator de carregamento dos equipamentos, a partir da simulação dos períodos críticos de quantidade e duração das sobrecargas em condições de elevadas temperaturas ambientes. Supõe-se que possa determinar os níveis de comprometimento da vida útil estabelecida pelo fabricante e, ainda, que possa melhorar o rendimento energético e econômico do sistema de potência, na medida em que possibilita simular regimes térmico-operativos dos equipamentos com limites de carregamento mais elevados, exigindo menos investimentos em subestações e disponibilizando mais recursos para cargas emergenciais e/ou sazonais.

Outro fator que está relacionado diretamente ao nível de potência transformada e a outras grandezas elétricas é o ruído produzido por estas máquinas em operação. O chamado "ronco" do transformador pode originar-se da baixa qualidade construtiva ou de projeto, da falta de manutenção adequada após longos períodos de operação com valores limites e, ainda, por defeitos de origem eletromecânica (descargas atmosféricas, curtos-circuitos ou falhas mecânicas).

Na continuidade da pesquisa, propõe-se uma metodologia para medir, correlacionar e modelar as vibrações e ruídos de origem eletromagnética e mecânica, com a finalidade de desenvolver um simulador que possa fornecer parâmetros de controle dessas grandezas com uso na manutenção e nas questões de legislação ambiental.

1.2 Metodologia e escopo do projeto

O capítulo 2 apresenta uma extensa pesquisa bibliográfica abrangendo livros, normas, artigos técnicos, catálogos, apresentações e outras publicações congêneres, cuja revisão é organi-

zada em 4 temas básicos: os fundamentos técnicos e operativos do comportamento térmico dos transformadores, as vibrações e ruídos em transformadores, a modelagem por métodos estatísticos e a utilização de sistemas de aquisição de dados de subestações transformadoras conjuntamente com sistemas gerenciadores dotados de aplicativos de “interface amigável”.

Na sequência, o capítulo 3 tem como objetivo apresentar os principais conceitos, embasamentos teóricos e fenômenos presentes nos transformadores de potência, quando em operação, principalmente aqueles diretamente relacionados ao comportamento térmico, às trocas térmicas com o ambiente externo, às vibrações de origem eletromagnética e aos ruídos decorrentes. Apresenta, ainda, a importância dos sistemas de aquisição de dados empregados em subestações de potência, seus principais componentes de hardware e software, além dos princípios gerais de funcionamento dos sistemas supervisores e de gerenciamento operativo.

O quarto capítulo inicia definindo hipóteses, premissas e condições iniciais do experimento. Descreve sucintamente o sistema de aquisição de dados que forneceu subsídios para as modelagens de 3 experimentos de regressão linear simples entre as variáveis independentes e entre estas e a variável dependente. Na sequência, desenvolve 3 modelos de regressão linear dupla, avaliando os resultados. O objetivo final deste capítulo foi verificar experimentalmente se a metodologia dos mínimos quadrados para a confecção de modelos de regressão linear múltipla apresentava níveis de confiança e validação que permitissem investir no desenvolvimento de um algoritmo computacional para ser aplicado na modelagem com essa técnica.

A partir dos resultados obtidos na etapa anterior, o capítulo 5 propõe e desenvolve um algoritmo e um aplicativo computacional que permite modelar o regime térmico operativo dos transformadores de potência em operação. A proposta do desenvolvimento da rotina foi obter equações que representassem e estimassem a temperatura de operação do fluido isolante-refrigerante (óleo mineral) a partir da carga e da temperatura do ambiente externo ao transformador. Além do gráfico comparativo entre valores medidos e simulados para a temperatura do óleo, o aplicativo desenvolvido fornece uma série de informações de caráter estatístico relativas às diferenças (ou erros) entre os valores medidos e simulados nas mesmas condições (ou valores) de carga e temperatura ambiente. Promove experimentos de qualificação e possibilita avaliações do grau de confiabilidade dos modelos e, por consequência, do nível de segurança para a aplicação do simulador. Ao final, como complemento, disponibiliza um gráfico tipo ábaco para decisões estimativas rápidas e sub-rotinas que permitem inverter a condição de independência e dependência entre as variáveis que compõem o modelo. O aplicativo foi totalmente desenvolvido no software MATLAB (Matrix Laboratory) versão 6.5.

Considerando a proposta original do projeto de estudar e avaliar os ruídos e vibrações presentes em transformadores de potência, o sexto capítulo consiste no relato das dificuldades encontradas para medição destes fenômenos e na proposta de metodologia para medições do espectro de ruídos e vibrações presentes em transformadores de alta potência, propondo providências a serem implementadas para medir e correlacionar vibrações e ruídos nos transformadores de potência. Sugere-se uma metodologia e uma possível modelagem de correlação das vibrações e ruídos com outras grandezas elétricas presentes na operação dos transformadores.

Finalmente, no capítulo 7, são apresentadas as conclusões gerais e específicas, além de sugestões para continuidade e aperfeiçoamento do projeto.

No conjunto de anexos disponibiliza-se o algoritmo e a listagem da programação da rotina principal de simulação, a listagem das rotinas complementares desenvolvidas e as algumas listagens de dados utilizados nos experimentos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Boa parte da bibliografia consultada está diretamente relacionada aos equipamentos em estudo. Outras estão correlacionadas com a proposta de metodologia prevista para construção do modelo, com os fundamentos estatísticos de apoio, ou ainda com os dispositivos de aquisição de dados e aplicativos computacionais que poderiam ser empregados.

É importante ressaltar que devido à abrangência dos assuntos que integram e compõem o experimento, com o propósito de facilitar a compreensão, entendeu-se que seria mais didático organizar os resumos e o escopo da revisão bibliográfica em 4 temas básicos: os fundamentos técnicos e operativos do comportamento térmico dos transformadores, as vibrações e ruídos em transformadores, a modelagem por métodos estatísticos e a utilização de sistemas de aquisição de dados de subestações transformadoras conjuntamente com sistemas gerenciadores dotados de aplicativos de “interface amigável”.

Assim sendo, na sequência é apresentado uma síntese de cada um dos textos consultados nesta revisão bibliográfica, classificados em cronologia crescente dentro das temáticas citadas, abordando os aspectos e conclusões que contribuíram com os fundamentos teóricos, com a formatação e com a condução dos experimentos deste projeto.

2.1 Quanto aos fundamentos técnicos e operativos relativos ao comportamento térmico dos transformadores.

Segundo Christie (1969), os transformadores, como qualquer máquina elétrica, possuem perdas associadas às suas características de construção. Conforme o autor, as perdas de energia em um transformador são basicamente divididas entre as perdas no ferro e as perdas no cobre. As perdas no ferro são produzidas pela histerese magnética e pelas correntes parasitas circulantes no núcleo magnético, as quais não variam com a carga. As perdas por histerese constituem-se da energia consumida na magnetização e desmagnetização do ferro-silício. Já as perdas por correntes parasitas são decorrentes das correntes induzidas no núcleo de ferro do transformador pela alternância do fluxo magnético que o atravessa. Ainda segundo o autor, por produzirem perdas de pequeno valor (em watts), os transformadores de pequeno porte não necessitam de métodos especiais de resfriamento, no entanto devem possuir uma superfície exposta suficientemente grande para que o calor gerado pelas perdas possa ser dissipado sem que haja uma elevação de temperatura acima dos limites do sistema isolante.

Martignoni (1971) descreve que as perdas no cobre ocorrem devido ao efeito Joule e são correlacionadas às correntes de carga e resistências ôhmicas dos enrolamentos primários e se-

cundários do transformador. O autor demonstra que as perdas no cobre sofrem influência da variação na carga, na medida em que são diretamente proporcionais ao quadrado da corrente elétrica circulante em cada enrolamento. A elevação de temperatura de um transformador é diretamente proporcional às perdas produzidas e inversamente proporcional à superfície de contato entre este e o ambiente externo, dependendo, também, do tipo de material da parte ativa e do fluido refrigerante (geralmente óleo mineral isolante). E, ainda, quanto maior o porte e a carga do equipamento, maiores são as perdas em watt, conseqüentemente, maior a temperatura de trabalho de um transformador, chegando-se a um ponto em que técnicas especiais de resfriamento devem ser utilizadas para manter o equipamento dentro dos limites térmicos operativos.

Schmidt (1979), abordando as características e propriedades dos materiais isolantes e magnéticos, afirma que as propriedades elétricas, mecânicas e físicas dos isolantes usados em equipamentos elétricos dependem acentuadamente da temperatura de operação; que é imprescindível conhecer os limites térmicos de um material e a variação das suas propriedades quando submetidos por longo tempo a temperaturas limites ou acima. Definindo as principais propriedades do óleo mineral isolante empregado em transformadores, este autor discorre sobre o processo de envelhecimento causado pela exposição a temperaturas acima da operacionalmente prevista. Sobre o efeito da temperatura de operação do equipamento no fluido refrigerante, enfatiza a decorrente perda da eficácia dessa função (refrigerante) e da função dielétrica. Nesses casos, cita a ocorrência de oxidação dos materiais isolantes e a formação de “lama” (ou “borra”) que se decanta no fundo dos equipamentos, a qual pode se depositar também nos componentes da parte ativa (enrolamentos e núcleo magnético), comprometendo a isolação e as trocas térmicas.

Em monografia descrevendo e propondo a otimização de processos para recuperação e regeneração de óleos minerais isolantes empregados em transformadores de distribuição e potência, Ferreira (1982) apresenta as conseqüências da temperatura de trabalho e da oxidação na forma de estudo comparativo, ensaios normalizados e valores de degradação das propriedades físico-químicas destes fluidos.

Milasch (1984) apresenta curvas e tabelas de desgaste na resistência mecânica e elétrica dos materiais isolantes empregados em transformadores de potência, com base no número de horas de operação e exposição a determinados níveis de temperatura.

Sobre o comportamento dos óleos minerais isolantes, Oliveira; Cogo e Abreu (1984) afirmam que o aquecimento, a oxidação e o envelhecimento degradam aceleradamente as propriedades isolantes. A mesma publicação aborda detalhadamente os métodos de ensaio de aquecimento e de verificação das condições térmicas de operação.

O relatório do grupo de trabalho designado pelo IEEE PES TRANSFORMERS COMMITTEE (1994) apresenta um trabalho investigativo preliminar sobre o comportamento dos novos materiais isolantes desenvolvidos nas últimas três décadas que podem ser empregados na construção de equipamentos de transformação de grande potência, e que melhoram a sua performance técnica e volumétrica. O comitê conclui pelo aprofundamento dos estudos e pela elaboração de um documento tipo “guia” que descreva as características técnicas desses materiais quando submetidos aos ensaios necessários.

Lesieutre; Hagman e Kirtley Jr. (1997) desenvolvem um estudo sobre um sistema de diagnóstico e modelagem da temperatura do óleo isolante de transformadores de potência com base na variação da carga e da temperatura ambiente a partir dos parâmetros e limites recomendados pelo IEEE e com base no método de Euler (Leonhard Paul Euler, 1707-1783) para solução de sistemas de derivadas em relação ao tempo. Os autores apresentam resultados comparativos entre as temperaturas medidas e simuladas e concluem que os resultados obtidos apresentam diferenças dentro da margem estatística que tornam o modelo confiável

Abordando procedimentos relativos ao carregamento de transformadores de potência, a norma NBR 5416 (ABNT, 1997) apresenta estudos sobre a expectativa de vida útil desses equipamentos, com base no envelhecimento dos materiais isolantes, na oxidação e na degradação do óleo. Apresenta, também, critérios para determinação estimativa das temperaturas de operação e um fluxograma para cálculo da capacidade de carga com base na teoria de Arrhenius (Svante August Arrhenius, 1859-1927).

Álvares; Samesima e Delaiba (1999) descrevem estudo experimental para comparação de resultados obtidos com a medição do comportamento térmico de transformadores submetidos a cargas não lineares utilizando modelos de 1ª (fonte interna e tanque) e 5ª ordem (núcleo, enrolamento BT, enrolamento AT, fluído e tanque). Os autores apresentam resultados comparativos com ensaios obtidos em um transformador desenvolvido para esta finalidade e concluem que o modelo de 5ª ordem apresenta resultados mais precisos para carregamentos altos, enquanto o modelo de primeira ordem tem melhor performance de resultados para carregamentos baixos, com forte influência das perdas no ferro.

Jordão (2002) afirma que as dificuldades para limitar as temperaturas de operação dos transformadores crescem com o aumento da potência, na medida em que suas perdas são, praticamente, proporcionais ao cubo de suas dimensões lineares (da parte ativa) enquanto a superfície de dissipação cresce proporcionalmente ao quadrado dessas dimensões lineares. Daí a necessidade de grandes transformadores serem projetados com sistemas não naturais ou forçados de trocas térmicas.

Ohis e Czaszejko (2002) apresentam uma descrição dos diversos métodos e procedimentos para determinação das temperaturas críticas do enrolamento e do fluido em transformadores de potência. Eles propõem uma adaptação dos métodos de inteligência artificial utilizados para controle e determinação do teor de gases dissolvidos no óleo para que possam ser aplicados, também, na avaliação e controle da temperatura do ponto crítico dos enrolamentos. Concluem que essa tecnologia seria de grande valia para a precisão dos modelos a ser desenvolvidos.

Radakovic; Cardillo e Feser (2002) desenvolvem estudos para utilização e implantação de sensores internos em dois transformadores com a finalidade de avaliar o gradiente de temperaturas internas, bem como estudar o fluxo interno de circulação do fluido por convecção natural. A partir dos resultados obtidos com experimento, os autores concluem que a técnica utilizada poderá ser aplicada em experimentos posteriores que objetivem definir o comportamento térmico de transformadores de grande potência, principalmente a determinação mais precisa da temperatura crítica ou do ponto mais quente do enrolamento (*Hot Spot*).

Radakovic; Cardillo; Feser e Schäfer (2002) descrevem os experimentos de medição em 102 pontos da parte ativa e interior de um transformador de 630 kVA com o objetivo de avaliar o comportamento da temperatura do enrolamento e do fluido sob as mais diversas condições operativas e com amplitude de temperatura ambiente externa variável entre 6,7 °C e 22 °C. Com medições de perdas elétricas simuladas a partir de ensaios de curto-circuito, os autores concluem que o experimento possibilita adaptar e ajustar as equações diferenciais que descrevem o comportamento térmico no interior dos transformadores de grande potência, sugerindo essa possibilidade como proposta para outros experimentos e continuidade das pesquisas.

Em mais um trabalho sobre a avaliação térmica e a influência das altas temperaturas na degradação dos materiais isolantes utilizados na fabricação de transformadores de potência, Radakovic; Cardillo e Feser (2003) comentam sobre a importância dos sistemas de monitoração *online* das grandezas elétricas e temperaturas internas para a avaliação do comportamento e regime térmico. Concluem pela necessidade de que estes equipamentos venham a ser dotados de dispositivos sensores posicionados internamente de modo a permitir uma medição e, por consequência, uma predição dos valores e pontos em que pode ser atingida a temperatura crítica. Complementam afirmando que o resultado das pesquisas que estão sendo desenvolvidas nesta área serão fundamentais para a melhoria dos projetos, para a otimização do fator de carregamento e para a avaliação da vida útil do equipamento, com reflexos na manutenção preditiva.

Na mesma linha de pesquisa, outro artigo dos professores Radakovic e Feser (2003) apresenta experimentos de modelagem com equações diferenciais e ensaios aplicados a transformadores de distribuição de grande potência (da ordem de 630 kVA) com a finalidade de determinar

a temperatura de operação no ponto mais crítico do enrolamento. Os autores referenciam-se no sensoramento da temperatura do óleo (*bottom temperature*), nos materiais isolantes e no efeito da chamada “capacitância térmica” e, através da análise comparativa entre os valores medidos e calculados, concluem pela efetividade do método em função das baixas diferenças observadas.

Com foco na melhoria de performance em transformadores usados em circuitos eletrônicos, Sippola (2003) apresenta um estudo sobre as perdas elétricas e eletromagnéticas presentes nos transformadores, bem como o formulário completo para o seu dimensionamento.

Eckholz; Knorr; Schäfer; Feser e Cardillo (2004) apresentam um estudo sobre as diversas formas construtivas dos enrolamentos e os respectivos fluxos internos que interferem na transferência de calor entre a parte ativa e o fluido nos transformadores de potência. A partir de um experimento de medição de temperaturas internas com o uso de sensores, discutem os resultados obtidos comparando-os com o equacionamento tradicional para obtenção dos coeficientes de transferência de calor utilizado nos projetos destes equipamentos. Apontam os diversos fatores físico-químicos do fluido que podem interferir nestes coeficientes. Concluem que o que denominam de “resistência hidráulica” (ou comportamento hidráulico) do fluido associado ao fluxo axial convectivo são fundamentais no gradiente de temperaturas que ocorrem no interior dos transformadores em operação. Segundo os autores tais fatores devem ser parte importante na definição dos projetos construtivos.

A publicação de Pradhan e Ramu (2004) consiste na proposição de procedimentos para o monitoramento e previsão das temperaturas do ponto crítico do enrolamento (*hottest spot* ou HST) e da temperatura máxima do óleo (*top oil* ou TOT) com a utilização da modelagem por redes neurais artificiais (ANN). Com base apenas em simulações numéricas, os autores sugerem que a metodologia proposta deverá ser testada e aprimorada, o que possibilitará a aplicação do método previsto pela IEEE para determinação dessas grandezas sob as mais diversas condições de carregamento, possibilitando a redução de erros entre o real e o previsto.

Jardini; Brittes; Magrini; Bini e Yasuoka (2005) descrevem experimentos realizados com um transformador de potência de 30/40 MVA submetido a carregamentos equivalentes a 70 %, 100 % e 116,5 % da potência nominal e, em intervalos de curta duração, a regimes de carregamento da ordem de 160 % (por 30 minutos) e 170 % (por 15 minutos), com a finalidade de analisar e comparar o comportamento das temperaturas máximas do óleo (*top oil*) e do ponto crítico (*hottest spot*). Usando medições com sensores e transmissão por fibra ótica, os autores analisaram os resultados medidos com os obtidos pela metodologia prevista no Apêndice G da IEEE Std 57.91-1995. Concluem que os resultados medidos da temperatura do ponto crítico apresentam valores mais próximos aos calculados pela metodologia que utiliza como referência os valo-

res medidos para a temperatura do óleo (*bottom oil*), do que daqueles que utilizam os valores medidos para a máxima temperatura do óleo (*top oil*).

Na publicação de Kosow (2005) é possível observar-se valores tabelados que correlacionam as perdas no núcleo (no ferro) e no enrolamento (no cobre) com o percentual da carga aplicada ao transformador relativamente à sua potência nominal, confirmando que com aproximadamente 25 % da carga as perdas no núcleo correspondem a cerca de 77 % das perdas totais, enquanto que ao operar com 100 % da potência nominal, além de aumentarem cerca de 5 vezes as perdas totais, as perdas no enrolamento representam cerca de 87% das perdas totais. Com a tabela, o autor confirma que, distintamente das perdas no cobre, as perdas no núcleo não variam com a carga.

Focada na metodologia da ANSI/IEEE C57.91 (1995), a dissertação de Silva (2005) descreve detalhadamente o equacionamento das trocas térmicas internas entre a parte ativa e o fluido, entre este e o meio externo, assim como o modelo de determinação de envelhecimento dos materiais isolantes a partir das “regiões” em que se classificam as temperaturas de operação. Através de um modelo construído com o aplicativo Simulink do MatLab e usando como base do experimento um transformador de potência de 100/125/150 MVA, 230/138 – 13,8 kV, com níveis de carregamento próximo aos limites nominais, o autor apresentou resultados de diversas medições em pontos distintos do equipamento comparando-as com os valores previstos na metodologia focada. Concluindo, determina os efeitos destes resultados (menos conservadores do que o método) no processo de envelhecimento e na possibilidade de liberação para operação com mais carga.

A partir de ensaios realizados em 5 transformadores de alta e extra-alta potência (80 a 650 MVA), utilizando sensores e sistemas de condução de sinais com fibra-ótica, a tese de Susan (2005) aprofunda estudos comparativos para a modelagem térmica e a determinação das temperaturas operativas limites destes equipamentos pelos métodos IEC e IEEE C57.91 (1995). Tendo como base a teoria da capacitância térmica (modelo de circuitos RC), o autor apresenta, ainda, estudos comparativos para operação com baixo, médio e alto carregamento, possibilitando avaliações com ou sem a atuação do sistema de ventilação e circulação forçada do fluido isolante. Conclui que o modelo apresenta muito bons resultados com carregamentos médios e altos, mas não se mostra muito eficiente (em precisão comparativa de resultados) em carregamentos inferiores a 50 % da potência nominal do equipamento.

Tylavsky; Xiaolin e McCula (2005) produzem um estudo experimental para modelagem da temperatura limite do óleo (*Top Oil* ou TOT) em transformadores de potência com base na metodologia ANSI/IEEE C57.91 (1995), comparando os valores modelados com os valores me-

didados e promovendo ajustes de qualificação dos dados adquiridos com a finalidade de minimizar erros. O experimento é conduzido num transformador de 15/20/25 MVA e os resultados obtidos levam a concluir que o uso da metodologia proposta e o tratamento dos dados permitem, em média, elevar os valores de precisão (entre o previsto e o ocorrido) do patamar de 93% para cerca de 96,5%.

Pan; Chen; Yun; Wang e Sun (2006) desenvolvem estudos e medições experimentais em transformadores de 120 MVA, 220 kV, com o objetivo de modelar a temperatura máxima do óleo, tendo por base a capacitância térmica e usando como modelo os circuitos elétricos RC (resistor + capacitor). Concluem que o modelo aplicado apresenta resultados muito aproximados ao previsto na ANSI/IEEE C57.91 (1995).

A partir do modelo térmico previsto na ANSI/IEEE C57.91 (1995), Vilaithong; Tenbohlen e Stirl (2006) desenvolvem testes experimentais em 4 transformadores de potência (40, 300, 600 e 850 MVA) para avaliar a performance e os resultados comparativos de 4 modelos propostos em estudos anteriores: Modelo A - proposto por Lesieutre (1997), Modelo B - proposto por Tylavsky (2000), Modelo C - que considera a Top Oil uma média de várias outras temperaturas e o modelo D - similar ao modelo C, mas que considera a influência da temperatura ambiente na superfície superior dos equipamentos. Os ensaios e os dados foram adquiridos no período de um ano através de equipamentos de monitoração disponibilizados pela empresa AREVA. Os autores concluem que os melhores resultados foram obtidos com o modelo tipo B.

Considerando as condições operativas dos transformadores de potência relativamente a altas cargas e temperaturas ambientes presentes em subestações transformadoras de potência instaladas em regiões de clima quente e árido (deserto do Iran), Firouzifar e Mahmoudi (2007) apresentam um estudo do desempenho das trocas e da eficácia térmica dos sistemas radiadores utilizados nestes equipamentos, usando o aplicativo computacional denominado 2D-FEMLAB. Concluem recomendando modificações construtivas e de manutenção nestes componentes vitais para o regime operativo e para a durabilidade do equipamento.

Com a finalidade de avaliar o comportamento da temperatura do ponto crítico do enrolamento (*Hot Spot*) a partir dos valores medidos para a temperatura do óleo, Takami e Mahmoudi (2009) realizam experimentos de medição de temperatura em um transformador de 230 MVA, 230 kV, operando em região de clima semi-árido e desértico (Teeran, Iran) e submetido a variações de temperatura ambiente de 10 °C a 35 °C no período de 1 dia. A partir da avaliação dos resultados obtidos em modelos matriciais de elementos finitos e rotinas desenvolvidas no aplicativo MATLAB, comparando os resultados medidos para as temperaturas de diversos pontos do enrolamento com os valores obtidos para a temperatura do óleo nos pontos superiores do equi-

pamento (*Top Oil*), os autores concluem que com as diferenças observadas e variáveis entre 12 a 25 °C, quando operando em regimes de cargas e temperaturas externos diferenciados, os modelos que determinam o valor da *Hot Spot* a partir da *Top Oil* precisam ser ajustados para cada condição, da mesma forma que os equipamentos necessitam ser dotados de mais pontos de medição interna para prover as decisões que envolvem seu regime térmico-operativo.

2.2 Quanto aos ruídos e vibrações presentes em transformadores de potência

Ferreira (1978) recomenda uma observação criteriosa sobre a ocorrência de ruídos anormais como um dos critérios que devem ser observados para determinar manutenções preventivas, preditivas e corretivas. Cita ainda que, nos casos de manutenção corretiva, quando ocorrerem reconstituição dos enrolamentos, sejam usados dispositivos para melhorar a estabilização do núcleo magnético, como por exemplo o "enfaixamento" por cadarço de algodão das colunas do núcleo magnético (que não são prensadas mecanicamente), a fim de minimizar as vibrações. Recomenda, ainda, a impregnação com verniz isolante (utilizando-se equipamento tipo auto-clave a quente) nos enrolamentos primários e secundários como forma de melhorar a isolação interna entre as espiras e promover maior estabilidade mecânica entre as mesmas, visto que o verniz utilizado tem excelentes propriedades adesivas. Uma boa fixação e estabilidade dos componentes metálicos da parte ativa e a estabilização mecânica adicional dos enrolamentos (com o uso de calços de papelão) são medidas recomendadas para a isolação e redução dos ruídos nos equipamentos.

O folheto de divulgação da SIEMENS (1978) apresenta características técnicas de transformadores "a seco", impregnados com resinas isolantes sintéticas que conferem características de menores níveis de ruídos a estes equipamentos, cujo emprego é recomendado para ambientes fechados.

Milasch (1984) apresenta um completo manual sobre transporte, recebimento, inspeção e manutenção em transformadores de alta potência imersos em líquido isolante. Cabe ressaltar que os cuidados com a presença de ruídos não se restringem somente às condições de projeto, fabricação e operação, pois as especificações e normas técnicas são extremamente exigentes com as condições de transporte dos equipamentos. Condições de anormalidades, choques mecânicos e movimentos bruscos podem comprometer a estabilidade mecânica da parte ativa. Tais normativas recomendam o acompanhamento do frete por meio de tacógrafos e medidores de impacto. O uso de gás inerte (Nitrogênio) pressurizado em substituição ao fluido isolante-refrigerante também é recomendado como forma de impedir que a movimentação do fluido, durante o transporte, possa comprometer a estabilidade mecânica da parte ativa.

Em outra monografia sobre programas de manutenção preventiva em transformadores, Ferreira (1988) recomenda a observância de ruídos anormais como um dos fatores decisivos para a retirada de operação e aplicação imediata de manutenção preventiva ou corretiva em oficina especializada. Tais ruídos podem ter origem na falta de estabilidade mecânica da parte ativa por desgaste natural, por transporte ou por decorrência de falhas elétricas internas, podendo promover consequências mais graves relativamente aos danos nos enrolamentos.

Ferreira e Tessmer (1988) avaliam que a atuação repetida de dispositivos de proteção dos enrolamentos primário e secundário, devido a curtos-circuitos, podem provocar deslocamentos mecânicos na parte ativa, a conseqüente desestabilização mecânica e o aumento de ruídos, entre outros problemas, fatores que justificariam uma imediata retirada de operação do equipamento e encaminhamento para ações preventivas e corretivas em oficinas especializadas.

Almeida (1990) apresenta exemplos de estudos e casos aplicados de modelagem dos fenômenos vibratórios e de vibrações mecânicas em máquinas, dá especial ênfase a construção de rotinas computacionais de simulação.

Conforme Hayt Jr. (1994), os ruídos e vibrações em transformadores são decorrentes do efeito da magnetostricção ou "deformação dos cristais" dos materiais que compõem o núcleo magnético.

Com o objetivo de avaliar o impacto nas construções adjacentes, San Juan Blanco; Peres García; Herráez Sanches e Montoya Moreno (1994) demonstram os resultados obtidos com experimentos de medição de ruídos e vibrações em transformadores de distribuição de média potência (da ordem de 250 a 630 kVA) instalados em subestações enclausuradas, onde, pelos gráficos apresentados, concluem que os ruídos produzidos chegam a valores da ordem de 35 a 40 dB e que os equipamentos de menor potência apresentam ruídos mais fortes nas harmônicas de menor frequência, ocorrendo o fenômeno oposto nos equipamentos de maior potência.

Farias; Delallo; Bistafa e Grimoni (1997) apresentam um estudo de caso relativo à medição, à simulação e as providências sobre a presença de ruídos oriundos do fenômeno da magnetostricção e as vibrações mecânicas numa subestação transformadora localizada no bairro de Sumaré, São Paulo - SP, operada pela ELETROPAULO. Os autores descrevem partes da legislação ambiental federal, estadual e municipal a respeito dos ruídos urbanos que definem o limite de 71 dB como tolerável para o período diurno e 59 dB para o período noturno. Apresentam, ainda, resultados obtidos com a adoção de barreiras acústicas a base de chapas de fibro-cimento, lâ de rocha e chapas de aço perfuradas.

Guaraldo; Monteiro; Grimoni; Kiatake; Saidel e Bistafa (1997) caracterizam o ruído audível em transformadores de alta potência em subestações urbanas como decorrência da magne-

tostricção no núcleo magnético. Na medida em que a frequência padrão dos sistemas elétricos é de 60 Hz, descrevem que as vibrações presentes no núcleo são, predominantemente, de 120 Hz, vista a inversão senoidal do sentido da corrente elétrica em cada ciclo. Comentam a presença de frequências harmônicas pares de 120 – 240 – 480.... Hz que provocam vibrações devido a não linearidade do fenômeno que as causa (magnetostricção). Descrevem os ruídos produzidos como similares a um "zumbido" que têm sido motivo de incômodos e reclamações por parte de moradores das vizinhanças das SE's. Estimam que tais ruídos podem atingir 75 a 80 dB e recomendam uma série de medidas preventivas de projeto: especificação do nível de ruído tolerável, barreiras acústicas naturais e artificiais de atenuações, além de sugerir uma metodologia para o atendimento de reclamações referente às subestações em operação. Estimam ainda que os chamados "transformadores silenciosos", recomendados para aplicação em subestações localizadas em regiões urbanas e com densa vizinhança residencial, devam operar com nível de ruído na faixa de 64 dB (sem ventilação forçada atuando). Finalmente, apresentam um aplicativo computacional para avaliação destes ruídos.

Requena (1997) apresenta uma série de gráficos comportamentais dos níveis de ruídos em diversos equipamentos utilizados em centrais geradoras de energia elétrica, entre eles o referente aos transformadores de alta potência.

Sobre os ruídos audíveis e vibrações mecânicas em transformadores, Gerges (2000) afirma que estas são agravadas pela variação de sentido do campo magnético em duas vezes a frequência da corrente elétrica que o provoca. Embora sem definição específica e abordagem detalhada sobre o tema, depreende-se da publicação que os ruídos e vibrações em transformadores podem ser enquadrados no grupo de ruídos produzidos por "placas vibrantes". As lâminas de Ferro-Silício que compõem o núcleo magnético, quando submetidas à inversão de fluxo magnético variável na frequência de operação de 60 Hz, além das demais harmônicas, contribuem decisivamente para a produção de ruído. Cita ainda a possibilidade de adoção de atenuadores de ruídos artificiais (materiais filtrantes e absorvedores) e naturais (barreiras de vegetação), a fim de minimizar a propagação em linha reta de ruídos desagradáveis provocados por equipamentos. Outro fato a considerar sobre o equipamento em estudo são os acréscimos de ruídos causados por ventiladores axiais, muito usados em sistemas auxiliares de refrigeração de transformadores de potência.

A publicação de Jain; Schmidt; Ong; Mungle e Grimes (2000), embora não cite qualquer preocupação quanto à presença de ruídos em transformadores, apresenta um interessante estudo sobre a interferência de campos eletromagnéticos nos sensores utilizados para o monitoramento de temperatura e umidade interna de transformadores de potência, principalmente sobre a interfe-

rência das frequências de ressonância. Tal estudo tem aplicação no desenvolvimento de sistemas para sensoriamento, medição e acompanhamento de ruídos instalados internamente aos transformadores.

A tese de Xun (2000) descreve os experimentos realizados e os resultados obtidos para monitoramento dos ruídos presentes em transformadores de potência, os sensores e a modelagem físico-matemática desenvolvida para descrevê-los, tendo como foco o desenvolvimento e a avaliação comparativa de performance dos sistemas utilizados para a medição dos ruídos. Entre diversas outras abordagens técnicas, as conclusões apresentadas indicam que o objeto do estudo é apresentar alternativas para modelagem, monitoramento e controle dos ruídos e sua influência no ambiente entorno à subestação.

Leon; Gladstone e Veen (2001) apresentam um aprofundado estudo sobre ruídos e harmônicas presentes em transformadores de baixa potência, com aplicações para as áreas de medicina, telecomunicações e computacionais, provando e recomendando a adoção de bobinas toroidais, encapsuladas e resinadas como solução para a redução destes fenômenos.

O artigo de Medeiros (2001) constitui-se num estudo dos ruídos e vibrações produzidas em subestações de potência e a influência exercida no ambiente de entorno, propondo soluções ativas e passivas para atenuação. O autor conclui sugerindo a adoção do controle ativo (medição) dos ruídos e vibrações como forma de estabelecer parâmetros operativos aceitáveis e limitados.

Apresentando uma linha de transformadores com potências até 500 MVA e níveis de tensão de até 800 kV, o catálogo da SIEMENS (2001) para transformadores de potência permite visualizar uma série de procedimentos adotados para a redução de ruídos, entre eles: a utilização de chapas de ferro-silício com grão orientado tipo HI-B e com espessuras entre 0,23 e 0,30 mm, adotando projeto de "empilhamento" das chapas pelo processo *step-lap*, enfaixamento das colunas e eficaz sistema de aprisionamento das culatras; preferencial utilização de condutores de seção retangular para confecção dos enrolamentos, o que propicia um melhor assentamento e estabilidade mecânica das espiras; confecção de enrolamentos em forma de bobinas tipo toroidal (ou em "panquecas"), permitindo o calçamento e maior estabilização mecânica; montagem dos enrolamentos com compressão mecânica e envernizamento parcial. Outra alternativa oferecida pelo fabricante é a possibilidade de enclausuramento do tanque em ambiente fechado e o posicionamento dos bancos de radiadores em ambientes externos, isolando o ambiente externo dos ruídos de origem eletromagnética.

Brito Jr. (2002) relata as ações tomadas para uma melhor integração ambiental de uma subestação da COPEL. Relativamente à presença de ruídos característicos de transformadores de

potência, a partir da reclamação de moradores da vizinhança, cita a instalação de proteções acústicas em fase experimental. Não apresenta maiores detalhes técnicos da solução implementada.

O trabalho de Garcia-Souto e Lamela-Rivera (2002) descreve um experimento desenvolvido com a finalidade de comparar os resultados obtidos na medição de ruídos em transformadores por sensores internos ao equipamento, com sinal transmitido por fibra-ótica e os acelerômetros comuns externos. Cita as condições adversas internas tais como imersão em óleo, altas temperaturas e intenso campo eletromagnético. O experimento foi desenvolvido para ruídos na faixa de 100 Hz, ou o dobro da frequência do sistema elétrico (que na Europa é de 50 Hz) e as respectivas frequências harmônicas de 200 – 300 – 400 Hz. Apresenta gráficos comparativos e demonstra condições de boa aplicabilidade futura como dispositivos a serem adotados juntamente com os demais conjuntos de sensores que acompanham equipamentos de tal magnitude.

Ferreira (2006) apresenta artigo sobre a origem das vibrações e ruídos em transformadores de potência e os fatores tecnológicos que podem ser implementados no projeto do equipamento. Propõe o uso de atenuantes técnico-ambientais que podem ser aplicados às subestações transformadoras, em especial, às localizadas em regiões urbanas para diminuir o desconforto à população próxima, atendendo aos parâmetros legais e limites de ruídos tolerados.

O artigo de Rosa; Mamede; Pelogia e Teodoro (2006) descreve os procedimentos e resultados obtidos com a medição de ruídos de uma subestação transformadora de potência localizada na região central da cidade de Campinas (SP), com a finalidade de determinar a contribuição desse ruídos para a “poluição” sonora do ambiente entorno. Complementando com informações técnicas sobre ações mitigadoras, os autores sugerem medidas de projeto a serem aplicadas na construção dos equipamentos.

O trabalho de Mercado; Lima; Tamai; Bistafa; Fujimoto e Belardo (2007), focado no desenvolvimento de um absorvedor dinâmico para aplicação em transformadores, descreve estudos comparativos de medições obtidas em radiadores de transformadores de distribuição, com e sem o uso de absorvedores dinâmicos, a partir da utilização de acelerômetros e amplificadores de sinais.

Marcoaldi; Steinmann; Fernadéz e Gimenez (2008) apresentam uma proposta para medição de ruídos em subestações transformadoras de grande potência, definindo-se pela divisão dos ruídos em dois grupos principais: aqueles decorrentes do “efeito corona”, típicos dos sistemas de transmissão em elevadas tensões, e aqueles decorrentes da magnetostricção. Citam ainda outros ruídos típicos decorrentes dos sistemas de ventilação forçada e do efeito do vento nos equipamentos.

2.3 Quanto à modelagem estatística

O artigo de Alpert e Bibb (1974) aborda uma aplicação de regressão linear a múltiplas variáveis nos processos de decisão comercial-administrativa e alerta sobre o tamanho da amostra utilizada bem como sobre o excessivo número de variáveis independentes e a sensibilidade do modelo, discorrendo sobre a redução da confiabilidade nestes casos.

Com uma aplicação voltada à alocação de carteira de investimentos, Clawson (1974) também discorre sobre os riscos à sensibilidade do modelo de regressão linear obtido com a utilização de muitas variáveis independentes.

Hise; Myron; Kelly e McDonald (1983) discorrem sobre os resultados de um modelo aplicado ao marketing comercial de uma cadeia de lojas, obtido a partir da aplicação da regressão linear utilizando 18 variáveis independentes. Discorrem sobre a melhora de performance do mesmo quando foram promovidas alterações e segmentação dessas variáveis em outros submodelos.

Segundo Weisberg (1985), um dos mais importantes usos das técnicas de regressão é na predição do comportamento de um sistema (variável de estudo). Os métodos de regressão se encaixam perfeitamente neste tipo de tarefa, pois a equação que representa o modelo é construída com o objetivo de fornecer um valor esperado na prática a partir dos seus valores de entrada.

A publicação de Neter; Wasserman e Kutner (1990) descreve que é muito importante saber quais variáveis devem ser incluídas na modelagem. A escolha das variáveis certas garante a precisão desejada para o modelo. Do mesmo modo, a escolha de uma variável errada, dentre todas as variáveis independentes, pode invalidar o modelo por completo. Conforme os autores, a construção de um modelo de predição deve seguir as etapas: aquisição de dados, redução do número de variáveis independentes, ajuste do modelo e validação do modelo.

O artigo de Stockburger (1998) cita que, ao trabalhar com modelos, deve se levar em conta que modelos são necessariamente incompletos; que na construção de um modelo são considerados apenas alguns aspectos relevantes que formam a estrutura essencial do sistema em estudo, ou seja, o modelo é apenas uma representação de um sistema e não o próprio sistema; que modelos podem ser modificados e manipulados com relativa facilidade; que o modelo é fundamental para que um projeto possa ser desenvolvido sem que haja prejuízos desnecessários e limitações técnicas não-previstas. Afirma ainda que, através dos modelos, as modificações no andamento e no desenvolvimento de um projeto, por exemplo, não são apenas possíveis, mas podem ser feitas tantas vezes quantas forem necessárias e que os modelos devem permitir estas facilidades.

Desenvolvido para a área da administração e dos processos decisórios, o livro de Silva e Silva (1999) apresenta o formulário aplicado para testes de regressão linear simples e a múltiplas variáveis, bem como aplicações e metodologias de validação.

A dissertação de Ferreira (2002) apresenta um algoritmo e um aplicativo computacional para a simulação do comportamento térmico para estufas agrícolas, desenvolvido no aplicativo MATLAB, fundamentado em equações de modelagem para balanço energético e na utilização do cálculo matricial. A metodologia de desenvolvimento do algoritmo é similar à proposta para o presente experimento.

Ribeiro e ten Caten (2003) apresentam a metodologia de projetos de experimentos para otimização de sistemas de análise estatística de fenômenos e processos, o uso adequado das variáveis independentes e a identificação de fatores controláveis e incontroláveis (ou interferências) que podem influenciar o desempenho dos mesmos. Apresentam ainda uma metodologia simplificada para validação dos resultados e limites de decisão que asseguram a validação científica e maximizam as informações obtidas.

Alves (2004) afirma que, no meio científico, é muito comum trabalhar com modelos. Descreve ainda que o método científico propõe criar modelos de fenômenos, sua verificação ou validação e, quando necessário, sua modificação ou ajuste. O processo só é encerrado quando o modelo satisfaz todas as condições previamente desejadas, caso contrário, novos modelos deverão ser criados, validados e modificados. A construção de um modelo pode ser dividida em algumas etapas. Primeiro, o sistema a ser modelado deve ser observado. Esta observação pode ser feita tanto com recursos naturais (visão, olfato, audição, observações comportamentais, etc.), quanto através de recursos desenvolvidos especificamente, como os diversos tipos de sensores existentes. Uma vez que o fenômeno tenha sido observado, a segunda etapa consiste em sua interpretação. Nesta etapa, é feita uma análise a partir da observação para que se possa ter melhor noção do sistema em questão e já se inicia um esboço do modelo definitivo. Depois, é feita a transformação do modelo, ou seja, são aplicados os ajustes necessários que tornam o modelo mais prático e também mais preciso. Finalmente, aplica-se a verificação do modelo. É nesta etapa que os resultados obtidos a partir do modelo são comparados com os resultados observados no sistema real. Finalmente, contextualiza o autor, se estes resultados forem próximos (e confiáveis estatisticamente) pode-se dizer que o modelo é válido. No entanto, se divergirem muito, o modelo ainda não está adequado, e o ciclo de construção deve ser recommençado com ajustes.

A publicação de Barbeta, Reis e Borna (2004) orienta as fases de planejamento, exploração e tratamento de dados, teste de hipóteses e a modelagem aplicada a exemplos e experimen-

tos de engenharia, fornecendo todo o ferramental matemático necessário a cada etapa destes processos, assim como os testes de significância dos modelos obtidos.

Segundo Silva (2004), os modelos podem apresentar-se como protótipos ou como modelos matemáticos, os quais levam a soluções analíticas como, por exemplo, um modelo de regressão, ou a simulação, permitindo assim, reconstituir a rotina funcional de um dado sistema de funcionamento real.

Sendo específico para aplicações de estatística, do livro de Spiegel; Schiller e Srinivasan (2004) é possível obter-se todo o equacionamento matemático necessário para a modelagem, ajustamento, testes de significância e análise de correlação em experimentos que usam a regressão linear a múltiplas variáveis independentes.

A especializada publicação estatística de Hair; Anderson; Tathan e Black (2005) é uma das obras mais completas na abordagem de várias formas de análise e tratamento de dados para processos decisórios e simulações. Mesmo direcionado a aplicações administrativas e comerciais, quando tratam dos aspectos que envolvem a aplicação dos modelos com base na regressão linear a múltiplas variáveis, os autores discorrem extensamente sobre o assunto. Tratam, inclusive, sobre a quantidade excessiva de variáveis independentes, as características de risco ao modelo, a necessidade de correção e da avaliação da correlação entre as variáveis independentes, além dos efeitos do tamanho da amostra na sensibilidade do modelo.

2.4 Quanto à utilização de sistemas de aquisição de dados de subestações transformadoras conjuntamente a sistemas gerenciadores através de aplicativos de “interface amigável”.

Segundo Sprague e Carlson (1982), os sistemas de apoio à decisão (SAD) podem ser definidos como sistemas computacionais que ajudam os responsáveis pelas tomadas de decisões a enfrentar problemas estruturais através de uma interação direta com modelos de dados e análises. Os autores afirmam ainda que os SAD podem ser divididos em três camadas de hardware e software: o sistema de aquisição, o conjunto de interface (hardware e software) e filtragem e, finalmente, os aplicativos amigáveis que possibilitam ao usuário interpretar os dados.

O trabalho de Sprague e Watson (1991) divide a participação no desenvolvimento de um SAD em 5 categorias: o gerente ou usuário (pessoa responsável por resolver o problema e tomar a decisão); o intermediário (auxiliar do usuário, atuando como operador do sistema ou simplesmente dando sugestões); o projetista (responsável por customizar o sistema para a realidade que o mesmo se propõe, devendo conhecer muito bem a área na qual o problema está inserido); o suporte técnico (que desenvolve recursos ou componentes adicionais para o SAD como novos bancos de dados, novos modelos de análise, novos formatos para exibição dos dados, quando neces-

sário) e o desenvolvedor (responsável pelas novas tecnologias, novas linguagens, novas ferramentas com a intenção de tornar o sistema mais eficiente).

Taylor (1997) discorre sobre a adoção de sistema de aquisição de dados para o controle e monitoramento de máquinas em geral. Afirma que as informações de um sistema ou processo se davam, anteriormente, de forma analógica, utilizando dispositivos de medição com ponteiros, por exemplo, sendo que o operador da planta deveria fazer a leitura nestes instrumentos e controlar, por si próprio, tal processo. Com a rápida evolução da tecnologia, os processos se tornaram mais rápidos e mais complexos, e o controle manual da planta pelo operador se tornou muito difícil, às vezes até impossível. Segundo o autor, os sistemas de aquisição de dados podem ser descritos como sistemas que coletam informações de dispositivos sensores, convertem os sinais lidos para sinais digitais (dados) e transmitem estes dados para computadores, displays ou outros dispositivos eletrônicos que possam processá-los.

O artigo de Cardillo e Feser (2004) apresenta um experimento de desenvolvimento e instalação de um sistema de monitoramento de um transformador de potência de 350 MVA com o objetivo de avaliar a vida útil do equipamento a partir das condições térmico-operativas. Utilizando lógica FUZZY e desenvolvido com a base MATLAB-SIMULINK, os autores descrevem, sucintamente, os dispositivos de software e hardware empregados, bem como os resultados obtidos em comparação com os valores reais nas condições de operação sob cargas variadas e temperaturas ambientes diversificadas. Concluem que, com a adição de melhorias, o sistema pode auxiliar na predição pontual de sobrecargas em variadas condições de temperatura externa.

A monografia de graduação de Ferreira (2004) relata o desenvolvimento e teste de um software aplicativo com interface usuário amigável para monitoramento e simulação das condições térmico-operativas de transformadores de potência. O autor usa a metodologia estatística de modelagem por regressão linear a duas variáveis independentes (carga em MVA e temperatura do ambiente externo em °C) para determinar a variável dependente (temperatura do óleo em °C). Usa como base de dados 3 transformadores que operam em subestações da “Grande Porto Alegre”. O autor utiliza como software de desenvolvimento a linguagem “aberta” PHYTON e finaliza apresentando a confiabilidade dos modelos que superam índices de 95 %.

O artigo de Marino; Poza; Otero e Machado (2005) apresenta os resultados obtidos com o desenvolvimento e instalação de um sistema de monitoramento de um transformador de potência de 40 MVA – 132 kV/66 kV. O sistema descrito consiste na aquisição de dados de temperatura ambiente, do óleo e das condições de umidade, utilizando sensores do tipo PT100. Apresenta também uma descrição sintética dos softwares e hardwares utilizados para a aquisição, armazenamento e interface com o usuário, através da integração de aplicativos como o LabVIEW 6.1,

Oracle e PEIGUI (Programa Electronic Instrument Graphical User Interface). Os autores concluem pela simplicidade e confiabilidade do processo, informando que o sistema está em fase de patenteamento.

Ely; Biasoli; Lambert-Torres e Moraes (2006) propõem e desenvolvem um sistema de monitoramento das condições operativas de transformadores com foco no suporte a decisões relativas à manutenção de caráter preditivo. Com a avaliação das falhas ocorridas, com o monitoramento da presença de contaminantes e elementos (gases) indesejáveis no fluido isolante-refrigerante e com o cruzamento de informações relativas à vida útil e de caráter econômico-financeira, os autores apresentam um protótipo de aplicativo computacional desenvolvido em aplicativo MS ACCESS.

Silva (2007) apresenta um trabalho descrevendo detalhadamente os componentes de um complexo sistema de gerenciamento das condições operativas de transformadores de potência. Dotado de diversos pontos de monitoramento, o sistema apresenta como facilidades uma interface com o usuário bastante detalhada, inclusive com sistemas de alerta de condições limites e anormais de operação.

O trabalho de Aragão; Almeida; Nottingham; Braga; Amora e Fontenele (2007) descreve experimentos com um sistema teste para monitoramento de temperaturas aplicado em transformador de distribuição, utilizando os resultados obtidos para aplicação no modelo NARX (*nonlinear autoregressive model with exogeneous variables*), comparando os resultados com o modelo IEEE C57.115, e, posteriormente, simulando o comportamento térmico em um transformador de grande potência. Os autores concluem que os resultados e a metodologia permitem estimar com boa precisão as temperaturas limites de operação e a perda de vida útil do equipamento em função das mesmas.

Andrade; Coelho; Fröhlich; Pires; Moreira e Guimarães (2008) descrevem um sistema experimental para monitoramento de grandezas operativas de transformadores de distribuição, entre elas as temperaturas de operação do ponto crítico e do óleo, aplicado em redes subterrâneas e equipamentos de potência nominal da ordem de 500 kVA. Entre outros resultados, o experimento possibilitou avaliação do regime de carregamento, a estimativa de perda de vida útil decorrente da degradação térmica dos materiais isolantes submetidos à operação com temperatura ambiente da ordem de 38° C e a possibilidade de gerenciamento do regime de carregamento em função das temperatura operativas.

Ferreira; Ferreira; Pfitscher e Tamagna (2008) apresenta resultados experimentais de uma proposta de modelagem com base no método da regressão linear múltipla aplicado a 3 subestações de potência da região da região metropolitana de Porto Alegre, apresentando os resultados

estatísticos comparativos e uma rotina computacional que simula o comportamento térmico-operativo do equipamento e com interface “amigável” aos usuários do sistema desenvolvida em linguagem PHYTON. Cabe ressaltar que este artigo resume os resultados obtidos com os experimentos iniciais que indicaram a viabilidade e a confiabilidade das variáveis escolhidas e da aplicação da metodologia para a presente tese.

O trabalho de Vasconcellos (2008) discorre sobre a importância e a necessidade crescente da evolução técnica e das comparações entre sistemas de monitoramento operativo de subestações de potência com base em arquiteturas centralizadas e descentralizadas. Conclui pela recomendação da arquitetura descentralizada, tendo em vista a possibilidade de expansão e agregação de novas grandezas e situações para o sistema de monitoração, citando ainda que tal sistema facilitaria a aplicação em equipamentos de menor porte e o gerenciamento centralizado de vários equipamentos.

Em um trabalho focado na segurança operativa para incêndios e explosão de equipamentos de transformação de grande porte, Han; Kim; Choi; Lee; Choi e Noh (2004) apresentam um ensaio térmico totalmente monitorado de um transformador de 60 MVA – 154 kV/22,9 kV submetido a críticas condições de temperatura e à aplicação de recursos necessários para extinção de focos de incêndio em subestações.

O folheto AREVA (s.d.) descreve as características técnicas e informações disponibilizadas de um sistema de monitoramento aplicado em equipamentos de transformação de alta potência na forma de um produto que compõe hardware e software e pode ser adquirido junto com o equipamento.

3 CONCEITOS GERAIS SOBRE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA E SISTEMAS SUPERVISORES EM SUBESTAÇÕES

Fundamentado na bibliografia de suporte, este capítulo tem como objetivo apresentar os principais conceitos, embasamentos teóricos e fenômenos presentes nos transformadores de potência, quando em operação, principalmente àqueles diretamente relacionados com o comportamento térmico, com as trocas térmicas com o ambiente externo, com as vibrações de origem eletromagnética e ruídos decorrentes.

São apresentadas, ainda, descrição sintética e importância dos sistemas de aquisição de dados empregados em subestações de potência, seus principais componentes de *hardware* e *software*, além dos princípios gerais de funcionamento dos sistemas supervisores e de gerenciamento operativo.

3.1 Emprego e importância das subestações de potência

Na maioria das situações, as centrais geradoras de energia elétrica, principalmente as hidrelétricas, situam-se a grandes distâncias dos centros consumidores. Portanto, para transporte da energia gerada com minimização de perdas é imprescindível a transmissão em altas tensões, que (no sistema brasileiro) vão desde 69 kV até 500 kV para transmissão em corrente alternada. Ao mesmo tempo, próximo aos centros de distribuição e consumo, as tensões de transmissão necessitam passar por um processo inverso, o rebaixamento, sendo distribuídas (na maioria dos padrões empregados no Brasil) nos níveis de 13,8 kV e 22 kV. Neste contexto é que são empregados as subestações e os transformadores de potência, com a função de elevar ou rebaixar o sistema para os níveis de tensões de geração, transmissão e distribuição.

Os transformadores de potência são equipamentos de alto custo, importância estratégica e vital aos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica. Em função da potência nominal, que se situa na faixa de 10 a 350 MVA, podem ser responsáveis pelo suprimento de energia nos níveis de tensão desejados para conjuntos de pequenas e médias cidades, bairros ou regiões de grandes cidades. Os procedimentos técnicos da substituição, os cuidados e dificuldades no transporte, os elevados custos e a pouca disponibilidade de reservas técnicas são fatores que, em caso de avaria, provocam imensos transtornos às concessionárias, tanto do ponto de vista econômico quanto do desgaste na confiabilidade do sistema perante aos clientes. Portanto, o gerenciamento da carga é vital para manter os equipamentos operando dentro da normalidade.

3.2 Princípios de funcionamento e componentes dos transformadores de potência

Os transformadores de potência são constituídos dos seguintes componentes principais:

- núcleo de ferro magnético;
- enrolamentos primário e secundário (em alguns casos são acrescentados de um enrolamento terciário e de outro de tensão de serviço);
- fluido refrigerante e isolante;
- invólucro (caixa, tanque ou carcaça) e radiadores;
- comutador a vazio ou sob carga;
- instrumentação e acessórios de interligação, proteção, sinalização e controle.

Na figura 3.1, é apresentada uma imagem “em corte” de um transformador de potência, onde visualizam-se os principais componentes.

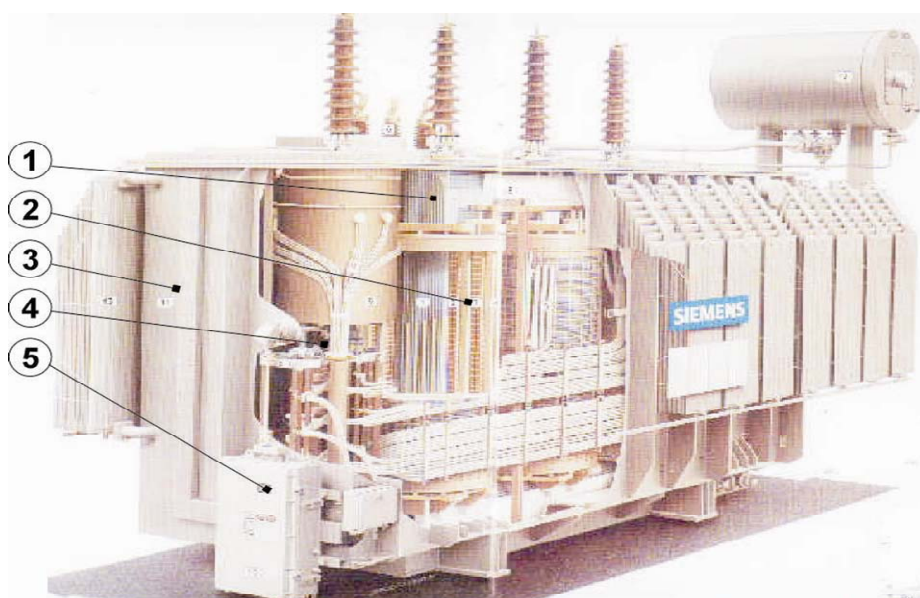


Figura 3.1 – Corte esquemático de um transformador de potência e seus principais acessórios (fonte: Catálogo SIEMENS, 2001). 1 – Núcleo de ferro magnético. 2 – Enrolamento primário e secundário. 3 - Caixa ou tanque. 4 – Comutador sob carga. 5 – Painel de controle, sinalização e proteção.

O funcionamento destas máquinas elétricas obedece aos princípios da indução eletromagnética, ou princípios de Faraday (Michael Faraday, 1791-1867). Consiste em um circuito (campo) eletromagnético variável e alternado em que estão inseridos, no mínimo, dois circuitos elétricos, construídos na forma de bobinas espiraladas (enrolamentos), isolados entre si e dispostos em um núcleo composto de lâminas de ferro-silício.

O equacionamento fundamental que define a construção de um transformador e sua finalidade é dado pela relação de transformação para “o transformador ideal” (quando em funcionamento “a vazio” ou sem queda de tensão), conforme apresentado por Martignoni (1971):

$$\phi = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (3.1)$$

Onde:

ϕ relação de transformação

$E_{1,2}$ tensão do enrolamento primário (1) e secundário (2) [V]

$N_{1,2}$ número de espiras do enrolamento primário (1) e secundário (2)

$I_{1,2}$ corrente elétrica do enrolamento primário (1) e secundário (2) [A]

Obs: por norma, convencionam-se denominar primário o enrolamento de maior tensão.

3.3 Calor gerado pelas perdas térmicas e condições de projeto

Quando em operação, a passagem da corrente elétrica alternada pelos enrolamentos provoca as chamadas "perdas no ferro" (por histerese magnética e por correntes parasitas) e "perdas no cobre ou no enrolamento", decorrentes do “efeito ou Lei de Joule” (James Prescott Joule, 1818-1889). As perdas traduzem-se em dissipação de potência e aquecimento na chamada "parte ativa" do equipamento (núcleo magnético e enrolamentos) numa relação que, de forma simplificada, pode afirmar-se que quanto maior a potência transformada, e conseqüentemente maior corrente elétrica, maior a potência dissipada na forma de perdas térmicas.

Segundo Christie (1969), a histerese magnética é a energia consumida na magnetização e desmagnetização do ferro (do núcleo) e a perda por histerese pode ser quantificada por:

$$W_h = 10^{-7} \cdot \mu \cdot B_M^{1,6} \cdot f \cdot V \cdot P_N \quad (3.2)$$

Onde:

W_h perda no ferro decorrente da histerese magnética por kg de núcleo [W.kg⁻¹]

B_M valor máximo da indução magnética no núcleo [G]

f frequência da corrente elétrica [Hz]

V volume do núcleo magnético [m³.10⁻⁶]

P_N peso do núcleo [kg]

μ coeficiente de Steinmetz (Charles Proteus Steinmetz, 1865-1923) relativo ao material do núcleo.

Conforme Martignoni (1971), as correntes parasitas são correntes elétricas induzidas e circulantes nas lâminas do núcleo magnético decorrentes do próprio fluxo magnético produzido no equipamento. Conforme o autor, as perdas por correntes parasitas podem ser determinadas pela equação:

$$W_p = 10^{12} \cdot \frac{\pi^2}{8 \cdot \rho} \cdot B_M^2 \cdot f^2 \cdot \delta^2 \cdot V \quad (3.3)$$

Onde:

W_p	perdas no ferro decorrentes das correntes parasitas, por kg de núcleo	[W.kg ⁻¹]
ρ	resistividade do material das lâminas do núcleo	[$\Omega \cdot 10^{-6} \cdot m \cdot 10^{-2}$]
δ	espessura das lâminas do núcleo	[m.10 ⁻³]

As perdas no ferro, que praticamente independem da carga aplicada ao equipamento, são devidas à corrente de magnetização. Não se pode afirmar que são constantes, pois além do número de espiras do enrolamento e da seção magnética do núcleo, que são valores fixos, dependem da tensão do enrolamento e da frequência da rede, sendo que estas duas grandezas sofrem pequenas alterações relativas à carga e aos desequilíbrios do sistema de transmissão. Mesmo assim, é possível considerar-se como inexpressivas as variações das perdas no ferro.

Ainda da publicação de Martignoni (1971), é possível demonstrar-se que a indução magnética do núcleo é obtida por:

$$B_M = \frac{E_1 \cdot 10^8}{4,44 \cdot N_1 \cdot S_m \cdot f} \quad (3.4)$$

Sendo:

S_m	seção magnética do núcleo	[m.10 ⁻⁴]
-------	---------------------------	-----------------------

Obs: para o cálculo da indução magnética é possível usar-se a tensão “a vazio” do enrolamento secundário (E_2), nesse caso substitui-se também N_1 por N_2 no denominador da equação.

Conforme define a “lei de Joule” as perdas no cobre são diretamente proporcionais à resistência ôhmica dos enrolamentos e ao quadrado da corrente elétrica que circula em cada um deles. Podem ser dimensionadas pela equação (Christie, 1969):

$$W_c = I_1^2 \cdot r_1 + I_2^2 \cdot r_2 + \dots + I_n^2 \cdot r_n \quad (3.5)$$

Onde:

W_c perdas no cobre [W]

$I_{1,2,\dots,n}$ corrente elétrica nos enrolamentos 1, 2, ..., n [A]

$r_{1,2,\dots,n}$ resistência ôhmica dos enrolamentos 1, 2, ..., n [Ω]

Sendo assim, a perda de potência total num transformador é obtida pela equação:

$$W_t = (W_h + W_p) \cdot P_N + W_c \quad (3.6)$$

Onde:

W_t perdas totais [W]

P_N peso do núcleo [kg]

As perdas no cobre variam conforme a carga, visto que são proporcionais às correntes circulantes nos enrolamentos. As perdas totais refletem-se no equipamento na forma de calor dissipado na parte ativa.

Relativamente às perdas no ferro e no cobre e seus respectivos comportamentos nas diversas condições de carregamento do transformador, cabe transcrever os resultados do experimento de Kosow (2005). Observando os resultados da medição e comparação das perdas em um transformador de 500 kVA, é possível confirmar que nas condições de baixo carregamento a influência das perdas no ferro nas perdas totais é alta. Nas condições de carregamento elevadas cresce a influência das perdas no cobre sobre o resultado obtido para as perdas totais. Os resultados descritos pelo autor podem ser visualizados na Tabela 3.1.

Sobre as perdas no ferro, na medida em que são decorrentes dos efeitos da magnetização no núcleo e que independem da carga, é importante citar que um modelo que avalie a sua influência na temperatura do fluido dependerá somente da troca térmica deste com o meio externo.

Comportamento das perdas no ferro (núcleo) e no cobre (enrolamentos) relativamente às perdas totais - Ensaio num transformador de 500 kVA					
Percentual de carregamento sobre a potência nominal (%)	Perdas no ferro (W)	% sobre as perdas totais	Perdas no cobre (W)	% sobre as perdas totais	Perdas totais W
25	1800	77,85%	512	22,15%	2312
50	1800	46,75%	2050	53,25%	3850
75	1800	28,08%	4610	71,92%	6410
100	1800	18,00%	8200	82,00%	10000
125	1800	12,33%	12800	87,67%	14600

Tabela 3.1 - Comportamento das perdas no ferro (núcleo) e no cobre (enrolamento) relativamente às perdas totais – ensaio num transformador de 500 kVA.

Nos transformadores de potência imersos em líquidos isolantes (normalmente óleo mineral derivado de petróleo), o fluido tem como função principal promover a troca do calor gerado na parte ativa com o meio externo. É imprescindível que o equipamento opere dentro dos limites de temperatura estabelecidos pela norma para não comprometer a durabilidade dos materiais que o constituem e do fluido isolante-refrigerante. Portanto, uma das fases mais importantes do projeto construtivo de um transformador de potência consiste no estabelecimento de fluxos convectivos internos que permitam e direcionem a circulação do fluido pelos pontos da parte ativa mais suscetíveis à concentração do calor gerado pelas perdas.

Além das perdas no ferro, que se comportam como valores quase constantes, é possível concluir que um aumento de potência transformada reflete-se imediatamente no aumento da temperatura do fluido refrigerante e nos fluxos convectivos internos (parte ativa, fluido, invólucro e radiadores) e externos (invólucro, radiadores e ambiente externo).

Em equipamentos de grande porte, com a finalidade de ampliar as trocas térmicas com o meio externo, os projetistas empregam recursos como estágios de ventilação forçada nos radiadores, convecção forçada por bombeamento do fluido e trocadores de calor externos com fluidos refrigerados. A terminologia técnica utilizada para classificar os tipos de transformadores quanto às formas ou estágios de troca térmica com o meio externo é a seguinte:

- a) ONAN – operação com circulação interior natural do óleo (convecção natural) e circulação natural do ar externo (convecção natural).
- b) ONAF_N – operação com circulação interior natural do óleo e circulação forçada do ar externo (ventilação forçada). O índice _N significa o número de estágios de ventilação programado (ou grupos de ventiladores que devem atuar) para cada temperatura operativa atingida e programada no projeto do equipamento. As potências nominais dos equipamentos previstas para operação ONAN e ONAF são indicadas por valores separados por / (barra). Uma potência nominal indica-

da de 36/48/60 MVA, por exemplo, significa operação projetada de 36 MVA em ONAN, 48 MVA em ONAF₁ e 60 MVA em ONAF₂.

c) OFAF_N – operação com circulação interior forçada do óleo (convecção forçada) e circulação forçada do ar externo, considerando _N estágios de acionamento.

d) ONWN – operação com circulação interior natural do óleo e com trocador de calor externo com circulação natural de água.

e) ONWF – operação com circulação interior natural do óleo e com trocador de calor externo com circulação forçada de água.

f) OFWF - operação com circulação interior forçada do óleo e com trocador de calor externo com circulação forçada de água.

Obs.: o acréscimo da letra D nas siglas significa que o óleo que sai do sistema de troca com temperatura mais baixa (ou refrigerado) terá um fluxo dirigido a pontos específicos (e críticos) do enrolamento. O acréscimo das letras ND ou a falta de sua indicação significa que o fluido que sai do sistema de troca com temperatura mais baixa (ou refrigerado) terá retorno livre ou não direcionado.

A norma NBR 5416 (ABNT, 1997), que disciplina a aplicação de cargas em transformadores de potência, é fundamentada nos procedimentos e limites previstos na Recomendação Técnica IEEE 57.91 (1995) e na sua correção 1 (IEEE, 2002), em especial nos pontos abordados no item 7 da IEEE 57.91.

A NBR 5416 classifica os equipamentos em dois grupos: aqueles com limites operativos de 55° C acima da temperatura ambiente e que não podem exceder a 65° C no ponto mais quente do enrolamento (*Hot Spot*); e aqueles que podem operar com 65° C, ou, no máximo, 80° C no ponto mais quente. É relevante considerar que os materiais e fluídos isolantes empregados nestes equipamentos começam a deteriorar-se com o aumento da temperatura, chegando a limites de acelerada degradação na faixa dos 105° C, e riscos de inflamação na faixa dos 115° C. Como fator de projeto, é usual estipular-se que as temperaturas do fluído isolante acima de 75° C influirão na diminuição da "vida útil" do equipamento e na redução dos intervalos entre manutenções preventivas e preditivas recomendadas (Milasch, 1984).

Conforme a IEEE 57.91 (e NBR 5416), a equação proposta para determinar a temperatura crítica ou do ponto mais quente do enrolamento (*Hot Spot*) é a seguinte:

$$\theta_H = \theta_A + \theta_{BO} + \Delta\theta_{WO/BO} + \Delta\theta_{H/WO} \quad (3.7)$$

Onde:

θ_H	temperatura do ponto mais quente do enrolamento	[° C]
θ_A	temperatura do ambiente externo	[° C]
θ_{BO}	temperatura do fluido no fundo do tanque do equipamento	[° C]
$\Delta\theta_{WO/BO}$	diferença entre a temperatura no ponto mais quente do óleo e a temperatura do óleo no fundo do tanque do equipamento	[° C]
$\Delta\theta_{H/WO}$	diferença entre a temperatura do óleo no ponto mais quente do enrolamento e a temperatura no ponto mais quente do óleo	[° C]

Normalmente, os equipamentos mais antigos possuem sistemas de medição de temperaturas instalados para medir os valores no ponto, supostamente, mais quente do óleo ou no topo do tanque. Inicialmente, essa medição era feita por dispositivo tipo sonda termômetro com mostrador analógico. Modernamente, essas medições são feitas através de sondas do tipo PT-100 ligadas ao sistema supervisor. Em equipamentos antigos, a adaptação é tecnicamente possível e fácil.

Da mesma forma, grande parte dos equipamentos possuem sondas no ponto imaginado pelo projetista como o de maior concentração de calor no enrolamento. Nos equipamentos antigos, esse sistema também era do tipo analógico com regulagem de alarme para as temperaturas limites. Modernamente, já são usadas sondas blindadas contra a interferência do intenso campo eletromagnético do equipamento, normalmente a base de fibra ótica, ou ainda a adaptação dos sensores antigos para operar com sinais identificados pelo sistema supervisor.

A medição da temperatura do ambiente externo é simples e perfeitamente adaptável a qualquer subestação.

O problema maior para a plena confiança no uso do modelo da equação 3.8 reside nas dificuldades:

- De disponibilidade de medições da temperatura do óleo no fundo do tanque nos equipamentos mais antigos. A instalação desses dispositivos só pode ser feita em equipamentos novos ou quando os equipamentos desprovidos forem submetidos a uma manutenção na sua parte ativa.
- De confiabilidade na medição efetuada no ponto mais quente do enrolamento, seja por interferências no sistema de medição ou, ainda, por não se ter certeza de que o posicionamento da sonda esteja exatamente no ponto mais quente do enrolamento. Tal circunstância pode sofrer variabilidade inclusive por desequilíbrios de carga nas fases ou por degradações decorrentes de falhas ou do tempo de operação.

A metodologia proposta pelas normas (IEEE e ABNT) tem se mostrado conservativa no que se refere aos limites de operação com base na temperatura de operação do óleo no topo do

equipamento (*Top oil*), o que tem motivado diversas pesquisas com a finalidade de estabelecer modelos que estabeleçam, de forma mais precisa, a correlação entre esta temperatura e a efetivamente ocorrida no ponto mais quente do enrolamento (*Hot Spot*).

No capítulo 2, foram referenciados diversos trabalhos recentes voltados ao aprimoramento desta metodologia, o que significa que diversos pesquisadores estão avaliando novos métodos de ampliar os limites operativos dos equipamentos de transformação sem comprometer a vida útil dos materiais isolantes e risco imediato do próprio equipamento. Esta necessidade deriva da questão econômica, na medida em que pode atender mais carga com o mesmo equipamento (fator de carregamento), como também da questão ambiental, na medida em que pode melhorar o rendimento elétrico (perdas/potência transformada).

Outra questão que vale apenas abordar relativa à metodologia das normas, refere-se ao fato de que tais limites são empregados na forma de controle de ocorrência – quando o limite foi excedido ou está na iminência de sê-lo – ou, quando na forma de previsão, com excessiva prudência, sem considerar o tempo efetivo que o equipamento operará sob condições de elevadas carga e temperatura ambiente externa

Tal fato constitui-se num problema técnico e de planejamento que insiste em estabelecer regimes operativos uniformes em equipamentos instalados em regiões de climas diversificados, como em algumas regiões do sul do Brasil, onde é possível o equipamento operar em determinados períodos do ano em condições de temperaturas ambiente da ordem de 40° C (ou mais) e em situações de sobrecarga muito críticas e arriscadas, como também abaixo de 10° C, em que as condições de carregamento ou sobrecargas podem ser toleradas sem causar grande ameaça de sobreaquecimento ao equipamento. Dessa forma, sistemas que simulem regimes térmico-operativos de transformadores podem tornar-se uma importante “ferramenta” de gerenciamento de sistemas elétricos.

3.5 Óleos minerais isolantes-refrigerantes

Pela sua importância na condição de meio isolante e refrigerante, este componente é permanentemente objeto de pesquisas e estudos, assim como é fundamental o seu controle periódico como meio de avaliação das condições operativas e de risco ao equipamento.

Os trabalhos de Ferreira (1978 e 1982), de Schmidt (1979), de Oliveira; Cogo e Abreu (1984) e de Milasch (1984) abordam, de forma abrangente, as propriedades físicas, químicas e elétricas dos óleos minerais isolantes empregados em transformadores, suas características e limites operativos, os processos de oxidação, envelhecimento e regeneração, bem como os méto-

dos normalizados de análise para o emprego inicial e controle previsto nas inspeções e manutenções preventivas ou preditivas.

Sendo assim, conforme Ferreira (1982), cabe citar que as principais características e ensaios observados para qualificar limites nos óleos minerais isolantes são:

- a) Cor – límpido e com o padrão de transparência máxima 1 para óleos novos ou 3 para óleos usados, conforme define o ABNT-MB 351;
- b) Ponto de fulgor – 140° C, temperatura em que o vapor do óleo é suscetível a esparsas inflamações, conforme o ABNT-MB 50;
- c) Ponto de fluidez – temperatura mínima para que o óleo deixe de fluir ou inicie o congelamento -39° C (234 K), conforme o ABNT-MB 820;
- d) Densidade – de 0,861 (a 20° C) a 0,90 (a 4° C), conforme NBR 7148;
- e) Viscosidade – de 25 cST (a 20° C) a 3 cST (a 100° C), conforme ABNT-MB 293;
- f) Ponto de anilina – 63 a 84° C, indicativo de concentração de compostos aromáticos no óleo, conforme ABNT-MB 299;
- g) Tensão interfacial – avalia a presença de contaminantes ou oxidantes 40 mN/m a 40° C, conforme NBR 6234;
- h) Índice de neutralização (acidez) – avalia a presença de contaminantes e oxidantes, 0,03 mg de KOH/g de óleo, conforme ABNT-MB 101;
- i) Rigidez dielétrica – capacidade de isolamento dielétrico de 30 a 42 kV, conforme NBR 6869 e NBR 1059;
- j) Fator de potência – determina a presença de contaminantes solúveis, máximo 0,5% a 90° C, conforme ASTM-D-924;
- k) teor de água – máximo 70 ppm, conforme ASTM-D-1533.

A avaliação periódica dessas propriedades ou de outras que necessitam ensaios laboratoriais mais especializados pode servir como diagnóstico não só das condições operativas, mas também da ocorrência iminente de problemas na parte ativa que, se não tomadas às providências devidas, podem pôr em risco a integridade do equipamento.

É imprescindível reafirmar que várias dessas propriedades são afetadas negativamente pelo efeito da temperatura de operação acima do limite, contribuindo não só para a degradação acelerada do fluido, mas também dos componentes isolantes da parte ativa (esmaltes, vernizes, papéis, papelões, plásticos, fibras e tecidos). Esta circunstância pode diminuir as condições de isolamento e favorecer a formação de lodo (ou borras), que se depositarão na parte ativa e nos pontos de circulação do fluido, com influência negativa nas trocas térmicas, proporcionando um círculo vicioso de prejuízos à isolamento e sobreaquecimento.

Portanto, o controle da temperatura do óleo no equipamento em operação e o estabelecimento de condições de carregamento, a partir dessa avaliação, é uma medida tecnicamente eficaz para estabelecer regimes operativos.

3.5 Estabelecimento do regime térmico-operativo

Na maioria dos casos, as concessionárias de energia elétrica, assim como as empresas que possuem subestações de grande porte para abastecimento próprio, estabelecem padrões de operação que permitem sobrecarregar os equipamentos em percentuais aplicáveis à respectiva potência nominal. Determinam o acompanhamento instrumental da temperatura de trabalho como forma de controle do comprometimento da vida útil e dos prazos de manutenção. Tal técnica, quando aplicada de forma indiscriminada, sem considerar a "história" da operacionalidade de cada equipamento, pode representar, em alguns casos, situações de extremo conservadorismo por não utilizar o equipamento no seu melhor potencial operativo, ou de risco excessivo para a segurança, expondo o equipamento a avarias e reduzindo sua vida útil.

Para exemplificar, Milasch (1984) e Silva (2006) apresentam curvas e tabelas de desgaste na resistência mecânica e elétrica dos materiais isolantes empregados em transformadores de potência, com base no número de horas de exposição a determinados níveis de temperatura média de operação e do ponto quente. Com o uso recente e crescente de sensores eletrônicos e armazenamento digital de informações, esses valores agora podem ser avaliados com excelente nível de precisão.

De outra forma, os métodos de carregamento por aplicação genérica de sobrecargas percentuais, até então muito utilizados pelas concessionárias, podem ser contestados. É possível afirmar que uma alta sobrecarga de curta duração, quando a temperatura ambiente externa é baixa, pode ser menos danosa ao equipamento que uma sobrecarga baixa, com longa duração, principalmente em regime climático externo de temperaturas elevadas. Ou seja, em princípio, a mesma regra para admitir ou limitar sobrecargas não pode ser aplicada em equipamentos operando no inverno e no verão, ou em regimes temporários e permanentes, ou ainda em regiões e regimes de carga diferenciados.

Frequentemente, por aumento de demanda, contingências operacionais de manutenção ou indisponibilidades temporárias de outras subestações da região, os operadores de sistemas de energia elétrica necessitam transferir grandes blocos de carga elétrica entre transformadores de potência. Em alguns casos, estas transferências podem originar pequenas ou grandes sobrecargas que, em longo prazo, podem comprometer a expectativa de "vida útil" dos equipamentos, assim como colocá-los em "stress" momentâneo, aumentando bruscamente a temperatura de trabalho e,

por consequência, os riscos de uma pane imediata. Em outras circunstâncias, essas mesmas necessidades contingenciais são encaradas com bastante temor pelos operadores, levando-os a bloqueá-las devido ao risco, deixando consumidores sem ou com precariedade de atendimento, ou ainda transferindo tarefas para períodos com custo de realização maior.

Nestas situações, o apoio à decisão baseado num sistema de supervisão, monitoramento e simulação-modelo das condições operativas é fundamental: permitiria avaliar o limite de carregamento adequado ao longo das diversas fases climáticas do ano, facilitaria e daria segurança às decisões em contingências emergenciais e contribuiria para reduzir custos e prazos de manutenções. De outra forma, poderia tornar-se um importante instrumento de planejamento e gerenciamento do fator de carga do equipamento e do sistema de transmissão como um todo.

3.6 Vibrações e ruídos nos transformadores de potência

Do artigo de Marcoaldi; Steinmann; Fernández e Gimenez (2008), referente à avaliação de ruídos presentes em subestações transformadoras de potência, é possível obter as informações:

- a) Ruídos decorrentes do “Efeito Corona” ou ionização do ar estão presentes em praticamente todas as subestações que operam com tensões acima de 138 kV e são variáveis conforme a umidade presente no ar, quando podem apresentar uma intensidade de caráter médio e contínuo. Caracterizam-se por uma amplitude quase constante (da ordem de 40 dB) e de baixa frequência (na faixa de 100 ou 120 Hz), que causa desconforto as pessoas que estão no entorno. Em alguns casos foram medidos componentes da ordem de 35 a 40 dB em frequências na faixa de 20 kHz;
- b) Ruídos por ação do vento sobre os condutores são, geralmente, de valor variável e de baixa intensidade frente às demais fontes de ruído;
- c) Ruídos decorrentes dos reatores de linha ocorrem devido a equipamentos instalados nos extremos das linhas de transmissão (LTs) muito longas, com a finalidade de compensar as reatâncias elétricas das LTs. Embora produzam ruídos de intensidade considerável, não são muito presentes em subestações localizadas em zonas de grande concentração urbana, e sim em grandes centrais de transformação, geralmente localizadas em áreas mais afastadas;
- d) Ruídos dos transformadores de potência são as principais fontes de ruído nas subestações e são caracterizados por um “zumbido” ou “ronco” de tom constante e de baixa frequência (da ordem de 10 a 120 Hz). Tais ruídos ficam mais evidentes quando o ruído de fundo é baixo, o que ocorre em subestações afastadas de zonas urbanas ou à noite em zonas urbanizadas, neste caso, causam incômodos aos habitantes do entorno.

Sobre os ruídos com origem nos transformadores, cabe recordar que para minimizar as perdas de potência e restringir o efeito das chamadas "correntes parasitas", o núcleo magnético é composto pelo empilhamento de lâminas de liga Ferro-Silício (1,5 a 3% de Si), tipo grão orientado, com espessuras da ordem de 0,3 a 0,35 mm. Grande parte desta potência perdida apresenta-se sob a forma de calor. Outra parcela, principalmente a decorrente dos fenômenos de histerese magnética e das correntes parasitas, caracteriza-se por ruídos audíveis e vibrações mecânicas (Gerges, 2000), sendo estas últimas agravadas pela variação de sentido do campo magnético em duas vezes a frequência da corrente elétrica que o provoca. Conforme Hayt Jr. (1994) estes fenômenos são decorrentes do efeito da magnetostricção ou "deformação dos cristais" dos materiais que compõem o núcleo magnético.

Ainda sobre esses ruídos, é interessante reproduzir a descrição de Guaraldo; Monteiro; Grimoni; Kiatake; Saidel e Bistafa (1997 p. 3):

O ruído audível característico dos transformadores de força é causado principalmente pela magnetostricção do núcleo. Quando um transformador é ligado a um sistema de frequência 'f', seu núcleo fica sujeito a uma vibração mecânica complexa de frequência '2f'. A não linearidade da lei de magnetostricção explica a presença de harmônicos na vibração do núcleo. A vibração complexa resulta assim da superposição de vibrações senoidais cujas frequências são harmônicas pares da frequência do sistema elétrico.

No caso do Sistema Elétrico Brasileiro (ou sistema em 60 Hz) essas frequências são 120, 240, 480, 960 Hz. Em sistemas de 50 Hz as harmônicas atuam em 100, 200, 400, 800 ... Hz.

Ainda, segundo Marcoaldi; Steinmann; Fernández e Gimenez (2008), é possível informar que os principais fatores que contribuem para maior ou menor intensidade destes ruídos são: a densidade do fluxo magnético, a geometria do núcleo, a forma de onda da tensão, a frequência de ressonância do núcleo, o projeto e a qualidade da montagem da parte ativa, seus materiais e componentes.

Relativamente ao comprimento, as lâminas que compõem o núcleo magnético são placas delgadas e estreitas. Portanto, quando devidamente excitadas, são muito mais suscetíveis aos efeitos das ondas vibrantes. Esta é a principal fonte de ruídos.

Na maioria dos equipamentos, as espiras que compõem os enrolamentos são confeccionadas com condutores de seções delgadas relativamente ao comprimento das espiras, tornando-as figuras geométricas muito suscetíveis à influência das vibrações de origens magnéticas e mecânicas. Quando as espiras estão bem fixadas, a vibração mecânica originada na variação do fluxo magnético é baixa, e o nível de ruído com origem no bobinado é baixo. Quando a corrente de carga é rica em harmônicos, é produzido um nível de ruído maior no bobinado, o qual acompanha o espectro de frequências das harmônicas que o geraram.

É possível admitir-se que os ruídos originados nos transformadores podem ser classificados em dois grupos interdependentes: os de origem eletromagnética, caracterizados por uma espécie de "zumbido" oriundo da frequência principal e suas harmônicas pares, e os de origem mecânica, como consequência das vibrações (provocadas pelo campo eletromagnético) dos componentes da parte ativa.

O fluido isolante-refrigerante comporta-se como um atenuante também neste processo. Sob um campo de observação externo ao tanque do equipamento, o nível de ruído percebido é menor devido à atenuação do fluido isolante-refrigerante. Os chamados "transformadores a seco" (sem fluido e sem tanque), com emprego recomendado em algumas circunstâncias, apresentam níveis de ruídos maiores. Devido a sua viscosidade, o fluido isolante-refrigerante atua também como amortecedor das vibrações da parte ativa.

Observações de campo permitem afirmar que, relativamente à potência nominal do equipamento, quanto menor a potência transformada, mais perceptíveis são os ruídos de origem magnética. Justifica-se pelo fato de o equipamento operar com valores mais próximos da "corrente de excitação" (ou de magnetização) e com tensões primárias e secundárias mais elevadas. Na maioria das subestações, tais condições ocorrem à noite, combinando com períodos de maior "silêncio" urbano, o que acentuam os efeitos desagradáveis dos ruídos no ambiente externo vizinho.

Na hipótese de alguma avaria interna decorrente de curtos-circuitos ou de descargas atmosféricas que tenham atingido o equipamento, o "trauma" causado pelas forças eletromecânicas que atuaram na parte ativa pode determinar mudanças no espectro de ruídos e vibrações do equipamento, devido a desestabilizações ou flexibilizações ("afrouxamentos") dos dispositivos de compactação da parte ativa. Mesmo não ocorrendo problemas operacionais mais graves, ainda devido às forças eletromecânicas presentes na operação do equipamento, o contínuo e longo funcionamento leva naturalmente ao aumento de vibrações e ruídos pela desestabilização gradativa dos sistemas de fixação e compactação da parte ativa. Embora raramente aplicado pelas concessionárias, os fabricantes e manuais de manutenção recomendam, por prevenção, a periodicidade decenal ou quinzenal para verificação e reapertos gerais na parte ativa em equipamentos que não apresentaram anormalidades em operação. A observação de ruídos anormais deve determinar imediatas providências de inspeção na parte ativa, visto que pode sugerir a iminência de uma falha mais grave, a qual pode comprometer seriamente o equipamento.

Assim, a importância e a motivação de se avaliar o comportamento dos ruídos e vibrações nas subestações transformadoras de potência se devem: à necessidade de monitorar os níveis de ruídos por questões ambientais e, se for o caso, constituir providências de minimização ou provas judiciais de normalidade legal; à necessidade de se conhecer o espectro de sinais decorrentes

das vibrações e ruídos, para avaliar a sua degradação ao longo do tempo ou uma possível mudança repentina de espectro, fornecendo subsídios para decisões de manutenção preventiva e preditiva.

Por outro lado, a medição de ruídos em subestações apresenta dificuldades que vão da impossibilidade de aproximar-se dos equipamentos devido ao risco de acidentes elétricos e passam pelos aspectos construtivos e proximidade de outros equipamentos de transformação que podem ser fontes de geração ou reflexão de ruídos, desqualificando a medição. Uma segunda dificuldade é que, na impossibilidade de se desligar o equipamento, fica difícil avaliar a influência do ruído do ambiente entorno na medição. Mesmo assim, Marcoaldi; Steinmann; Fernández e Gimenez (2008) apresenta orientações para a realização de medições em subestações de potência que podem apresentar razoáveis resultados qualitativos. Esta técnica foi empregada e está relatada no Capítulo 6.

É necessário comentar que, além dos ruídos citados, os transformadores de grande potência podem apresentar outras fontes de ruídos mecânicos de origem não magnética, por exemplo: os ruídos do sistema de ventilação forçada de ar (externa e incidente nos radiadores), os ruídos de sistemas de bombeamento (convecção forçada) do fluido isolante-refrigerante e os ruídos mecânicos e elétricos dos dispositivos de comutação de tensão sob carga.

3.7 Sistemas de aquisição de dados

Até alguns anos, as informações de um equipamento em operação, sistema ou processo se davam de forma analógica, utilizando instrumentos e dispositivos de medição com ponteiros, por exemplo. Praticamente não existiam processos automatizados, sendo o operador ou supervisor do processo quem deveriam fazer a leitura nestes instrumentos e controlar tal processo. Com a rápida evolução da tecnologia, os processos se tornaram mais rápidos e mais complexos, e o controle manual se tornou muito difícil, às vezes até mesmo impossível (Taylor, 1997).

A evolução no campo da eletrônica, da tecnologia da informação e uma consequente redução de custos vêm possibilitando um uso crescente e acelerado de dispositivos e sistemas que disponibilizam dados operativos e sua integração em sistemas supervisores. Com o passar do tempo, essas grandezas analógicas começaram a ser convertidas em sinais digitais. Esta mudança é necessária devido a diversos fatores. Um deles é o aumento do custo de mão de obra especializada para o controle destes processos, ao mesmo tempo em que o custo de sistemas baseados em eletrônica digital e computadores vem sendo reduzido continuamente. Além disso, os sistemas digitais e computacionais conseguem “ler” muito mais informações em tempo muito menor do

que um ser humano. Isto possibilita não só um controle mais preciso, como também ações mais rápidas sobre o processo.

Ainda segundo Taylor (1997), os sistemas de aquisição de dados podem ser descritos como sistemas que coletam informações de sensores, convertem os sinais lidos para sinais digitais (dados) e transmitem estes dados para computadores, *displays* ou outros dispositivos eletrônicos que possam processá-los. Conforme o autor, os sistemas de aquisição de dados são compostos basicamente pelos seguintes elementos: sensores e transdutores; condicionadores de sinais; conversores A/D e D/A; *software*.

Ferreira (2004 p. 19 e 20) descreve, detalhadamente, as características dos componentes de um sistema de aquisição de dados, conforme transcrito na sequência:

- os sensores e transdutores são dispositivos que transformam a grandeza que está sendo medida (temperatura, pressão, umidade, etc.) em sinais e impulsos elétricos desejados. Em um sistema de aquisição de dados a escolha dos sensores que serão utilizados é de extrema importância para que a obtenção dos resultados seja compatível com o esperado. Fatores como precisão, linearidade e tipo de sinal de saída devem ser muito bem observados no momento da escolha do sensor. Alguns tipos de sensores comumente empregados em sistemas de aquisição são: termopares (medição de temperatura), PT100 (medição de temperatura), sensores de pressão, *strain gauges*, fotocélulas (medição de luminosidade), entre outros;
- os condicionadores de sinais são dispositivos ou circuitos eletrônicos que ajustam os sinais analógicos gerados pelos sensores para o sinal correto que os conversores A/D conseguem ler. Formam este grupo os amplificadores, os filtros e os isoladores. Os amplificadores são utilizados para ajustar os sinais analógicos provenientes dos sensores a níveis de tensão ou corrente compatíveis com os conversores A/D. Os filtros são responsáveis por reduzirem os ruídos dos sinais analógicos, geralmente sinais de alta frequência, produzidos por fontes como radiofrequência, rede elétrica e aterramento. Já os isoladores têm a função de proteger determinadas partes do sistema contra possíveis sobrecargas de tensão e corrente, as quais podem causar danos irreparáveis aos circuitos eletrônicos digitais. Como exemplos de isoladores cita-se os acopladores optoeletrônicos;
- os conversores A/D são os componentes responsáveis por converter uma grandeza elétrica analógica em uma representação numérica adequada (sinal digital) ao tratamento digital do sinal medido. Após a conversão ter sido feita, a informação deve chegar até o computador (ou o sistema que fará o processamento dos dados). Para isto, pode-se utilizar comunicação serial (RS-232, RS-422, RS-485, etc.), comunicação USB, comunicação através da porta paralela, barramento ISA ou PCI e, nos dias atuais, rede *Ethernet*, muito empregada em redes de computadores. Em alguns sistemas específicos talvez seja necessário converter um sinal digital em um sinal analógico, como num atuador, por exemplo. Nestes casos são utilizados os conversores D/A;
- o *software* tem como função realizar o processamento dos dados lidos. O *software* é responsável pelo controle do sistema e permite ao usuário parametrizar, comandar e monitorar o processo de aquisição de dados. Geralmente, os *softwares* de aquisição de dados armazenam os sinais lidos em arquivos para que os mesmos possam ser consultados posteriormente. Dependendo do grau de sofisticação do *software* ainda é possível a visualização e edição dos dados adquiridos, e também a geração de gráficos e relatórios demonstrativos.

3.8 Sistemas de Apoio à Decisão (SADs)

Segundo Sprague e Carlson (1982), os Sistemas de Apoio à Decisão (SADs) podem ser definidos como sistemas computacionais que ajudam os responsáveis pelas tomadas de decisões

a enfrentar problemas estruturais através de uma interação direta com modelos de dados e análises. Afirmam, ainda, que os SADs podem ser divididos em 3 “camadas”: o SAD específico, o gerador de SAD e as ferramentas para o SAD. Definem que:

- o SAD específico é um sistema de informação, constituído de *hardware* e/ou *software*, que permite que o(s) responsável(is) pela tomada de decisões lide(m) com um conjunto específico de problemas afins.

- o gerador de SAD pode ser visto como um “pacote” de *hardware* e *software* que oferece uma série de recursos para a criação de um SAD específico de maneira rápida e simples. A evolução em direção a Geradores de SAD evoluiu a partir de linguagens de uso específico. A maioria dos sistemas computacionais que poderiam ser utilizados como Geradores de SAD estão evoluindo a partir da ampliação de linguagens de planejamento ou de linguagens de geração de modelos, contando também com recursos adicionais que possibilitam a elaboração de relatórios específicos e exibição de gráficos explicativos.

- as Ferramentas para SAD são elementos de *hardware* ou *software* que facilitam o desenvolvimento de um SAD específico ou de um gerador de SAD. Esta “camada” tecnológica tem sofrido enormes avanços, incluindo linguagens de uso específico e melhorias nos sistemas operacionais para possibilitar novas abordagens como, por exemplo o uso de sistemas de tempo real.

Para o desenvolvimento de um SAD aplicável à supervisão e à simulação do regime térmico-operativo e de monitoramento dos ruídos em transformadores e subestações de potência, entende-se como necessárias as seguintes etapas:

a) Coleta, armazenamento e análise de dados *online* em subestações automatizadas, com regimes de carga diferenciados, preferencialmente, durante meses típicos de inverno e meses típicos de verão, com o objetivo de avaliar o comportamento das variáveis: temperatura do ar no ambiente externo; temperatura no ponto mais crítico do enrolamento do transformador; temperatura crítica do fluido isolante; curva de carga ou potência aparente de transformação; emissão de ruídos e vibrações do transformador;

b) Modelagem matemática baseada na teoria de análise de sinais, com o objetivo principal de estabelecer correlações cruzadas entre as variáveis medidas, avaliando os níveis de influência nas temperaturas críticas do enrolamento e do fluido isolante provocados pela variação da potência transformada e da temperatura do ar no ambiente externo. Tais correlações poderão determinar espectros, ou curvas, de potência limite de transformação em situações previsíveis de necessidades de carga e variação climática externa, bem como sua influência nas temperaturas críticas internas (enrolamento e fluido) e na maximização da "vida útil" do equipamento;

- c) Modelagem de correlação entre a potência transformada, tensão, corrente e o ruído emitido no ambiente pelo transformador, estabelecendo padrões de avaliação de ruídos que podem ser decorrentes da variação destas grandezas elétricas ou de outras anormalidades técnicas;
- d) A partir das correlações e modelagem matemática, desenvolvimento de rotinas computacionais que permitam simular tendências comportamentais para os níveis de sobrecarga permissíveis, por temperatura; projeções de temperaturas críticas (no fluido e no enrolamento); e influência na maximização da curva de "vida útil" do equipamento. Para os ruídos e vibrações, estabelecimento de padrões que permitam a comparação do espectro de sinais ao longo do tempo de operação.

A partir das premissas acima, como teste preliminar de verificação da confiabilidade e validação da metodologia que poderia ser aplicada a este experimento, durante o ano de 2004 orientou-se o desenvolvimento de um *software* aplicativo para modelagem e simulação (de aplicação acadêmica) denominado SimTrans, descrito em Ferreira (2004). Os resultados das simulações obtidas demonstraram níveis de confiabilidades superiores a 95% quando comparados com os dados reais. Na Figura 3.2, é possível observar um diagrama esquemático do sistema.

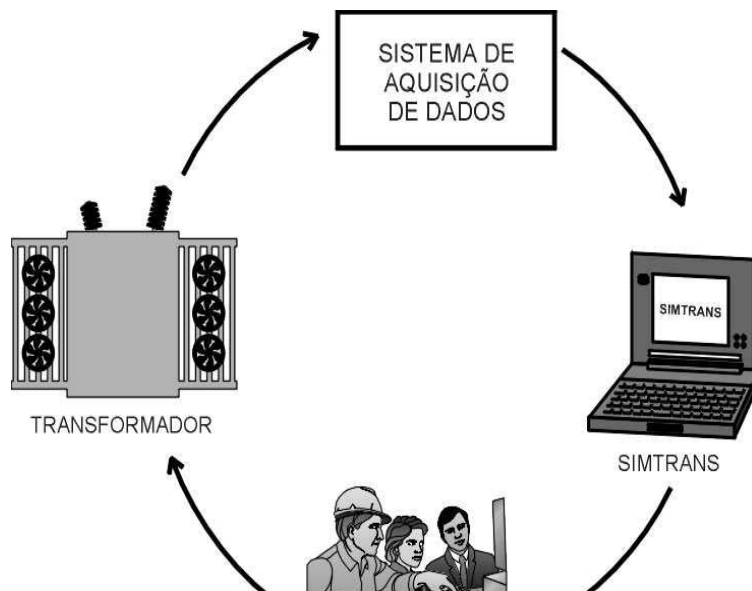


Figura 3.2 – Diagrama esquemático do Sistema SimTrans para simulação do comportamento térmico de transformadores de potência (Fonte: SimTrans, Ferreira, 2004).

4 MODELAGEM EXPERIMENTAL E VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA

Relativamente à modelagem das trocas térmicas dos transformadores de potência, sintetizando a revisão bibliográfica apresentada no capítulo 2, é possível afirmar que diversas pesquisas recentes buscam revisar e aprimorar a Metodologia IEEE C57.91 (1995) e cujo objetivo principal é possibilitar um maior fator de carregamento no equipamento sem comprometer a vida útil. Voltadas a subsidiar os projetos de equipamentos e seus limites térmicos de operação, estas pesquisas preocupam-se exclusivamente com o fluxo térmico interno (por condução e convecção) do sistema “núcleo + enrolamentos + fluido”. Objetivam, ainda, uma melhor avaliação do comportamento da temperatura crítica ou *Hot Spot* a partir das medições da temperatura do óleo e da imagem térmica. As publicações referenciadas que abordam esta linha de pesquisa são: Lesieutre; Hagman e Kirtley Jr. (1997), Álvares; Samesima e Delaiba (1999), Ohis e Czaszejko (2002), Radakovic; Cardillo e Feser (2002), Radakovic; Cardillo; Feser e Schäfer (2002), Radakovic; Cardillo e Feser (2003), Radakovic e Feser (2003), Eckholz; Knorr; Schäfer; Feser e Cardillo (2004), Pradhan e Ramu (2004), Jardini; Brittes; Magrini; Bini e Yasuoka (2005), Silva (2005), Susan (2005), Tylavsky; Xiaolin e McCula (2005), Pan; Chen; Yun; Wang e Sun (2006), Vilaithong; Tenbohlen e Stirl (2006), Aragão; Almeida; Nottingham; Braga; Amora e Fontenele (2007) e Takami e Mahmoudi (2009).

Apresentando aspectos relativos à implantação e ao funcionamento dos sistemas supervisores das grandezas elétricas e térmicas presentes nos transformadores de potência quando em operação, também podem ser agrupados da revisão bibliográfica efetuada os trabalhos de: Cardillo e Feser (2004), Marino; Poza; Otero e Machado (2005), Ely; Biasoli; Lambert-Torres e Moraes (2006), Firouzifar e Mahmoudi (2007), Silva (2007) e Andrade; Coelho; Fröhlich; Pires; Moreira e Guimarães (2008). Cabe destaque ao trabalho de Firouzifar e Mahmoudi (2007) que, através da instalação de diversos sensores térmicos internos, objetivou avaliar a velocidade e modelo das trocas térmicas convectivas (internas) no fluido de um transformador de grande potência instalado no clima desértico (semi-árido), com muita variação entre a temperatura diurna e noturna, de uma subestação em operação nas proximidades de Teerã (Irã).

A pesquisa bibliográfica não encontrou nenhum trabalho com o foco de avaliar o comportamento térmico dos transformadores de potência relativamente às suas trocas térmicas com o meio externo num regime operativo cíclico (diário) e sujeito às variações climáticas intensas e constantes, além de outros fatores não previstos no projeto, tal como a presença de outras fontes de calor próximas (outros transformadores ou equipamentos presentes nas subestações). Tam-

pouco foi observado qualquer estudo que utilizasse os dados dos sistemas supervisores para subsidiar os processos de decisão para o regime térmico-operativo futuro dos equipamentos.

Desta forma a proposta deste trabalho é justificada na necessidade de se estabelecer modelos térmicos individualizados que possibilitem essa abordagem e apoio decisório, a partir de dados e condições operativas obtidas nos sistemas supervisores atualmente em crescente processo de implantação nas subestações de potência.

Neste capítulo, após a definição das hipóteses, premissas e condições iniciais do experimento, seguidas de uma descrição sucinta do sistema de aquisição que forneceu subsídios para estas modelagens, foram aplicadas as etapas descritas como necessárias, na forma de 3 experimentos de regressão linear simples entre as variáveis independentes e entre estas e a variável dependente. Na sequência, foram desenvolvidos 3 modelos de regressão linear dupla, avaliando-se a correlação e confiabilidade dos resultados.

O objetivo foi verificar experimentalmente, usando aplicativo computacional Microsoft Excel, se a metodologia apresentava níveis de confiança e validação que permitissem investir no desenvolvimento de um algoritmo e de um aplicativo computacional específico para a modelagem com essa técnica.

4.1 Escolha das variáveis e do método de modelagem

As variáveis escolhidas para a modelagem foram as três mais representativas para a geração de calor interno e as trocas térmicas com o meio externo:

- a carga em MVA;
- a temperatura do ambiente externo em °C;
- a temperatura do óleo em °C (em alguns casos a temperatura da imagem térmica).

Como em qualquer outro equipamento térmico, as trocas térmicas do fluido do transformador com o meio externo são diretamente proporcionais a diferença de temperatura entre eles. Por outro lado, conforme descrito no capítulo 3, o aumento da potência de carga gera aumento de calor interno pelas perdas no núcleo e nos enrolamentos, aumentando a temperatura do fluido.

A carga em MVA é uma grandeza de que faz parte do controle operativo da subestação, portanto presente nos sistemas supervisores. Ao mesmo tempo, para que se possa fazer um controle de segurança da operação, os sistemas supervisores das subestações de potência disponibilizam dados obtidos de sensores da temperatura do óleo na parte superior do tanque (Top Oil), sendo que alguns equipamentos mais recentes são dotados também de sensores da imagem térmica.

Até o início dos experimentos descritos neste projeto, poucas subestações contavam com sensores de temperatura para o ambiente externo. É possível afirmar com segurança que em pelo menos duas das subestações que forneceram dados para os experimentos deste projeto, estes sensores foram instalados com este propósito.

Sobre a construção de um modelo de regressão linear múltipla, Silva e Silva (1999) e Harir; Anderson; Tatham e Black. (2005) recomendam que sejam observadas diversas etapas a fim de que o modelo possa ser construído apenas com as variáveis que possuam um expressivo nível de influência no resultado esperado, especialmente quando se trabalha com amostras muito grandes, como foi o caso do presente experimento.

Na fase inicial da modelagem, os autores orientam que é necessário fazer uma boa observação dos dados para buscar inconsistências ou falhas, as quais podem causar interferência ou alta margem de erro no resultado final. Recomendam, ainda, que para a construção do modelo, há múltiplas variáveis independentes, estas devem ser testadas uma a uma contra a variável dependente, avaliando-se os Coeficientes de Explicação e Correlação. Se possível, para avaliar a correlação, a influência e as interferências entre elas, deve ser testada, também, a modelagem de regressão simples entre as variáveis independentes. A seguir, devem ser escolhidas as variáveis independentes de maior poder de explicação para compor o modelo de regressão múltipla, avaliando-se qual a significância destas para aumentar o Coeficiente de Explicação. Finalmente, deve ser construído o modelo de regressão linear múltipla, avaliando-se os resultados e os níveis de confiança alcançados.

4.2 Hipóteses, premissas e condições iniciais

Com a finalidade de simular a temperatura de operação dos transformadores de potência, o objetivo desta fase do experimento consistiu em obter uma equação que modelasse a troca térmica entre o calor “gerado” internamente no transformador (perdas no ferro e perdas no cobre) e seu meio fluídico de refrigeração (óleo) e entre este e o ambiente externo.

Buscando a futura construção de um algoritmo computacional, nesta fase inicial de sondagens e experimentação, optou-se por usar o aplicativo Microsoft Excel

Conforme apresentado na figura 4.1, o fluxo estabelecido previu como grandezas iniciais cuja correlação seria estudada, a temperatura do ambiente externo ao transformador, a temperatura do fluido e a potência aparente (carga).

Foram estabelecidas como premissas iniciais:

- a carga e o conseqüente calor gerado pelas perdas têm uma dependência do ambiente externo, sendo o regime de carga próprio do grupamento de consumidores, com alguma influên-

cia da temperatura e das condições climáticas do ambiente num maior ou menor carregamento do equipamento. Na realidade, é comum considerar-se que a elevação da temperatura externa demanda mais energia e carga;

- a temperatura do fluido é dependente da carga e das perdas, não ocorrendo o fluxo inverso, em que a temperatura do fluido elevaria a carga (ou as perdas);

- há uma interdependência entre a temperatura do fluido e as condições do ambiente externo. Ela é mais forte, crítica e presente no fluxo de trocas térmicas do sentido fluido para o ambiente externo, onde a temperatura do fluido é maior que a temperatura externa. E mais fraca, menos presente e tecnicamente não importante, quando ocorre a condição inversa, em que a temperatura do ambiente externo é maior que a temperatura do fluido.

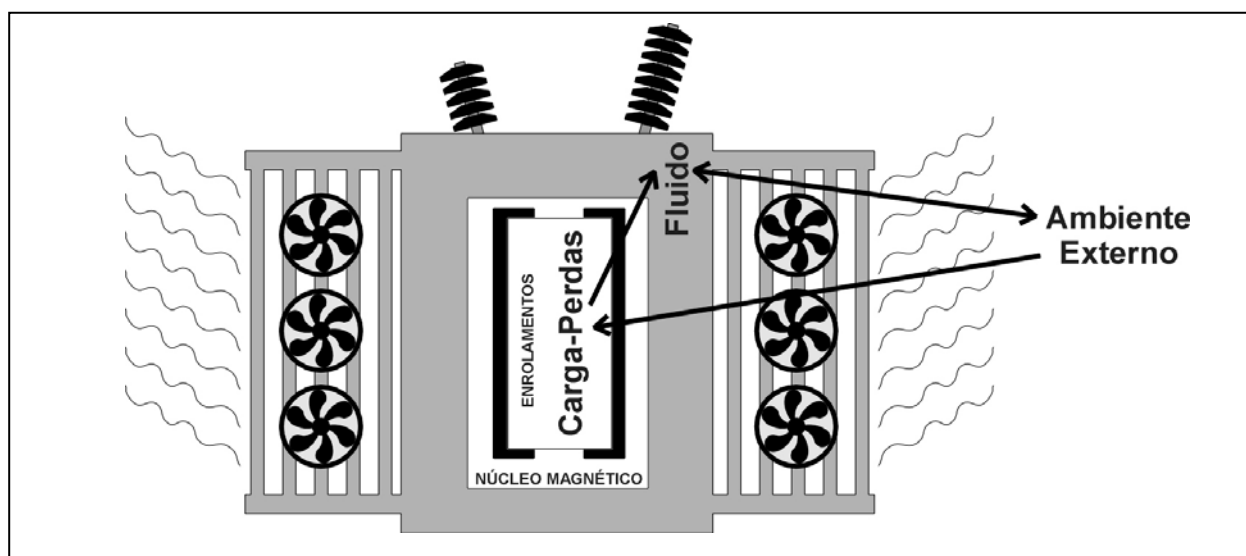


Figura 4.1 – Fluxo de trocas térmicas usado na modelagem inicial

É importante ressaltar também dois fatores ou duas premissas:

- o sistema de trocas térmicas entre parte ativa, fluido e ambiente externo já foi estabelecido quando do projeto do equipamento. Portanto são fatores que não podem ser alterados;
- para o ambiente externo será considerado somente o fator temperatura;

Alguns fatores não mensuráveis, ou de difícil mensuração, têm influência no regime de trocas térmicas, mas é possível supor que os dados de temperatura externa recebidos já contemplam todas as circunstâncias em que eles possam influir. Tais fatores podem ser: a incidência da radiação solar direta e difusa; a intensidade e direção da ventilação natural; a chuva e a umidade relativa do ar; poeiras e sujeiras no sistema “tanque + radiadores”; falhas no sistema de refrigeração forçada; cor da pintura do equipamento, entre outros.

Como condição e premissa inicial, foi definido que a base de dados adquiridos para esta modelagem experimental de validação do método deveria ser de um equipamento instalado e o-

perando regularmente em sistema de carga não sujeita a sazonalidades (safra agrícola ou regiões de veraneio, por exemplo), para que fosse possível obter um regime operativo onde os ciclos diários ou semanais de carga pudessem ser submetidos a condições ambientais externas diversificadas.

Portanto, para esta etapa, foram utilizados dados adquiridos da Subestação São Leopoldo (SE São Leopoldo), operada pela Concessionária AES Sul, relativos ao transformador de potência com as seguintes características técnicas: marca TRAF0; tensão primária 138 kV; tensão secundária 23 kV; frequência 60 Hz; potência nominal 36/48/60 MVA (Volt x Ampere x 10^6), sendo 36 MVA para operação com ventilação natural (VN), 48 MVA para operação com o primeiro estágio (grupo) de ventilação forçada ligado (VF1) e 60 MVA para o segundo estágio de ventilação forçada atuando (VF2).

A subestação escolhida teve como justificativa o fato de ser uma subestação que opera com sistema supervisor “on-line”, sendo possível adquirir, em intervalos de 1 segundo, diversas grandezas operativas, entre elas: tensão, corrente, potência real, potência reativa, frequência, temperatura crítica do óleo, temperatura crítica do enrolamento e temperatura ambiente, entre outras. Também teve fator preponderante na escolha da subestação e do equipamento o fato de atender a um conjunto de consumidores do tipo industrial, comercial e residencial, portanto, sujeita a um regime de carga que sofre pouca influência de situações de sazonalidade. Na figura 4.2 é possível observar uma imagem do transformador utilizado nesta fase do experimento.

O sistema de supervisão instalado e operando na SE São Leopoldo consiste na aquisição de dados elétricos com a instrumentação convencional (voltímetros, amperímetros, wattímetros, frequencímetros, etc.) e de dados térmicos a partir de sensores do tipo PT100. Após a eliminação e filtragem de interferências comuns em sinais de subestações, processa a conversão dos sinais analógicos para sistemas digitais. Os dados são transmitidos da unidade (subestação) para um Centro de Operação do Sistema (COS) via satélite, através do protocolo IEC-870-5-101, onde são armazenados e servem para avaliação dos parâmetros operativos da subestação. O sistema de aquisição é totalmente independente da ação de operador na subestação. O diagrama básico e a imagem do sistema transmissor da SE São Leopoldo podem ser visualizados nas figuras 4.3 e 4.4.

Dadas as condições iniciais e premissas, para esta modelagem experimental, foram estabelecidas as seguintes questões e hipóteses:

- É possível determinar, com um grau de confiabilidade aceitável, um modelo que defina e simule as condições térmico-operativas de um transformador de potência?

- A partir de dados simultâneos relativos ao carregamento (Potência Aparente, em MVA) do equipamento e da temperatura do ambiente externo é possível simular a temperatura de operação do fluido isolante-refrigerante?

- Utilizando-se de uma base de dados extensa e confiável, é possível obter e validar uma função que projete a temperatura de operação do fluido com base na modelagem através da regressão linear múltipla?



Figura 4.2 – Imagem do transformador de potência da Subestação São Leopoldo (TRAFO, 36/48/60 MVA, 138/26 kV)

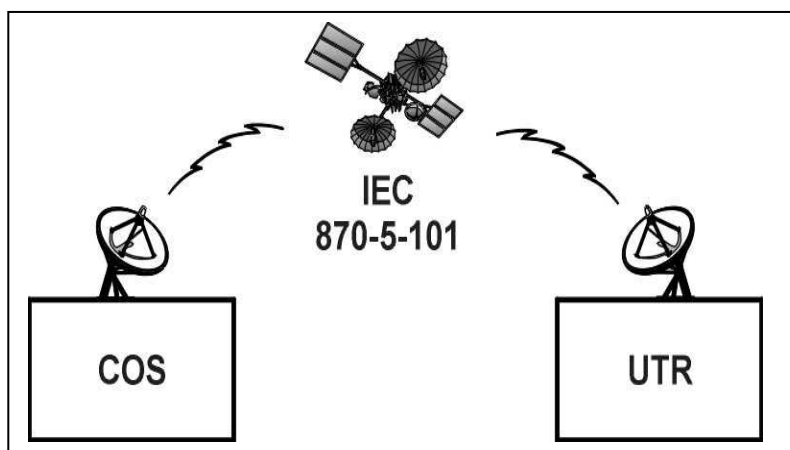


Figura 4.3 – Diagrama básico do sistema de transmissão de dados usado na SE São Leopoldo



Figura 4.4 – Unidade transmissora de dados usada na SE São Leopoldo

4.3 Aquisição de dados e construção do primeiro modelo

Os dados utilizados nesta primeira modelagem experimental consistiram na data, hora, potência ativa (MW), potência reativa (MVar), temperatura do ambiente exterior ($^{\circ}$ C) e temperatura do óleo no ponto crítico ($^{\circ}$ C). Correspondendo a 864 dados de cada uma dessas grandezas, foram medidos simultaneamente em intervalos de 15 minutos, da 0 h do dia 06/06/2003 até às 23 h e 45 min do dia 14/06/2003. É importante frisar que os valores referentes à potência aparente, ou carga, que constam do Anexo 1, foram obtidos com a aplicação da equação (Kosow, 2005):

$$P_r = \sqrt{P_u^2 + P_a^2} \quad (4.1)$$

Onde:

P_r potência aparente (ou carga) [V.A]

P_u potência ativa (útil ou real) [W]

P_a potência reativa [V.Ar]

Os dados completos estão listados no Anexo 3. Na figura 4.5, estes dados estão apresentados na forma de gráfico de linhas.

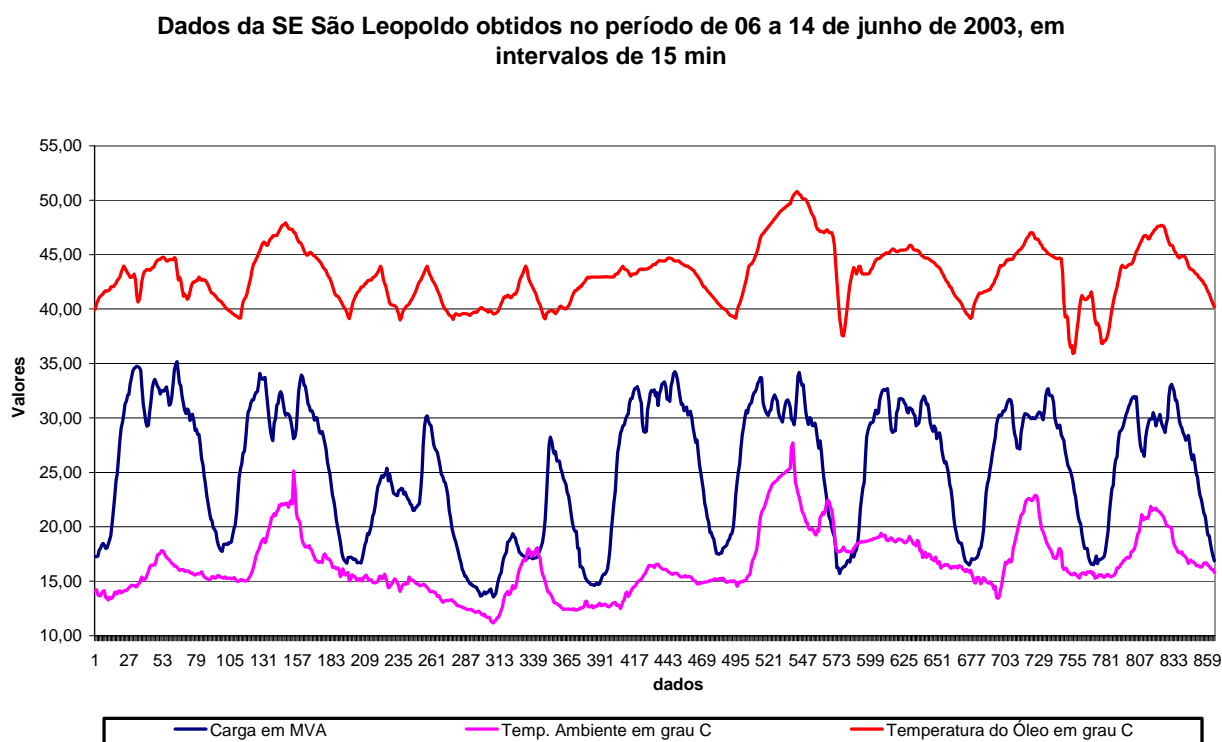


Figura 4.5 – Gráfico dos dados da SE São Leopoldo obtidos no período de 06 a 14 de junho de 2003, em intervalos de 15 minutos.

Seguindo as orientações de Hair; Anderson; Tatham e Black (2005), antes da construção do primeiro modelo procurou-se verificar a consistência da base de dados. Considerando que, no caso de transformadores operando normalmente, tanto a potência como as temperaturas internas e externas não se comportam com variações bruscas, com o uso de gráficos “de linha”, procurou-se verificar se não havia “saltos” muito grande de valores dos dados, ou “zeramentos” comuns nos casos de falha do sistema de aquisição. Verificou-se que, nesta amostra, tais circunstâncias não ocorreram, portanto, os dados foram integralmente validados e aproveitados.

Ainda conforme os autores citados, para verificar a existência de alguma correlação entre os dados e sua intensidade, aplicaram-se as técnicas de modelagem baseada na regressão linear simples (uma variável independente e uma variável dependente). Com base no fluxo e nas influências apresentadas na figura 4.1, as correlações foram testadas na seguinte sequência:

- Temperatura do óleo (dependente) e carga (independente);
- Temperatura do óleo (dependente) e temperatura do ambiente (independente);
- Carga (dependente) e temperatura do ambiente (independente).

4.3.1 Análise comportamental da temperatura do óleo em função da carga

Seguindo as formulações propostas por Silva e Silva (1999), Spiegel; Schiller e Srinivasan (2004), Barbetta; Reis e Bornia (2004) e Hair; Anderson; Tatham e Black. (2005), para modelos de regressão linear simples, é possível aplicar a seguinte equação:

$$y = A + Bx \quad (4.2)$$

Onde:

- y variável dependente
- x variável independente
- A coeficiente estimador de interferências, ajustes ou erros
- B coeficiente estimador da variável independente

Ainda conforme os autores, para se obter os valores de A e B o equacionamento recomendado é:

$$\sum y = A.n + B \sum x \quad (4.3)$$

$$\sum x.y = A \sum x + B \sum x^2 \quad (4.4)$$

Sendo:

- n número de dados considerados da amostra

Isolando-se A em 4.3 chega-se a:

$$A = \frac{\sum y - B \sum x}{n} \quad (4.5)$$

Substituindo 4.5 em 4.4 obtém-se:

$$B = \frac{n \cdot \sum x.y - \sum y \cdot \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (4.6)$$

Aplicando-se 4.6 e 4.5 nos dados do Anexo 1, referentes à carga em MVA (x) e à temperatura do óleo em °C (y) obtém-se os valores:

$$A = 35,514$$

$$B = 0,2984$$

Então, a equação que representa o modelo de variação da temperatura do óleo em função da variação da carga é:

$$y = 35,514 + 0,2984.x \quad (4.7)$$

Conforme Barbetta; Reis e Bornia (2004), é possível calcular-se um coeficiente que explique proporcionalmente a variação de y em função das variações de x , este coeficiente é denominado Coeficiente de Determinação. Outros autores já citados chamam também de Coeficiente de Explicação. Também é possível obter-se o Coeficiente de Correlação, que explicita a correlação entre os valores definidos (ou medidos) e os simulados (ou determinados) pelo modelo. Estes coeficientes podem ser obtidos pelas equações (Silva e Silva, 1999):

$$R^2 = B \cdot \frac{\sum x.y - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}} \quad (4.8)$$

$$R = \sqrt{R^2} \quad (4.9)$$

Onde:

R^2 Coeficiente de determinação ou de explicação

R Coeficiente de correlação

Na figura 4.6, é possível observar-se o gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada pelo modelo de regressão linear simples, sendo a variável independente a carga em MVA.

Sobre os resultados obtidos, comparando os dados medidos e simulados pelo modelo para a temperatura do óleo, é possível fazer uma análise estatística a partir da média e dos desvios padrão das diferenças (em valores absolutos), bem como o enquadramento da concentração das diferenças entre os valores medidos e simulados em parâmetros de desvio padrão, para justificar a validade do modelo. Da mesma forma, aplica-se a formulação para determinação do Coeficiente

de Explicação (R^2) e de Correlação (R). Para este caso o coeficiente R^2 obtido foi 0,4456, o que significa afirmar que 44,56% da temperatura do óleo é explicado pelo comportamento ou variação da carga e que o Coeficiente de Correlação (R) entre aos valores medidos e simulados é 0,6675 ou 66,75%.

A tabela 4.1 apresenta a distribuição dos resultados do modelo e o comportamento estatístico.

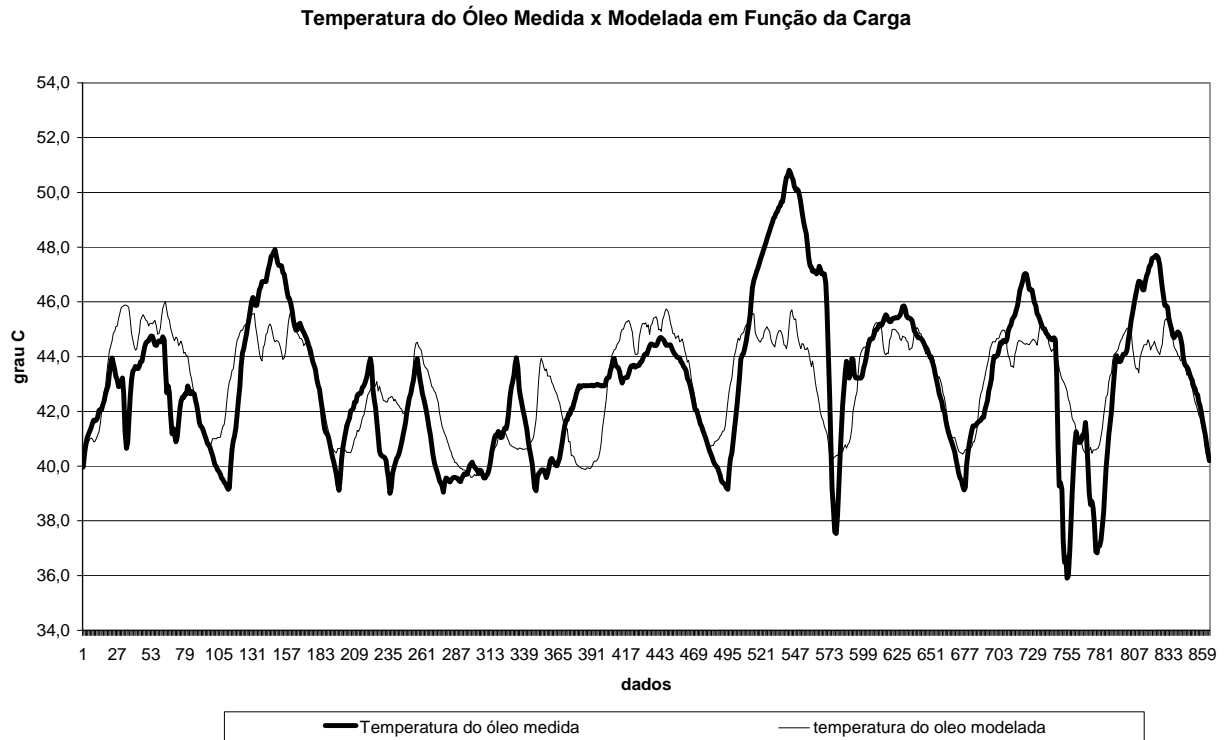


Figura 4.6 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e calculada pelo modelo, tendo com variável independente a carga em MVA.

Média da diferença	0,98 °C			
Desvio padrão	1,38 °C			
Coeficiente de explicação	0,4456 ou 44,56%			
Coeficiente de correlação	0,6675 ou 66,75%			
Diferenças	dados	%	acumulado	%
até 1 desvio padrão	526	60,88%	526	60,88%
até 2 desvio padrão	176	20,37%	702	81,25%
até 3 desvio padrão	115	13,31%	817	94,56%
até 4 desvio padrão	36	4,17%	853	98,73%
até 5 desvio padrão	11	1,27%	864	100,00%
Total de dados	864	100,00%	864	100,00%

Tabela 4.1 – Resumo estatístico dos dados obtidos com a comparação entre os valores da temperatura do óleo medida e simulada pelo modelo, tendo como variável independente a carga em MVA.

4.3.2 Análise comportamental da temperatura do óleo em função da temperatura do ambiente externo

Seguindo-se os mesmos passos de 4.3.1. e substituindo-se os dados referentes à carga pelos dados referentes à temperatura do ambiente externo (variável independente x), obtém-se:

$$y = 30,889 + 0,7366.x \quad (4.10)$$

Na figura 4.7, é possível observar-se o gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada pelo modelo de regressão linear simples, sendo a variável independente a temperatura do ambiente externo. Para este caso o coeficiente R^2 obtido foi 0,6159, o que significa afirmar que 61,59% da temperatura do óleo é explicada pelo comportamento ou variação da temperatura do ambiente externo. O Coeficiente de Correlação entre os valores medidos e simulados é 78,48%.

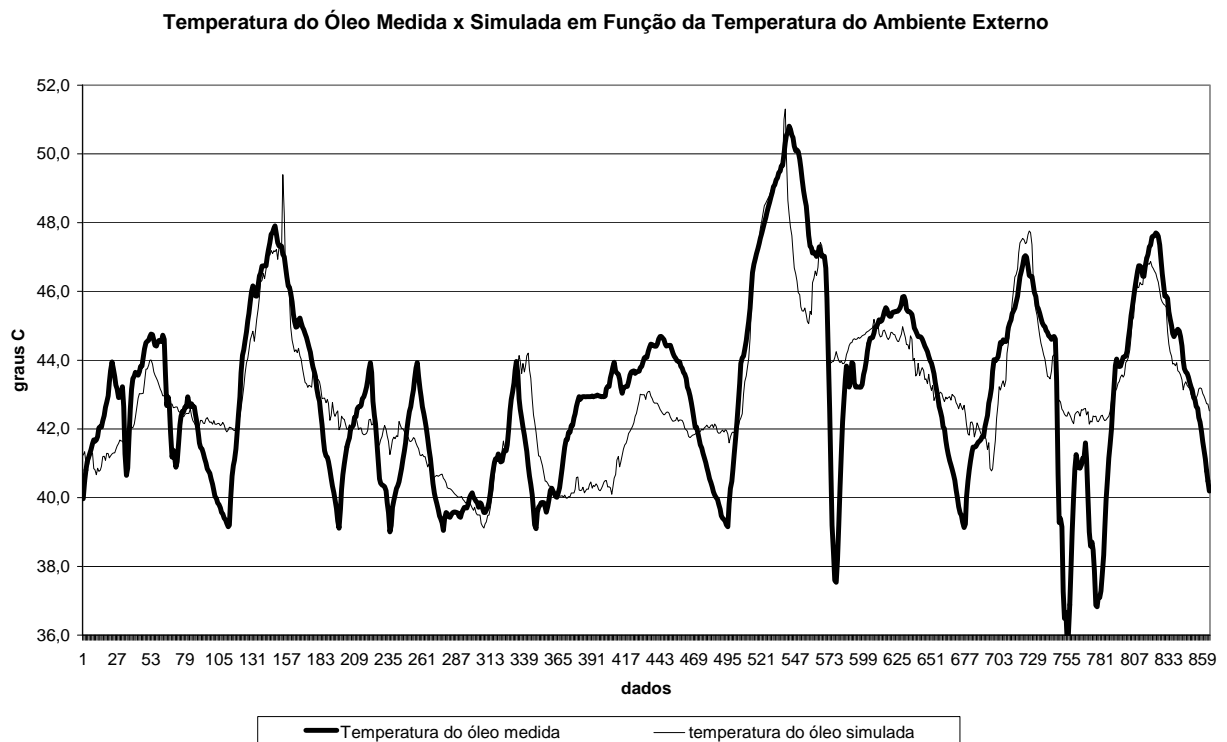


Figura 4.7 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e calculada pelo modelo, tendo com variável independente a temperatura do ambiente externo.

Na tabela 4.2, é possível visualizar-se o resumo estatístico dos resultados obtidos pela comparação da temperatura do óleo medida e simulada em função da temperatura do ambiente externo.

Média da diferença	1,00 °C			
Desvio padrão	1,10 °C			
Coeficiente de explicação	0,6159 ou 61,59 %			
Coeficiente de correlação	0,7848 ou 78,48%			
Diferenças	dados	%	acumulado	%
até 1 desvio padrão	472	54,63%	472	54,63%
até 2 desvio padrão	249	28,82%	721	83,45%
até 3 desvio padrão	102	11,81%	823	95,25%
até 4 desvio padrão	22	2,55%	845	97,80%
até 5 desvio padrão	9	1,04%	854	98,84%
mais que 5 desvio padrão	10	1,16%	10	1,16%
Total de dados	864	100,00%	864	100,00%

Tabela 4.2 – Resumo estatístico dos dados obtidos com a comparação entre os valores da temperatura do óleo medida e simulada pelo modelo, tendo como variável independente a temperatura do ambiente externo.

4.3.3 Análise comportamental da carga em função da temperatura do ambiente externo

Seguindo-se os mesmos passos anteriores (4.3.1 e 4.3.2) e substituindo-se os dados de x e y , respectivamente, pela temperatura do ambiente externo e pela carga, obtém-se:

$$y = 7,9864 + 1,0487x \quad (4.10)$$

Na tabela 4.3, é possível visualizar-se o resumo estatístico dos resultados obtidos pela comparação da temperatura do óleo medida e simulada em função da Temperatura do ambiente externo.

Média da diferença	4,51 MVA			
Desvio padrão	2,71 MVA			
Coeficiente de explicação	0,2494 ou 24,94%			
Coeficiente de correlação	0,4994 ou 49,94%			
Diferenças	dados	%	acumulado	%
até 1 desvio padrão	261	30,21%	261	30,21%
até 2 desvio padrão	255	29,51%	516	59,72%
até 3 desvio padrão	270	31,25%	786	90,97%
até 4 desvio padrão	71	8,22%	857	99,19%
até 5 desvio padrão	7	0,81%	864	100,00%
Total de dados	864	100,00%	864	100,00%

Tabela 4.3 – Resumo estatístico dos dados obtidos com a comparação entre os valores da carga em MVA medida e simulada pelo modelo, tendo como variável independente a temperatura do ambiente externo.

Na figura 4.8, é possível observar-se o gráfico comparativo da carga medida e simulada pelo modelo de regressão linear simples, sendo a variável independente a temperatura do ambiente externo.

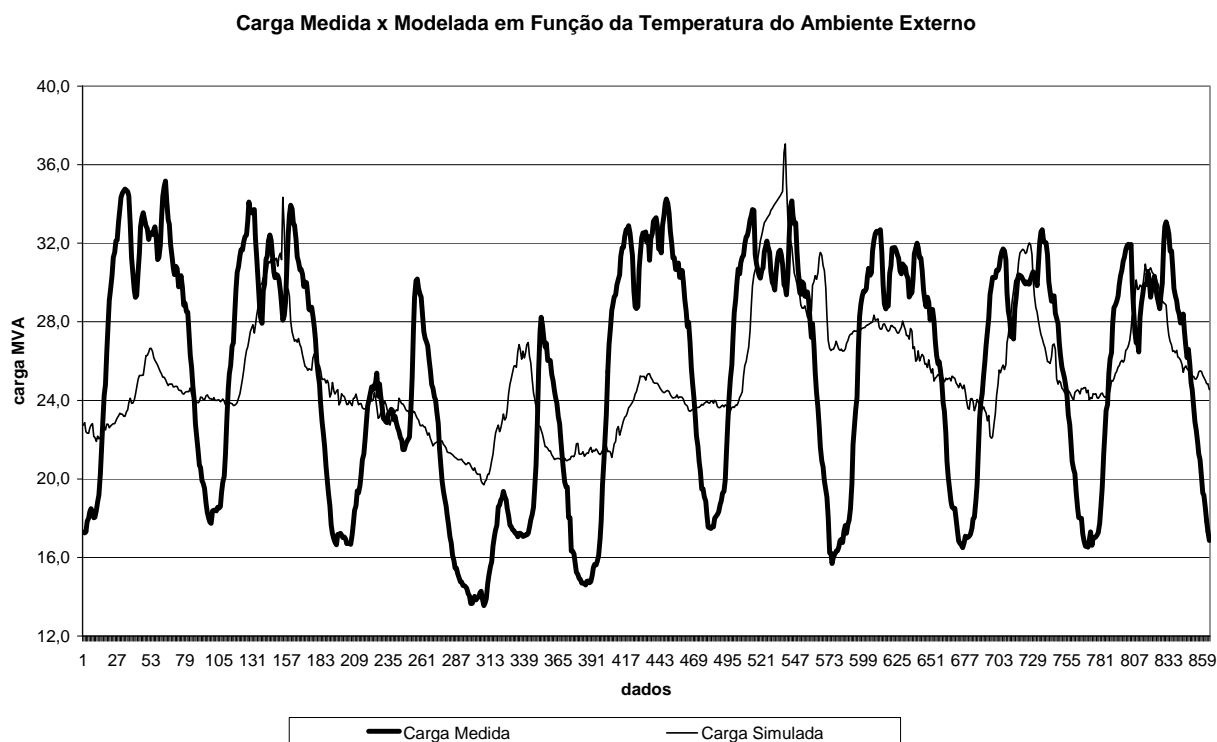


Figura 4.8 – Gráfico comparativo carga medida e calculada pelo modelo, tendo com variável independente a temperatura do ambiente externo.

Pelos resultados obtidos nesta modelagem e nas dos subitens 4.3.1 e 4.3.2, nas condições operativas do equipamento utilizado como fonte de dados, é possível explicar-se que:

- a variação da temperatura do óleo sofre forte influência da variação da temperatura do ambiente externo (61,59%). Nesta circunstância, o modelo desenvolvido permite simular valores que se correlacionam em 78,48% relativamente aos valores medidos.

- a variação da temperatura do óleo sofre relativa influência da variação da carga (44,56%). Da mesma forma, o modelo permite simular valores com uma correlação de 66,75% comparado aos valores medidos;

- a variação da carga sofre baixa influência da variação da temperatura do ambiente externo (24,94%). O que significa afirmar que a correlação entre valores medidos e simulados é 49,94%.

4.3.4 Análise pelo método da regressão linear múltipla – experimento 1

A hipótese a ser testada é se é possível obterem-se resultados melhores que os anteriores ao modelar e simular a temperatura do óleo (y) a partir das variáveis independentes carga (x_1) e temperatura do ambiente externo (x_2), utilizando-se o método da regressão linear múltipla. Qual o nível de confiança dos resultados obtidos por estes modelos?

A equação geral do modelo deverá ser:

$$y = A + B.x_1 + C.x_2 \quad (4.11)$$

Sendo:

y temperatura do óleo (variável dependente) [°C]

x_1 carga (variável independente) [MVA ou V.A.10⁶]

x_2 temperatura do ambiente externo (variável independente) [°C]

A, B, C coeficientes estimadores

Conforme Silva e Silva (1999) e Spiegel; Schiller e Srinivasan (2004), o equacionamento para modelagem da regressão linear múltipla representa um “plano de um sistema tridimensional de coordenadas ou plano de regressão”. Portanto, para determinar os coeficientes A , B e C , a partir do método dos mínimos quadrados, utiliza-se o seguinte equacionamento geral e as respectivas equações de desmembramento:

$$\sum y = nA + B \sum x_1 + C \sum x_2 \quad (4.12)$$

$$\sum x_1 y = A \sum x_1 + B \sum x_1^2 + C \sum x_1 x_2 \quad (4.13)$$

$$\sum x_2 y = A \sum x_2 + B \sum x_1 x_2 + C \sum x_2^2 \quad (4.14)$$

A solução do sistema de equações cujas incógnitas são os coeficientes A , B e C pode ser obtido por dois processos:

a) processo da “eliminação gaussiana” com matriz 3 x 3 e vetor coluna 3 x 1 ou por subtração duas a duas;

b) processo da substituição, isolando-se A em 4.12, B em 4.13 e calculando-se C .

Usando o processo de substituição, Silva e Silva (1999) propõem resolver um sistema de equações para regressão linear múltipla a duas variáveis independentes, utilizando-se de subcoeficientes parciais S , que representam partes agrupadas dos termos componentes das equações resultantes da substituição, conforme relacionado na sequência:

$$S_{y1} = \sum yx_1 - \frac{\sum y \cdot \sum x_1}{n} \quad (4.15)$$

$$S_{y2} = \sum yx_2 - \frac{\sum y \cdot \sum x_2}{n} \quad (4.16)$$

$$S_{11} = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n} \quad (4.17)$$

$$S_{22} = \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n} \quad (4.18)$$

$$S_{12} = \sum x_1x_2 - \frac{\sum x_1 \cdot \sum x_2}{n} \quad (4.19)$$

$$S_{yy} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \quad (4.20)$$

Substituindo-se os coeficientes parciais S_{ij} em 4.13 e 4.14, obtém-se:

$$B = \frac{S_{y1} \cdot S_{22} - S_{y2} \cdot S_{12}}{S_{11} \cdot S_{22} - S_{12}^2} \quad (4.21)$$

$$C = \frac{S_{y2} \cdot S_{11} - S_{y1} \cdot S_{12}}{S_{11} \cdot S_{22} - S_{12}^2} \quad (4.22)$$

$$A = \frac{\sum y - B \sum x_1 - C \sum x_2}{n} \quad (4.23)$$

$$R^2 = \frac{B \cdot S_{y1} + C \cdot S_{y2}}{S_{yy}} \quad (4.24)$$

Aplicando-se todo este conjunto de equações à base de dados utilizada em 4.3.1, 4.3.2 e 4.3.3, obtém-se o seguinte resultado para a equação de modelagem da temperatura do óleo em função da carga e da temperatura do ambiente externo (4.11):

$$y = 29,5783 + 0,1641 \cdot x_1 + 0,5645 \cdot x_2 \quad (4.25)$$

Nesta simulação, o Coeficiente de Explicação (R^2) e o Coeficiente de Correlação (R) obtidos foram:

$$R^2 = 0,7171 \text{ ou } 71,72\%$$

$$R = 0,8468 \text{ ou } 84,68\%$$

Na figura 4.9, é apresentado o gráfico de comparação entre os valores medidos e simulados da temperatura do óleo em função da carga e da temperatura do ambiente externo.

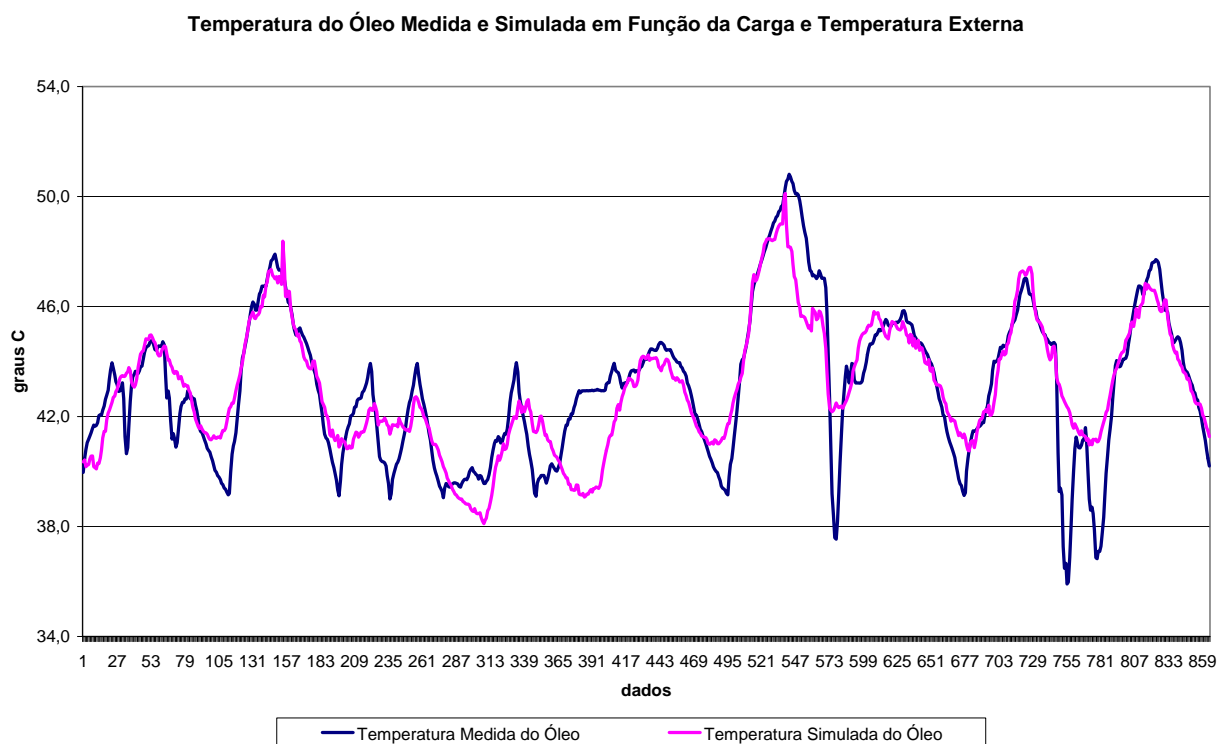


Figura 4.9 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo

Na tabela 4.4 são apresentados os dados referentes ao resumo estatístico dos resultados obtidos entre os valores medidos e simulados para a temperatura do óleo.

Baseado em Spiegel; Schiller e Srinivasan (2004) e a partir do comportamento estatístico das diferenças em valores absolutos entre a temperatura medida e simulada, é possível desenvolver as seguintes estimativas de parâmetros para este modelo:

a) 93,63% dos resultados apresentam diferenças enquadradas nos limites da Média das Diferenças (Absoluta) ± 1 Desvio Padrão, ou estão dentro do limite de confiança de 95% da curva de distribuição normal, o que confirma a probabilidade (tendência) dos resultados simulados pelo modelo enquadrarem-se dentro destes limites;

b) 96,41% dos resultados apresentam diferenças enquadradas nos limites da Média das Diferenças (Absoluta) ± 2 Desvio Padrão, ou estão dentro do limite de confiança de 99% da curva de distribuição normal, o que confirma a probabilidade (tendência) dos resultados simulados pelo modelo enquadrarem-se dentro destes limites.

Média da diferença	1,005 °C			
Desvio padrão	1,028 °C			
Coefficiente de explicação	0,7171 ou 71,71%			
Coefficiente de correlação	0,8468 ou 84,68%			
Diferenças em °C (valores	dados	%	acumulado	%
até 1	548	63,43%	548	63,43%
até 2	199	23,03%	747	86,46%
até 3	61	7,06%	808	93,52%
até 4	43	4,98%	851	98,50%
até 5	7	0,81%	858	99,31%
até 6	3	0,35%	861	99,65%
até 7	3	0,35%	864	100,00%
Total de dados	864	100,00%	864	100,00%
Diferenças em Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até 1	556	64,35%	556	64,35%
até 2	197	22,80%	753	87,15%
até 3	57	6,60%	810	93,75%
até 4	41	4,75%	851	98,50%
até 5	7	0,81%	858	99,31%
até 6	4	0,46%	862	99,77%
até 7	2	0,23%	864	100,00%
Total de dados	864	100,00%	864	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até Média Abs. + 1,96 DP	809	93,63%	809	93,63%
até Média Abs. + 2,58 DP	24	2,78%	833	96,41%
maior que Média Abs. + 2,58 DP	31	3,59%	864	100,00%
Total de dados	864	100,00%	864	100,00%

Tabela 4.4 – Resumo estatístico dos dados obtidos com a comparação entre os valores da temperatura do óleo medida e simulada pelo modelo, tendo como variáveis independentes a carga e a temperatura do ambiente externo.

Na tabela 4.5, são apresentados alguns valores relevantes e complementares aos da tabela 4.4, que contribuem para a análise do regime operativo do equipamento no período de aquisição dos dados, bem como uma avaliação dos limites atingidos pela simulação quando comparada aos valores reais.

Valores limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext. (°C)	Temp. Óleo Medida (°C)	Temp. Óleo Simulada (°C)
Valor Máximo	35,17	27,72	50,81	50,11
Valor Mínimo	13,55	11,17	35,91	38,11
Valor Médio	25,33	16,54	43,07	43,07
Diferença valor medido - simulado para a temp. óleo (°C)		maior		3,96
		menor		-6,44

Tabela 4.5 – Valores relevantes referentes à base de dados utilizada e aos resultados obtidos com o modelo

Observa-se que no período de aquisição dos dados (da 0 h do dia 06/06/2003 até as 23h e 45 min do dia 14/06/2003, com intervalos de 15 minutos entre cada aquisição), o equipamento operou sobre as seguintes condições:

a) a carga máxima do período correspondeu a 58,6% da potência nominal do equipamento (60 MVA), supondo-se que não tenha atingido o limite para operação do primeiro estágio de acionamento do sistema de ventilação forçada (36 MVA). A carga mínima aplicada correspondeu a 22,6% da potência nominal. O regime médio da carga correspondeu a 42,2% da potência nominal. Segundo Kosow (2005), com tais parâmetros operativos médios, o calor dissipado internamente é, aproximadamente, 50% de origem das perdas no ferro, e o restante das perdas no enrolamento. Na região de atendimento desta subestação, este período do ano é considerado um período de média demanda de energia;

b) os valores limites máximos para temperatura do óleo medida e simulada estão muito próximos. Os valores limites mínimos apresentam uma diferença (a maior) de 2,2° C do valor medido para o valor simulado. A coincidência dos valores médios deve-se ao método de construção do modelo, não podendo apresentar resultados diferentes;

c) embora os dados tenham sido adquiridos no período de inverno (junho), os valores mínimos e médios da temperatura ambiente exterior apresentaram-se altos para a época.

4.3.5 Análise pelo método da regressão linear múltipla – experimento 2

Utilizando como base experimental o mesmo equipamento, partiu-se para um novo experimento, tendo como cenário uma nova condição climática com temperaturas ambientais mais elevadas e, certamente, com regime de carga mais elevado, tendo como objetivo verificar se a metodologia e os resultados ainda seriam confiáveis e se a equação de modelagem e simulação teria valores próximos à do experimento anterior. Cabe relatar também que havia expectativa de que esta condição aproximar-se-ia mais das situações limites de operação do equipamento.

Para esta nova etapa, à similaridade do experimento relatado em 4.3.4, utilizou-se um conjunto de 1344 dados de cada grandeza, adquiridos em intervalos de 15 minutos, no período da 0 h de 01/12/2005 até às 23h e 45 min do dia 14/12/2005. A relação dos dados utilizados encontra-se no anexo 3.

Aplicando-se os mesmos procedimentos e soluções do sistema de equações do experimento anterior, chegou-se a seguinte equação e aos coeficientes A , B e C para o modelo:

$$y = 13,2798 + 0,3295x_1 + 0,9870x_2 \quad (4.26)$$

Da mesma forma, obteve-se os Coeficientes de Explicação e de Correlação com os seguintes valores:

$$R^2 = 0,8736 \text{ ou } 87,36\%$$

$$R = 0,9347 \text{ ou } 93,47\%$$

Na figura 4.10, é possível verificar o gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente para o modelo desenvolvido com esta base de dados.

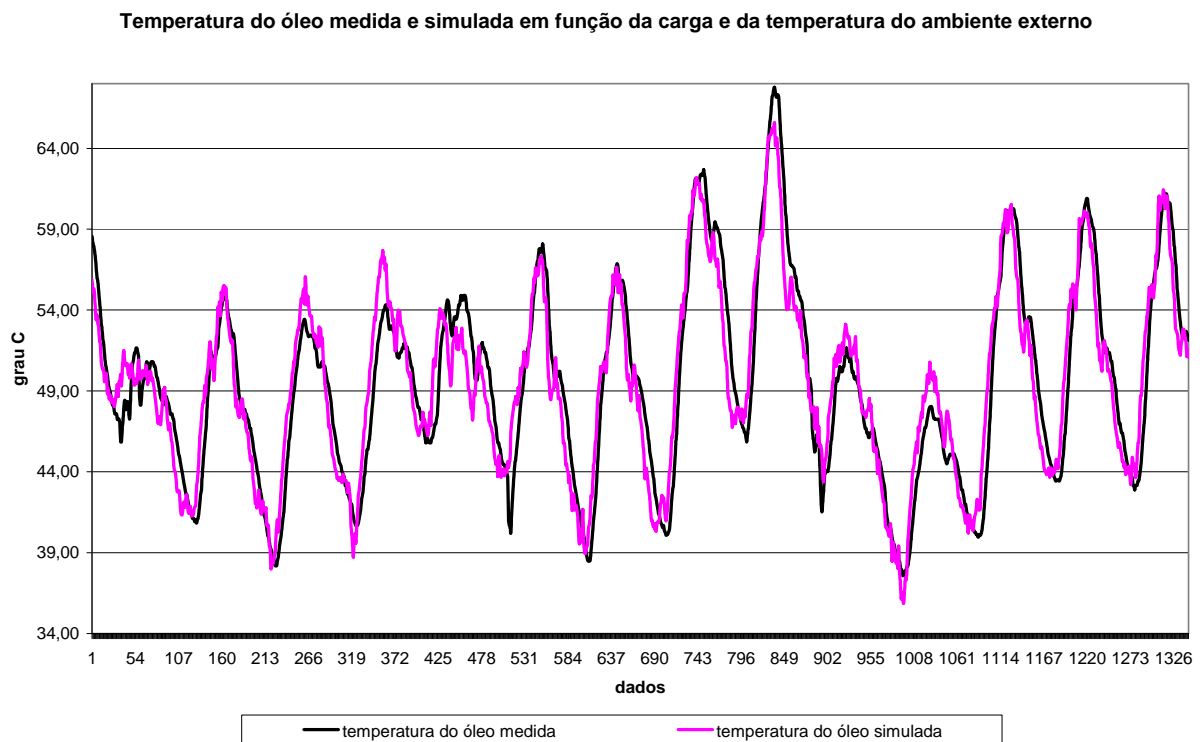


Figura 4.10 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo

A tabela 4.6 apresenta os dados referentes ao resumo estatístico dos resultados obtidos entre os valores medidos e simulados para a temperatura do óleo. Para efeito de análise, relativamente ao enquadramento em múltiplos de Desvio Padrão, entendeu-se utilizar somente parâmetros de determinação do intervalo de confiança.

Por similaridade, ao analisarem-se os dados do comportamento estatístico das diferenças em valores absolutos entre a temperatura medida e simulada, desenvolvem-se as seguintes estimativas de parâmetros para este modelo:

a) 96,13% dos resultados apresentam diferenças enquadradas nos limites da Média das Diferenças (Absoluta) ± 1 Desvio Padrão ou estão dentro do limite de confiança de 95% da curva de distribuição normal, o que confirma a probabilidade (tendência) dos resultados simulados pelo modelo enquadrarem-se dentro destes limites;

b) 99,18% dos resultados apresentam diferenças enquadradas nos limites da Média das Diferenças (Absoluta) ± 2 Desvio Padrão, ou estão dentro do limite de confiança de 99% da curva de distribuição normal, o que confirma a probabilidade (tendência) dos resultados simulados pelo modelo enquadrarem-se dentro destes limites.

Média da diferença	1,763 °C			
Desvio padrão	1,212 °C			
Coefficiente de explicação	0,8736 ou 87,36%			
Coefficiente de correlação	0,9347 ou 93,47%			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	441	32,81%	441	32,81%
até 2	381	28,35%	822	61,16%
até 3	295	21,95%	1117	83,11%
até 4	158	11,76%	1275	94,87%
até 5	59	4,39%	1334	99,26%
até 6	9	0,67%	1343	99,93%
até 7	1	0,07%	1344	100,00%
Total de dados	1344	100,00%	1344	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até Média Abs. + 1,96 DP	1292	96,13%	1292	96,13%
até Média Abs. + 2,58 DP	41	3,05%	1333	99,18%
maior que Média Abs. + 2,58 DP	11	0,82%	1344	100,00%
Total de dados	1344	100,00%	1344	100,00%

Tabela 4.6 – Resumo estatístico dos dados obtidos com a comparação entre os valores da temperatura do óleo medida e simulada pelo modelo, tendo como variáveis independentes a carga e a temperatura do ambiente externo.

Na tabela 4.7, podem ser observados valores relevantes para a análise do regime operativo do equipamento, no período de aquisição dos dados, e os limites comparativos atingidos pela simulação relativamente aos valores reais.

Valores limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext. (°C)	Temp. Óleo Medida (°C)	Temp. Óleo Simulada (°C)
Valor Máximo	54,68	35,02	67,78	65,56
Valor Mínimo	18,53	16,22	37,59	35,87
Valor Médio	37,22	24,23	49,46	49,46
Diferença valor medido - simulado para a temp. óleo (°C)	maior		5,65	
	menor		-6,15	

Tabela 4.7 – Valores relevantes referentes a base de dados utilizada e os resultados obtidos com o modelo.

Com os dados da tabela 4.7, é possível supor que o equipamento operou sobre as seguintes condições:

a) a carga máxima do período correspondeu a 91,1% da potência nominal do equipamento (60 MVA). A carga mínima aplicada correspondeu a 30,9% da potência nominal. O regime médio da carga correspondeu a 62,0% da potência nominal, podendo levar a suposição de que o

equipamento tenha operado boa parte do período com os estágios de ventilação forçada liga (36 MVA para o estágio 1 e 48 MVA para o estágio 2). Segundo Kosow (2005), com tais parâmetros operativos médios, o calor dissipado internamente é, em grande parte, de origem das perdas no enrolamento. Na região de atendimento desta subestação, este período do ano é considerado um período de forte demanda de energia;

b) o valor limite máximo para temperatura do óleo medida é superior em $2,2^{\circ}\text{C}$ relativamente à temperatura simulada. O valor limite mínimo apresenta uma diferença de $1,7^{\circ}\text{C}$ em favor da temperatura medida para o valor simulado.

c) considerando a região de localização, o perfil de consumidores atendidos pelo equipamento e as condições climáticas previstas para o período (início de verão), o comportamento da carga e das temperaturas do ambiente exterior (mínima, média e máxima) estão dentro da expectativa do período de aquisição.

4.3.6 Análise pelo método da regressão linear múltipla – experimento 3

Neste experimento aplicou-se a mesma metodologia e base de dados do subitem anterior. Substituiu-se a variável independente (y) pela temperatura da imagem térmica (y_c), ou do dispositivo sensor posicionado no suposto “ponto mais quente” (ponto crítico ou *Hot Spot*) da parte ativa, também chamado de ponto de temperatura crítica ou de temperatura limite de operação.

A equação de modelagem obtida e os respectivos coeficientes A , B , C , R^2 e R são apresentados na sequência:

$$y_c = 5,8017 + 0,7299x_1 + 1,0350x_2 \quad (4.27)$$

$$R^2 = 0,9263 \text{ ou } 92,63\%$$

$$R = 0,9624 \text{ ou } 96,24\%$$

Com o gráfico da figura 4.11, é possível verificar o desempenho comparativo da temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente para o modelo.

Na tabela 4.8, encontram-se os dados referentes ao resumo estatístico dos resultados obtidos entre os valores medidos e simulados para a temperatura da imagem térmica.

Temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo

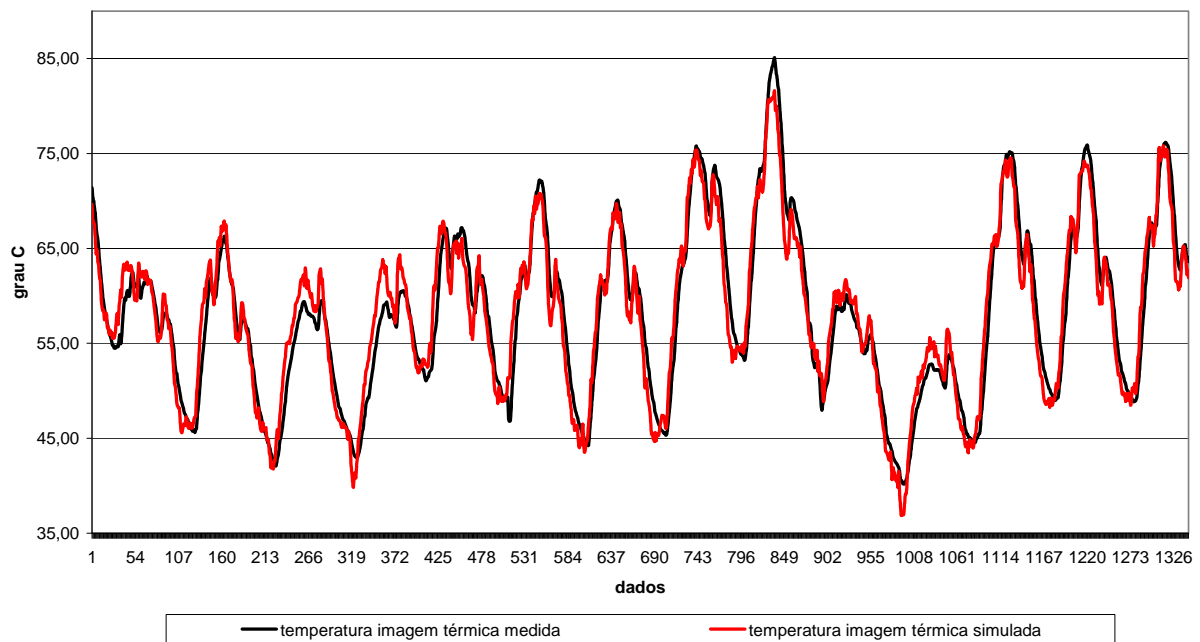


Figura 4.11 – Gráfico comparativo da temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo

Média da diferença	2,002 °C			
Desvio padrão	1,343 °C			
Coefficiente de explicação	0,9263 ou 92,63%			
Coefficiente de correlação	0,9624 ou 96,24%			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	371	27,60%	371	27,60%
até 2	356	26,49%	727	54,09%
até 3	317	23,59%	1044	77,68%
até 4	168	12,50%	1212	90,18%
até 5	102	7,59%	1314	97,77%
até 6	27	2,01%	1341	99,78%
até 7	2	0,15%	1343	99,93%
até 8	1	0,07%	1344	100,00%
Total de dados	1344	100,00%	1344	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até Média Abs. + 1,96 DP	1287	95,76%	1287	95,76%
até Média Abs. + 2,58 DP	45	3,35%	1332	99,11%
maior que Média Abs. + 2,58 DP	12	0,89%	1344	100,00%
Total de dados	1344	100,00%	1344	100,00%

Tabela 4.8 – Resumo estatístico dos dados obtidos com a comparação entre os valores da temperatura da imagem térmica medida e simulada pelo modelo, tendo como variáveis independentes a carga e a temperatura do ambiente externo.

Analisando-se os dados do comportamento estatístico das diferenças em valores absolutos entre a temperatura medida e simulada da imagem térmica, é possível obterem-se os seguintes parâmetros:

a) 95,76% dos resultados apresentam diferenças enquadradas nos limites da Média das Diferenças (Absoluta) ± 1 Desvio Padrão, ou estão dentro do limite de confiança de 95% da curva de distribuição normal, o que confirma a probabilidade (tendência) dos resultados simulados pelo modelo enquadrarem-se dentro destes limites;

b) 99,18% dos resultados apresentam diferenças enquadradas nos limites da Média das Diferenças (Absoluta) ± 2 Desvio Padrão, ou estão dentro do limite de confiança de 99% da curva de distribuição normal, o que confirma a probabilidade (tendência) dos resultados simulados pelo modelo enquadrarem-se dentro destes limites.

c) a justificativa técnica para que os Coeficientes de Explicação e de Correlação deste modelo sejam superiores ao do modelo para a temperatura do óleo decorre do fato de a temperatura do ponto crítico refletir mais rapidamente às variações da carga do que o grande volume de óleo do equipamento. Devido ao volume, o óleo necessita de um intervalo de tempo maior para refletir ao aumento ou diminuição da carga.

Na tabela 4.9, podem ser observados valores comparativos extremos e médios para a temperatura da imagem térmica medida e simulada.

Valores limites	Temp. Imagem Térmica Medida (°C)	Temp. Imagem Térmica Simulada (°C)
Valor Máximo	85,08	81,57
Valor Mínimo	40,07	36,89
Valor Médio	58,05	58,05
Diferenças limites do valor medido - simulado para a temperatura da imagem térmica (°C)		a mais 5,75
		a menos -7,63

Tabela 4.9 – Valores limites para a temperatura da imagem térmica medida e simulada

Na medida em que as condições básicas de operação e clima no período já foram analisadas no subitem anterior, com os dados da tabela 4.9, é possível complementar com a observação de que o valor limite máximo para temperatura da imagem térmica medida é superior em 3,51° C relativamente à temperatura simulada. Da mesma forma, é possível observar que o valor limite mínimo apresenta uma diferença de 3,18° C em favor da temperatura medida para o valor simulado.

4.4 Considerações finais sobre os experimentos

A partir dos testes feitos com modelos de regressão linear simples ($y = A+Bx$) envolvendo a carga (x) e a temperatura do óleo (y); a temperatura do ambiente externo (x) e a temperatura do óleo (y) e a temperatura do ambiente externo (x) e carga (y), é possível concluir que existe uma correlação de 66,5% e 78,5%, respectivamente, para o primeiro e o segundo caso e uma fraca correlação (49,9%) para o terceiro caso.

Ao aplicar-se a modelagem para regressão linear a duas variáveis independentes (carga e temperatura externa) com a finalidade de simular o comportamento da temperatura do óleo, passa-se a obter níveis mínimos de correlação de 84,7% e distribuição das diferenças absolutas entre os valores medidos e simulados que comportam-se de acordo com os intervalos das probabilidades de 95 e 99% da Curva Normal. Isso ocorre no caso de uma base de dados menor (864), num equipamento operando em valores baixos de carga e temperatura.

Nos modelos desenvolvidos com maior base de dados (1344), com níveis de carga e temperatura de trabalho bem mais elevados, as correlações obtidas chegam a ordem de 96,2%, com enquadramento das diferenças perfeitamente enquadráveis às probabilidades da Curva Normal, onde se pode concluir que é possível e confiável estimar a temperatura de operação do óleo de transformadores de potência com base na aplicação de regressão linear múltipla a duas variáveis independentes, a carga em MVA e a temperatura do ambiente externo em °C.

A maior parte das diferenças entre os valores medidos e simulados nas mesmas condições situam-se em faixas inferiores a $\pm 4^\circ\text{C}$ o que nos patamares limites de operação, cerca de 65°C para o óleo e 85°C para a imagem térmica, podem perfeitamente encaixar-se nas margens de tolerância da decisão ao utilizar-se um sistema de modelagem com tais níveis de confiabilidade.

As conclusões abordadas respondem afirmativamente às diversas hipóteses e questões colocadas ao longo deste capítulo. Assim sendo, o desenvolvimento de um algoritmo e um aplicativo computacional que possa ser utilizado para a aplicação como simulador de operação térmica de equipamentos de transformação de grande potência é viável e útil. Este é o propósito do capítulo seguinte.

5 DESENVOLVIMENTO, ANÁLISE E VALIDAÇÃO DO MODELO PARA SIMULAÇÃO DO REGIME TÉRMICO-OPERATIVO

A partir dos estudos exploratórios implementados e descritos no capítulo 4, esta etapa teve como objetivo propor e desenvolver um algoritmo e um aplicativo computacional que permita modelar o regime térmico dos transformadores de potência em operação. A proposta do modelo em construção é que, ao ser aplicado em equipamentos de subestações monitoradas de forma *online*, possibilite obter uma equação que forneça a estimativa da temperatura de operação do fluido isolante-refrigerante (óleo mineral) a partir da carga e da temperatura do ambiente externo ao transformador. Além do gráfico comparativo entre valores medidos e simulados para a temperatura do óleo, o aplicativo deverá fornecer uma série de informações estatísticas relativas às diferenças (ou erros) entre os valores medidos e simulados, possibilitando uma avaliação do grau de confiabilidade do modelo e, por consequência, do intervalo de segurança para a aplicação do simulador. Ao final, como complemento, deverá disponibilizar um gráfico tipo “ábaco” para decisões estimativas rápidas e sub-rotinas que possibilitem inverter a condição de independência e dependência entre as variáveis que compõem o modelo.

Para desenvolvimento do aplicativo, previu-se a utilização do software MATLAB (*Matrix Laboratory*) versão 6.5, tendo como bibliografia de apoio e consulta as publicações de Hanselman e Littlefield (1999), Matsumoto (2002), Chapmann (2006) e Gilat (2006).

5.1 Metodologia e algoritmo sintético

Para a fase inicial de desenvolvimento do aplicativo, foi prevista a utilização das mesmas bases de dados referente aos períodos e equipamentos utilizados na modelagem experimental do capítulo 4. Para os testes de aplicação e universalidade do modelo, também foram utilizados dados de outros equipamentos em períodos climáticos e intervalos de aquisição diferenciados. É importante ressaltar que embora exista um considerável número de subestações supervisionadas remotamente, muito poucas dispõem de medição localizada para a temperatura do ambiente externo ao transformador. Esse fator foi importante para seleção das bases de dados, visto que o dado coletado no local representa as condições do “microclima” do ponto de localização da subestação e, portanto, das efetivas condições de troca térmica.

Após a verificação de inconsistências de valores e “zeramentos” por falha da medição, com os devidos ajustes de interpolação (inconsistências ou falhas de até 4 registros sequenciais) ou o descarte (inconsistências ou falhas de mais de 4 registros sequenciais), os dados de entrada

foram agrupados em forma de matrizes com dimensões n linhas e 4 colunas, onde em cada linha estariam os dados referentes ao número sequencial do registro (coluna 1), o valor da carga (MVA) medida (coluna 2), o valor da temperatura do ambiente externo medida ($^{\circ}\text{C}$) no mesmo instante (coluna 3) e o valor da temperatura do óleo medida ($^{\circ}\text{C}$) no mesmo instante (coluna 4). É importante afirmar que a qualidade dos dados recebidos foi excelente. Quando da verificação de consistência das dezenas de milhares de dados recebidos e aplicados nos testes de validação do modelo, a necessidade de ajustes de interpolação ou o descarte não chegou à casa de uma centena de registros.

Em alguns equipamentos os dispositivos de sensoriamento e medição disponíveis permitem também adquirir dados referentes à temperatura ($^{\circ}\text{C}$) do suposto ponto mais quente do enrolamento, também chamada de temperatura do ponto crítico ou temperatura da imagem térmica ou, ainda, temperatura *Hot Spot*. Nesses casos construíram-se, também, matrizes com o mesmo formato e dimensões, posicionando-se os valores dos dados da temperatura da imagem térmica na coluna 4 da matriz. Nessa situação, o modelo de equacionamento matemático e o aplicativo computacional são praticamente os mesmos, substituindo-se apenas as informações de entrada e saída das temperaturas do óleo por temperatura da imagem térmica.

As equações matemáticas propostas para serem resolvidas pelo aplicativo para determinação dos coeficientes A , B e C do modelo $y = A + B.x_1 + C.x_2$ correspondem às utilizadas pelo “método dos mínimos quadrados” para a regressão linear múltipla a duas variáveis independentes e uma variável dependente, conforme demonstradas no Capítulo 4 (equações 4.8, 4.9 e 4.11 a 4.24).

Na figura 5.1 é possível observar o algoritmo sintético (fluxograma básico) da sequência utilizada para o desenvolvimento do aplicativo.

5.2 Premissas e hipóteses

O desenvolvimento do modelo aplicativo para simulação do regime térmico-operativo teve as seguintes premissas:

a) A capacidade de troca térmica do equipamento com o meio externo foi definida em seu projeto, tendo como fatores determinantes a área externa do invólucro do transformador (usualmente denominado tanque ou carcaça), a área e tipo dos radiadores e os sistemas de ventilação e circulação forçada do fluido. Cabe ressaltar que, nesta fase, os projetistas usam como parâmetro de projeto um valor mínimo e máximo da temperatura climática da região onde será empregado o equipamento. Portanto, face às condições climáticas do país, os projetos para equipamentos instalados no Brasil, geralmente, consideram uma temperatura externa máxima na faixa de 40 a 45 $^{\circ}\text{C}$.

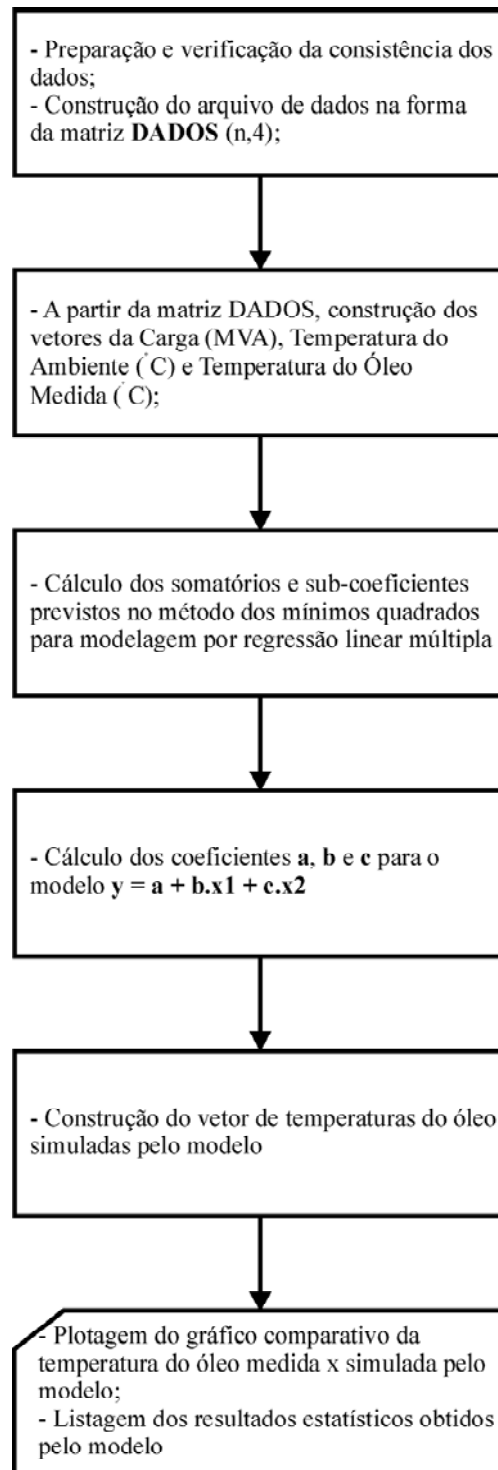


Figura 5.1 – Algoritmo sintético do aplicativo modelador ou simulador.

b) Ao longo de sua vida operativa, por necessidade técnica ou manutenção, muitos equipamentos são movimentados para subestações que operam em localidades com condições climáticas médias diversificadas, havendo alteração no regime de troca de calor com o meio externo.

c) Em regiões com diversidade climática diversificada, como as de clima temperado e com es-

tações climáticas bem definidas, é possível ter um modelo para as condições de operação em temperaturas médias baixas (inverno), outro para condições de temperaturas médias altas (verão) e, possivelmente, outro para condições intermediárias de operação (outono e primavera).

d) Considerou-se como única fonte o calor gerado internamente ou dissipado de forma convectiva no fluido, aquele decorrente das perdas no núcleo e nos enrolamentos. A possibilidade da temperatura externa ser maior que a do fluido, invertendo o fluxo de troca térmica e introduzindo calor no fluido, foi desconsiderada, pois a ocorrência desta situação é tecnicamente irrelevante para a proposta do modelo (regime operativo muito abaixo da potência nominal).

e) Na medida em que os dados provenientes dos sistemas supervisores das subestações são usados pelas concessionárias para controle e acompanhamento da operação, considerou-se o sistema de medição e aquisição de dados confiável e que os dados adquiridos e utilizados na modelagem são adequadamente precisos para o objeto em desenvolvimento.

f) Considerou-se que as diferenças entre os valores medidos e simulados poderiam também decorrer de fatores não controlados e não avaliados pelo modelo, mas que influenciam as trocas térmicas. Nesses casos, incluem-se a incidência de radiação solar direta e difusa, a chuva, o teor de umidade do ar, a velocidade e direção dos ventos, a ocorrência de pó e sujeira no tanque e radiadores, outras fontes de calor próximas, a degradação do fluido isolante-refrigerante e a atuação da ventilação forçada.

Antes do desenvolvimento do aplicativo modelador ou simulador foram propostas as seguintes hipóteses e questões:

1 – Um modelo matemático do regime térmico-operativo, desenvolvido com base no método da regressão linear múltipla a duas variáveis independentes (carga e temperatura ambiente externa) e uma variável dependente (temperatura do fluido isolante-refrigerante) a partir de uma base de dados representativa das condições operativas de determinados períodos de tempo, pode ser aplicado a qualquer equipamento de transformação?

2 – O modelo obtido para cada transformador pode apresentar resultados que permitam apoiar decisões de regimes de carregamento e condições de operação com níveis de confiabilidade aceitáveis?

3 – Os modelos construídos a partir de base dados obtidas em intervalos mais espaçados têm níveis de confiabilidade menores que os modelos construídos com bases de dados obtidas em intervalos menores?

4 – Há possibilidades de melhorar a confiabilidade do simulador ou do modelo para condições específicas de operação?

5 – A aplicação do modelo para simular a temperatura do fluido ou a temperatura crítica do enrolamento em um mesmo equipamento, com a mesma base de dados, apresenta os mesmos níveis de confiabilidade?

5.3 Desenvolvimento do aplicativo de modelagem e simulação

O desenvolvimento do aplicativo para modelagem e simulação foi realizado com base no algoritmo apresentado no Anexo 1. A íntegra dos comandos e instruções do aplicativo simulador *simul.m* (para temperatura do óleo) e *simulit.m* (para temperatura da imagem térmica) desenvolvidos em arquivo *.m* (usado para desenvolvimento de rotinas no MATLAB) encontra-se no Anexo 2, assim como todas as “listagens” referentes às demais rotinas e sub-rotinas apresentadas neste capítulo.

Considerando o grande volume de dados utilizados nos experimentos, verificou-se que uma quantidade muito pequena (menos de 0,01 %) dos dados apresentou problemas de descontinuidades, saltos ou “zeramentos” de valores, decorrentes de interrupções no equipamento ou do sistema supervisor. As correções foram na forma de eliminação, para conjuntos maiores do que 4 registros consecutivos, ou interpolação, para conjuntos até 4 registros consecutivos.

5.4 Resultados obtidos no aplicativo simulador

As figuras e tabelas apresentados nas páginas da sequência referem-se aos gráficos e resultados estatísticos comparativos dos valores medidos e simulados, obtidos com a aplicação do simulador para a temperatura do óleo (*simul.m*) e da imagem térmica (*simulit.m*) nos equipamentos das seguintes subestações e seus respectivos períodos:

- 1 – SE Scharlau – TR1, São Leopoldo, de 01 a 31 de março de 2004 – temperatura do óleo.
- 2 – SE São Leopoldo, de 01 a 10 de junho de 2003, temperatura do óleo.
- 3 – SE São Leopoldo, de 01 a 30 de setembro de 2005, temperatura do óleo.
- 4 – SE São Leopoldo, de 01 a 31 de outubro de 2005, temperatura do óleo.
- 5 – SE São Leopoldo, de 01 a 31 de novembro de 2005, temperatura do óleo.
- 6 – SE São Leopoldo, de 01 a 14 de dezembro de 2005, temperatura do óleo.
- 7 – SE Campo Bom – TR2, de 01 a 31 de março de 2006, temperatura do óleo.
- 8 – SE Campo Bom – TR2, no de 01 a 31 de julho de 2006, temperatura do óleo.
- 9 – SE São Leopoldo, de 01 a 30 de novembro de 2005, temperatura da imagem térmica.
- 10 – SE São Leopoldo, de 01 a 13 de dezembro de 2005, temperatura da imagem térmica.
- 11 – SE Campo Bom – TR2, de 01 a 31 de março de 2006, temperatura da imagem térmica.
- 12 – SE Campo Bom – TR2, de 01 a 31 de julho de 2006, temperatura da imagem térmica.
- 13 – SE Nova Petrópolis – TR2, de 01 a 10 de junho de 2003, temperatura da imagem térmica.

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo
(SE Scharlau/TR1, medições com intervalos de 15 minutos no período de 01 a 31/03/2004)

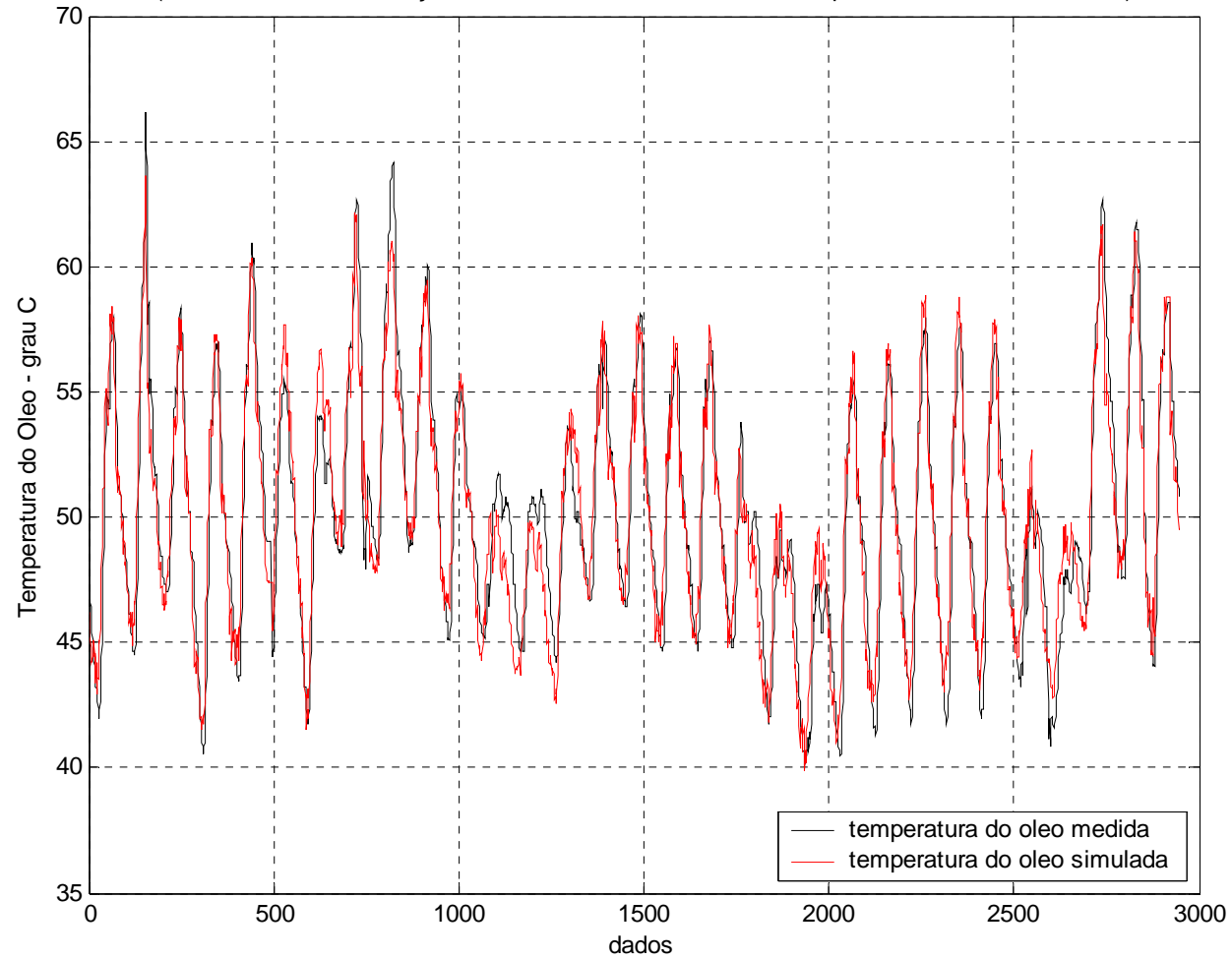


Figura 5.2 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente. Dados da Subestação Scharlau (São Leopoldo) referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/03/2004.

Subestação/Transformador	Scharlau/TR1 - São Leopoldo			
Potência nominal (MVA)	36/48/60			
Tensão (kV)	138 - 22			
Período de aquisição dos dados	01 a 31/03/2004			
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)	15			
Equação de modelagem	temp.oleo=21,0173+0,2663carga+0,8145tamb			
Coefficiente de explicação	0,8831 ou 88,31%			
Coefficiente de correlação	0,9397 ou 93,97 %			
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp Oleo. Medida (oC)	Temp Óleo. Simulada (oC)
Máximo	50,08	36,47	66,19	63,61
Mínimo	15,61	15,52	40,13	39,86
Médio	33,34	24,65	50,13	50,13
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
1413	negativo	1,3913	0,9713	
1533	positivo	1,2824	0,9728	
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	1,3347			
Desvio padrão (°C)	0,9734			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	1302	44,20%	1302	44,20%
até 2	898	30,48%	2200	74,68%
até 3	562	19,08%	2762	93,75%
até 4	163	5,53%	2925	99,29%
até 5	19	0,64%	2944	99,93%
maior que 5	2	0,07%	2946	100,00%
Total de dados	2946	100,00%	2946	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	1691	57,40%	1691	57,40%
até a Média Abs. + 1,96 DP	1145	38,87%	2836	96,27%
até a Média Abs. + 2,58 DP	82	2,78%	2918	99,05%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	28	0,95%	2946	100,00%
Total de dados	2946	100,00%	2946	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual
no intervalo da média das diferenças			1,33	57,40%
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			3,24	96,27%
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			3,85	99,05%

Tabela 5.1 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação Scharlau/TR1.

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo (SE São Leopoldo, medições com intervalo de 15 minutos no período de 01 a 10 de junho de 2003)

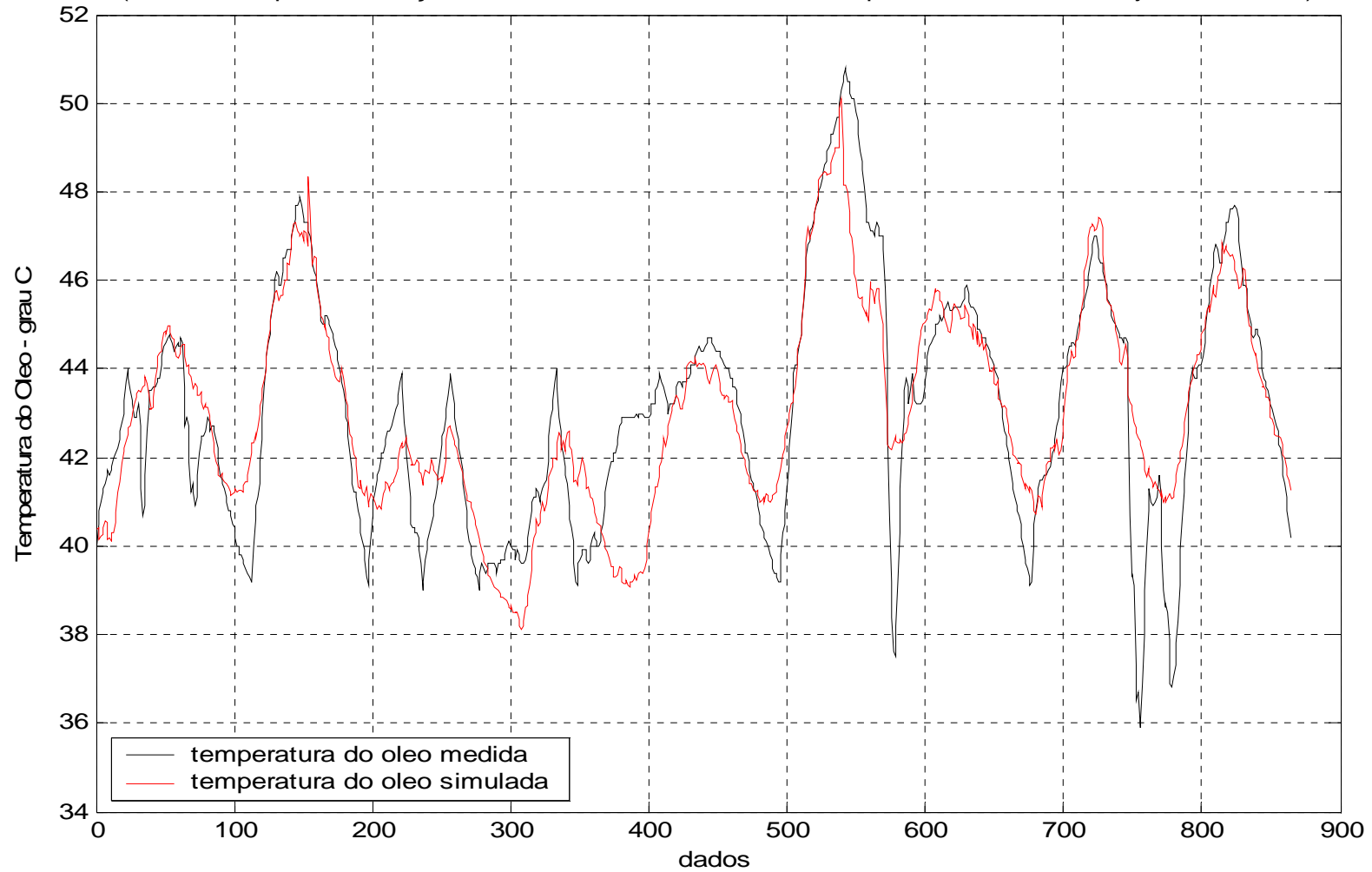


Figura 5.3 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 10/06/2003.

Subestação/Transformador	São Leopoldo			
Potência nominal (MVA)	36/48/60			
Tensão (kV)	138 - 22			
Período de aquisição dos dados	01 a 10/06/2003			
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)	15			
Equação de modelagem	temp.oleo=29,0597+0,1645carga+0,5631tamb			
Coefficiente de explicação	0,7174 ou 71,74%			
Coefficiente de correlação	0,8470 ou 84,70%			
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp Oleo. Medida (oC)	Temp Óleo. Simulada (oC)
Máximo	35,20	27,70	50,80	50,09
Mínimo	13,60	11,20	36,90	38,14
Médio	25,33	16,50	43,07	43,07
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
396	negativo	1,0956	1,1287	
468	positivo	0,927	0,9251	
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	1,0043			
Desvio padrão (°C)	1,0263			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	549	63,54%	549	63,54%
até 2	196	22,69%	745	86,23%
até 3	63	7,29%	808	93,52%
até 4	42	4,86%	850	98,38%
até 5	8	0,93%	858	99,31%
maior que 5	6	0,69%	864	100,00%
Total de dados	864	100,00%	864	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	552	63,89%	552	63,89%
até a Média Abs. + 1,96 DP	257	29,75%	809	93,63%
até a Média Abs. + 2,58 DP	23	2,66%	832	96,30%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	32	3,70%	864	100,00%
Total de dados	864	100,00%	864	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual
no intervalo da média das diferenças			1,00	63,89%
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			3,02	93,63%
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			3,65	96,30%

Tabela 5.2 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação São Leopoldo, 01 a 10 de junho de 2003.

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo
(SE São Leopoldo, medição em intervalos de 15 minutos no período de 10 a 30/09/2005)

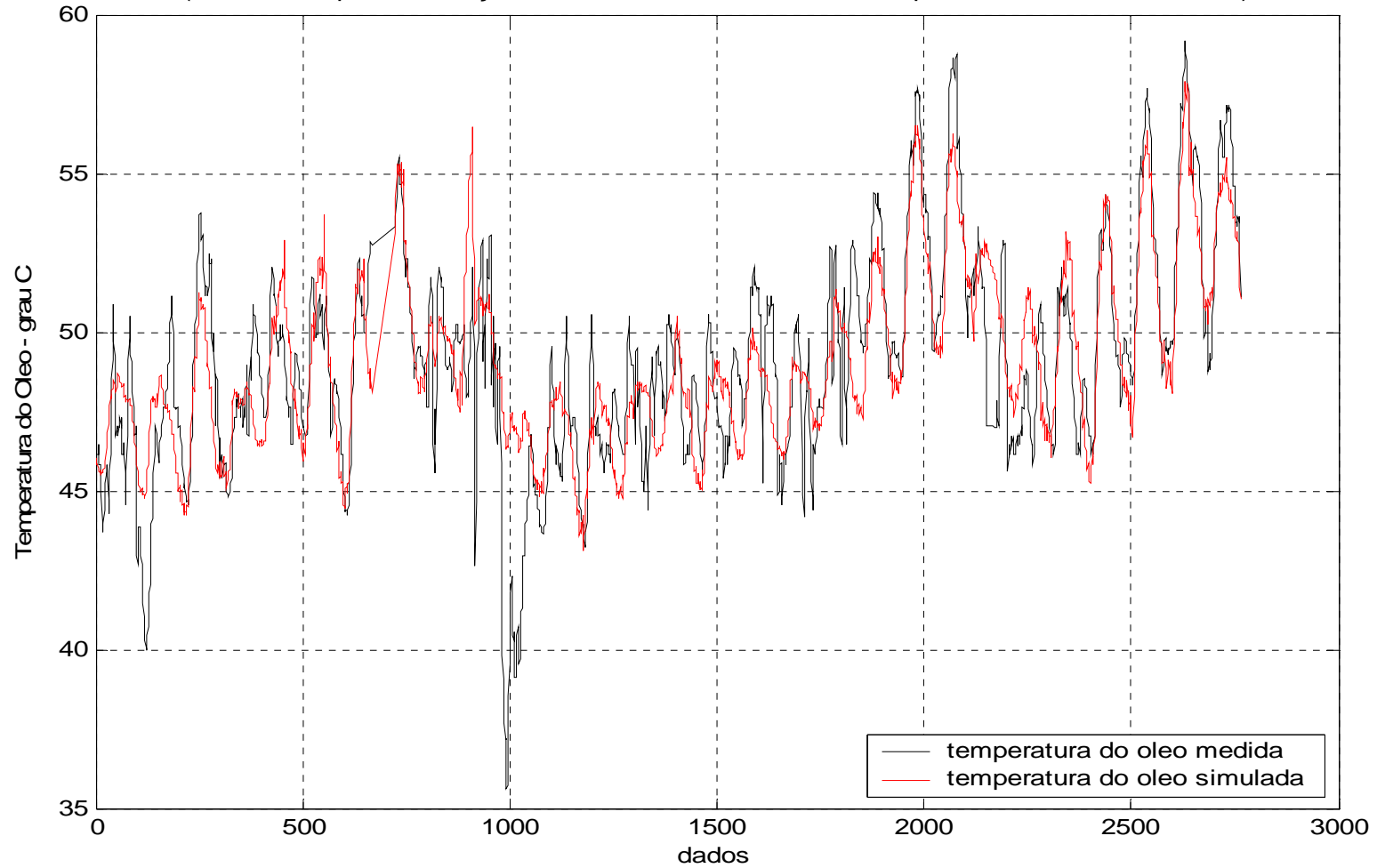


Figura 5.4 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente.
Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 30/09/2005.

Subestação/Transformador	São Leopoldo			
Potência nominal (MVA)	36/48/60			
Tensão (kV)	138 - 22			
Período de aquisição dos dados	01 a 30/09/2005			
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)	15			
Equação de modelagem	temp.oleo=36,6041+0,1030carga+0,5671tamb			
Coefficiente de explicação	0,6424 ou 64,24%			
Coefficiente de correlação	0,8015 ou 80,15%			
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp Oleo. Medida (oC)	Temp Óleo. Simulada (oC)
Máximo	46,99	29,44	59,20	57,88
Mínimo	15,20	6,94	35,63	43,13
Médio	32,20	16,21	49,11	49,11
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
1188	negativo	1,7678	1,7378	
1519	positivo	1,3826	0,9126	
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	1,5517			
Desvio padrão (°C)	1,3522			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	1068	39,45%	1068	39,45%
até 2	930	34,36%	1998	73,81%
até 3	435	16,07%	2433	89,88%
até 4	130	4,80%	2563	94,68%
até 5	58	2,14%	2621	96,82%
maior que 5	86	3,18%	2707	100,00%
Total de dados	2707	100,00%	2707	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	1660	61,32%	1660	61,32%
até a Média Abs. + 1,96 DP	913	33,73%	2573	95,05%
até a Média Abs. + 2,58 DP	51	1,88%	2624	96,93%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	83	3,07%	2707	100,00%
Total de dados	2707	100,00%	2707	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual
no intervalo da média das diferenças			1,55	61,32%
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			4,20	95,05%
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			5,04	96,93%

Tabela 5.3 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação São Leopoldo, 01 a 30 de setembro de 2005.

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo
(SE São Leopoldo, medições a cada 15 minutos no período de 01 a 31/10/2005)

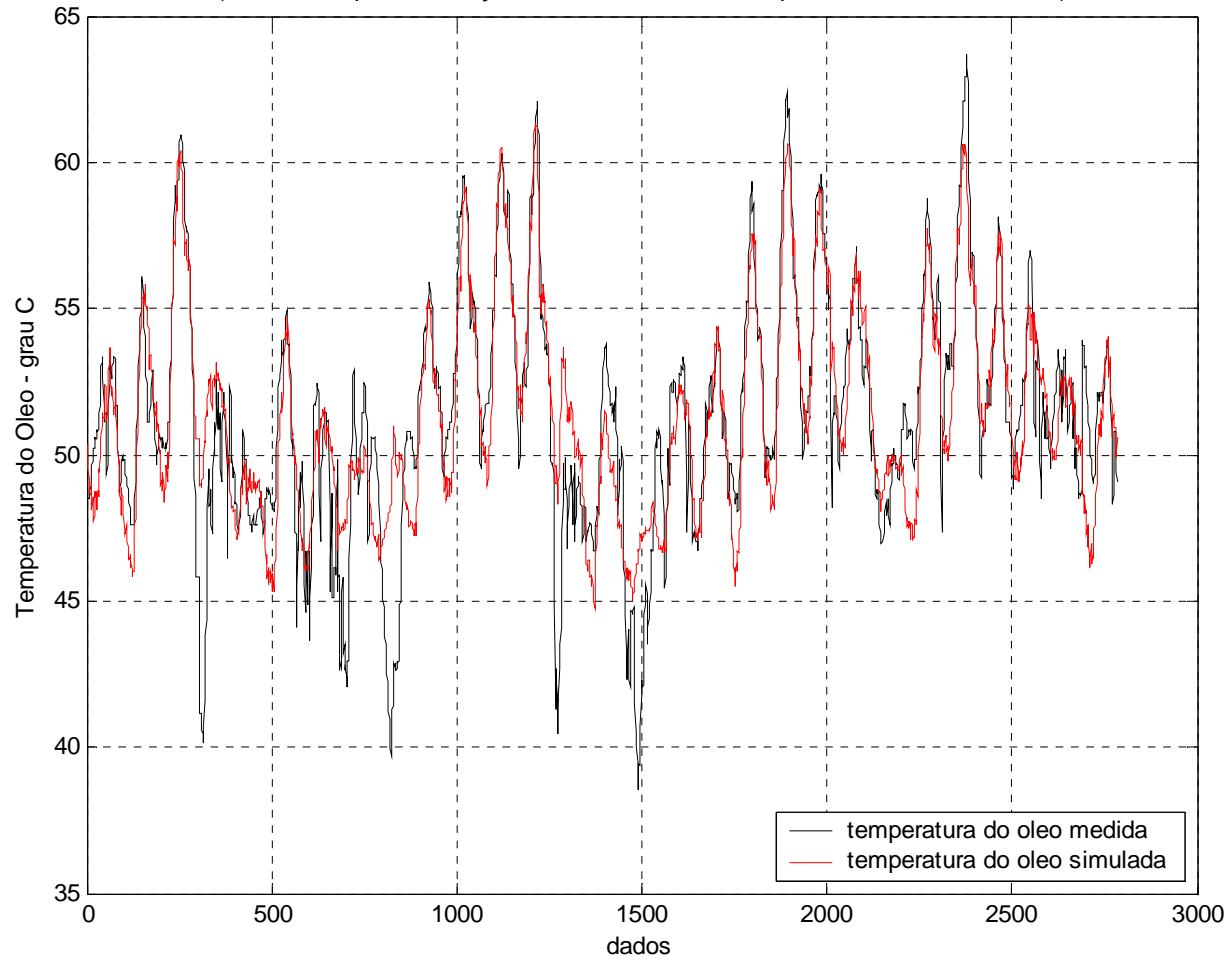


Figura 5.5 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente.
Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/10/2005.

Subestação/Transformador	São Leopoldo			
Potência nominal (MVA)	36/48/60			
Tensão (kV)	138 - 22			
Período de aquisição dos dados	01 a 31/10/2005			
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)	15			
Equação de modelagem	temp.oleo=32,9691+0,1479carga+0,6476tamb			
Coefficiente de explicação	0,7112 ou 71,12%			
Coefficiente de correlação	0,8433 ou 84,33%			
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp Oleo. Medida (oC)	Temp Óleo. Simulada (oC)
Máximo	50,92	34,64	63,70	61,32
Mínimo	9,89	13,13	38,53	44,76
Médio	34,09	20,60	51,36	51,36
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
1201	negativo	1,8264	2,0168	
1583	positivo	1,3857	0,9965	
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	1,5758			
Desvio padrão (°C)	1,5382			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	1236	44,40%	1236	44,40%
até 2	803	28,84%	2039	73,24%
até 3	399	14,33%	2438	87,57%
até 4	146	5,24%	2584	92,82%
até 5	83	2,98%	2667	95,80%
maior que 5	117	4,20%	2784	100,00%
Total de dados	2784	100,00%	2784	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	1735	62,32%	1735	62,32%
até a Média Abs. + 1,96 DP	899	32,29%	2634	94,61%
até a Média Abs. + 2,58 DP	62	2,23%	2696	96,84%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	88	3,16%	2784	100,00%
Total de dados	2784	100,00%	2784	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual
no intervalo da média das diferenças			1,58	62,32%
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			4,59	94,61%
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			5,54	96,84%

Tabela 5.4 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação São Leopoldo, 01 a 31 de outubro de 2005.

Grafico comparativo da temperatura do oleo medida e simulada em funcao da carga e da temperatura do ambiente externo
(SE São Leopoldo, medições com intervalo de 15 minutos no período de 01 a 30/11/2005)

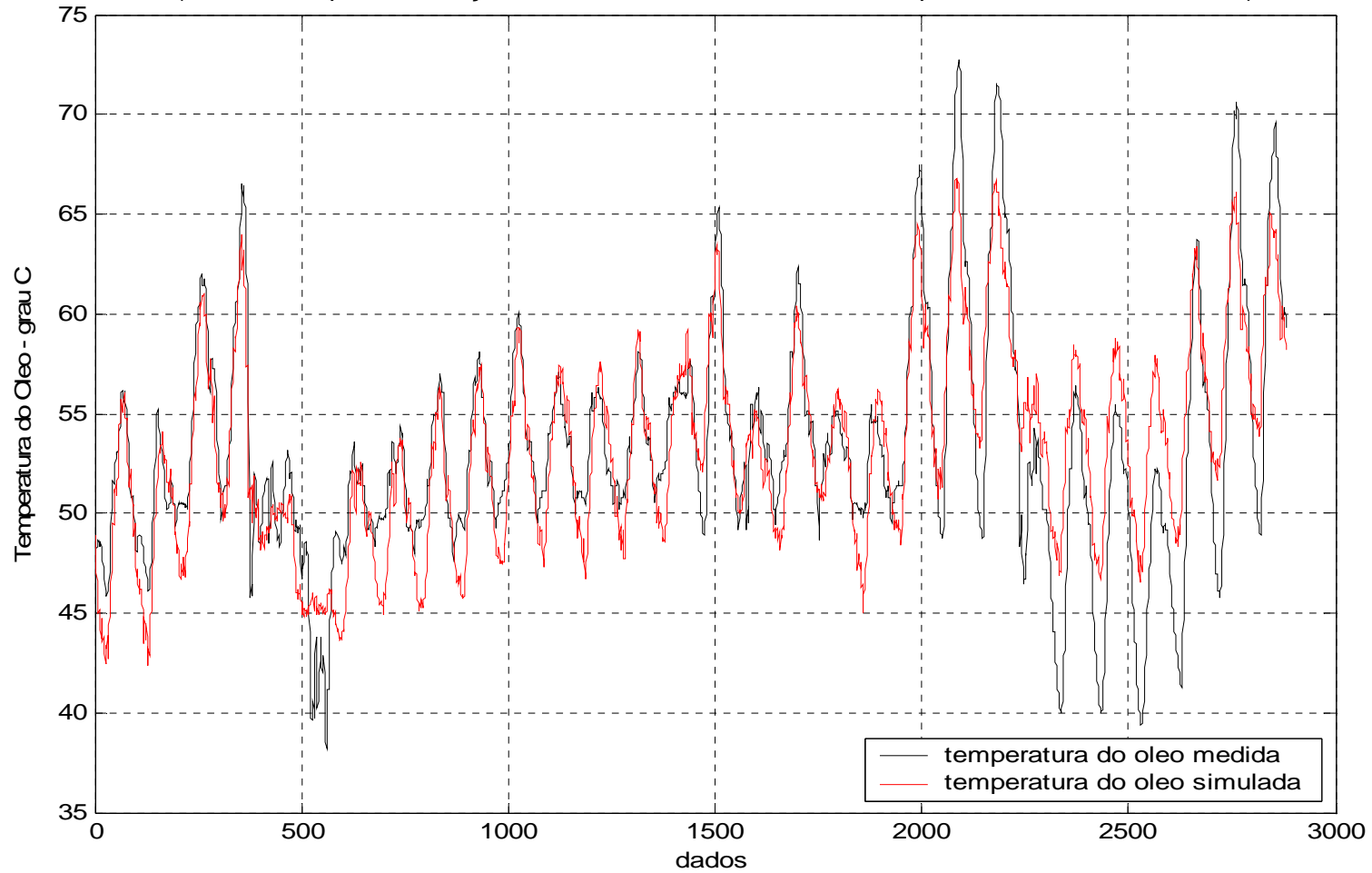


Figura 5.6 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente.
Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 30/11/2005.

Subestação/Transformador		São Leopoldo		
Potência nominal (MVA)		36/48/60		
Tensão (kV)		138 - 22		
Período de aquisição dos dados		01 a 30/11/2005		
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)		15		
Equação de modelagem		temp.oleo=28,6915+0,2258carga+0,6749tamb		
Coefficiente de explicação		0,7322 ou 73,22%		
Coefficiente de correlação		0,8557 ou 85,57%		
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp Oleo. Medida (oC)	Temp Óleo. Simulada (oC)
Máximo	53,73	38,06	72,75	66,75
Mínimo	17,92	10,69	38,20	42,36
Médio	35,85	24,33	53,21	53,21
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
1195	negativo	2,8142	2,3617	
1685	positivo	1,9958	1,3877	
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	2,3354			
Desvio padrão (°C)	1,8979			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	812	28,19%	812	28,19%
até 2	697	24,20%	1509	52,40%
até 3	513	17,81%	2022	70,21%
até 4	376	13,06%	2398	83,26%
até 5	190	6,60%	2588	89,86%
maior que 5	292	10,14%	2880	100,00%
Total de dados	2880	100,00%	2880	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	1698	58,96%	1698	58,96%
até a Média Abs. + 1,96 DP	1001	34,76%	2699	93,72%
até a Média Abs. + 2,58 DP	100	3,47%	2799	97,19%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	81	2,81%	2880	100,00%
Total de dados	2880	100,00%	2880	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual
no intervalo da média das diferenças			2,34	58,96%
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			6,06	93,72%
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			7,23	97,19%

Tabela 5.5 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação São Leopoldo, 01 a 30 de novembro de 2005.

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo (SE São Leopoldo, medições com intervalo de 15 minutos o período de 01 a 14/12/2005)

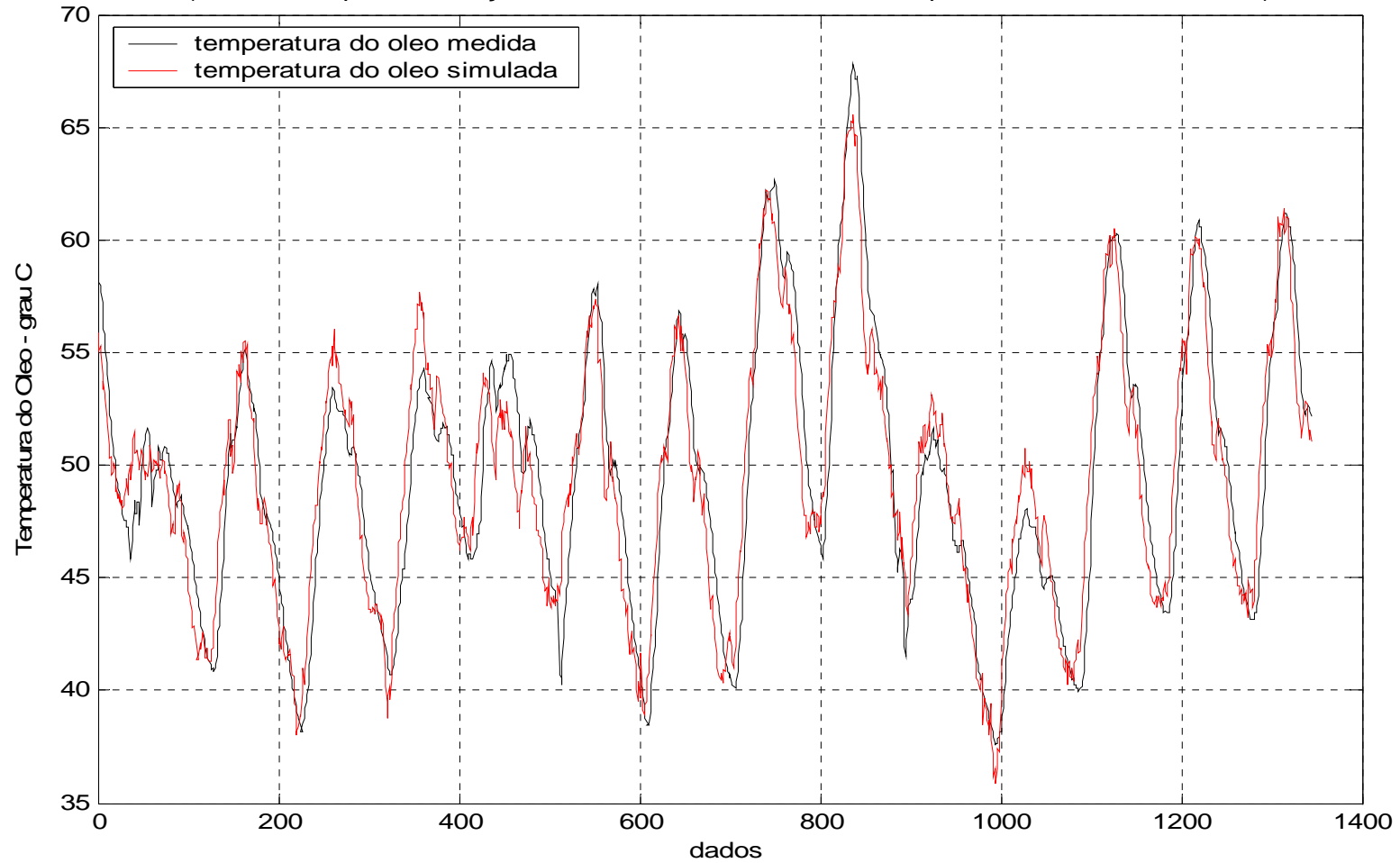


Figura 5.7 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 14/12/2005.

Subestação/Transformador		São Leopoldo		
Potência nominal (MVA)		36/48/60		
Tensão (kV)		138 - 22		
Período de aquisição dos dados		01 a 14/12/2005		
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)		15		
Equação de modelagem		temp.oleo=13,2798+0,3295carga+0,9870tamb		
Coefficiente de explicação		0,8737 ou 87,37%		
Coefficiente de correlação		0,9347 ou 93,47%		
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp Oleo. Medida (oC)	Temp Óleo. Simulada (oC)
Máximo	54,68	35,02	67,78	65,56
Mínimo	18,33	16,22	37,59	35,87
Médio	37,22	24,23	49,46	49,46
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
645	negativo	1,8368	1,2801	
699	positivo	1,6949	1,1433	
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	1,763			
Desvio padrão (°C)	1,2125			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	442	32,89%	442	32,89%
até 2	380	28,27%	822	61,16%
até 3	295	21,95%	1117	83,11%
até 4	158	11,76%	1275	94,87%
até 5	59	4,39%	1334	99,26%
maior que 5	10	0,74%	1344	100,00%
Total de dados	1344	100,00%	1344	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	744	55,36%	744	55,36%
até a Média Abs. + 1,96 DP	547	40,70%	1291	96,06%
até a Média Abs. + 2,58 DP	42	3,13%	1333	99,18%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	11	0,82%	1344	100,00%
Total de dados	1344	100,00%	1344	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual
no intervalo da média das diferenças			1,76	55,36%
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			4,14	96,06%
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			4,89	99,18%

Tabela 5.6 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação São Leopoldo, 01 a 14 de dezembro de 2005.

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo (SE Campo Bom/TR2, medições com intervalo de 15 minutos no período de 01 a 31/03/2006)

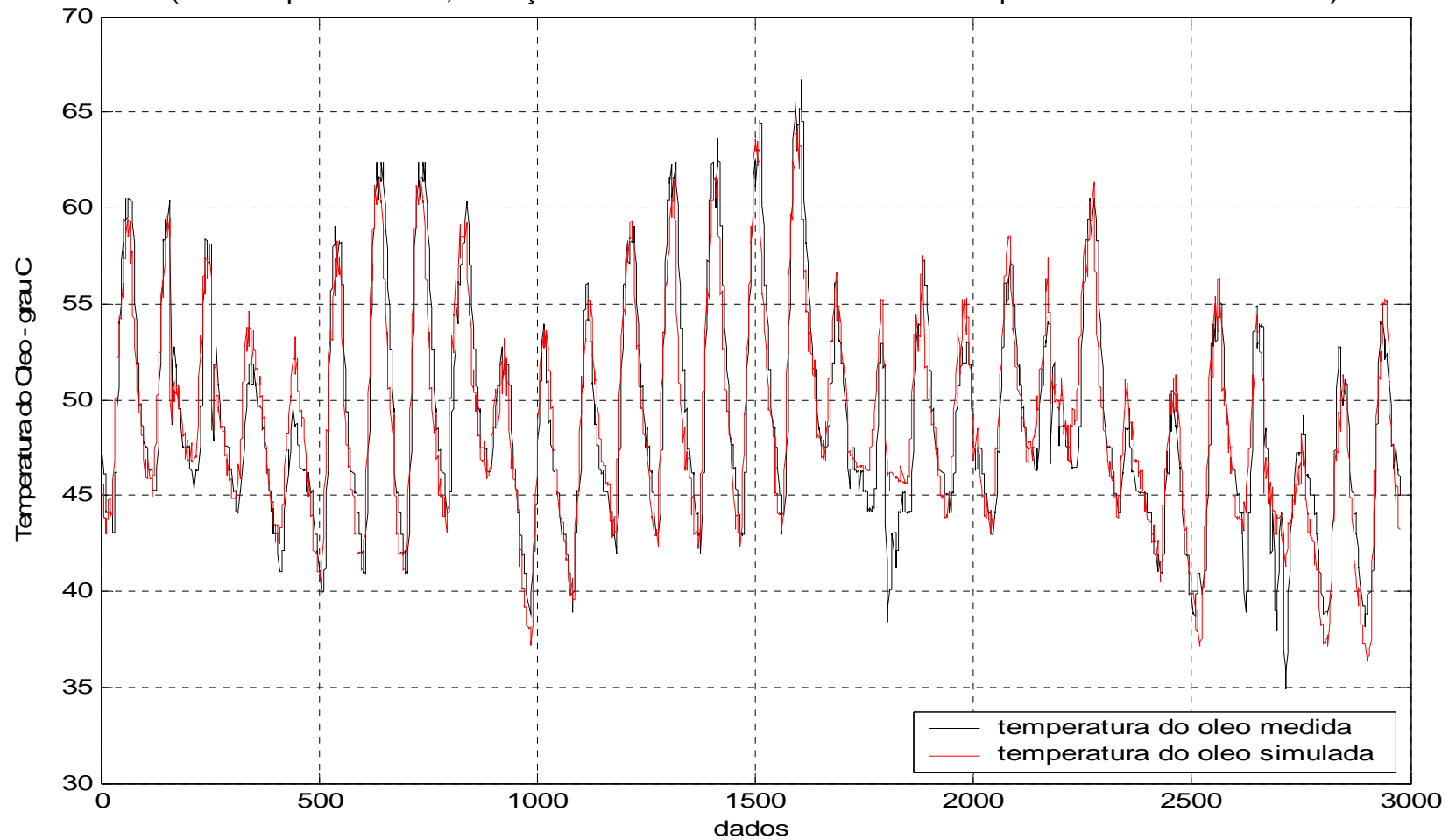


Figura 5.8 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente. Dados da Subestação Campo Bom/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/03/2006.

Subestação/Transformador	Campo Bom/TR2			
Potência nominal (MVA)	50/66/83			
Tensão (kV)	230 - 69			
Período de aquisição dos dados	01 a 31/03/2006			
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)	15			
Equação de modelagem	temp.oleo=21,3632+0,0611carga+0,9223tamb			
Coefficiente de explicação	0,8673 ou 86,73%			
Coefficiente de correlação	0,9313 ou 93,13%			
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp Oleo. Medida (oC)	Temp Óleo. Simulada (oC)
Máximo	63,01	43,60	66,70	65,17
Mínimo	13,01	14,90	34,90	33,16
Médio	35,25	27,58	48,95	48,95
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
1423	negativo	1,7387	1,3473	
1553	positivo	1,5931	1,2712	
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	1,6627			
Desvio padrão (°C)	1,31			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	1128	37,90%	1128	37,90%
até 2	850	28,56%	1978	66,47%
até 3	533	17,91%	2511	84,38%
até 4	273	9,17%	2784	93,55%
até 5	130	4,37%	2914	97,92%
maior que 5	62	2,08%	2976	100,00%
Total de dados	2976	100,00%	2976	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	1749	58,77%	1749	58,77%
até a Média Abs. + 1,96 DP	1086	36,49%	2835	95,26%
até a Média Abs. + 2,58 DP	83	2,79%	2918	98,05%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	58	1,95%	2976	100,00%
Total de dados	2976	100,00%	2976	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual
no intervalo da média das diferenças			1,66	58,77%
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			4,23	95,26%
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			5,04	98,05%

Tabela 5.7 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação Campo Bom/TR2, 01 a 31 de março de 2006.

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo
(SE Campo Bom/TR2 medições com intervalo de 15 minutos no período de 01 a 31/07/2006)

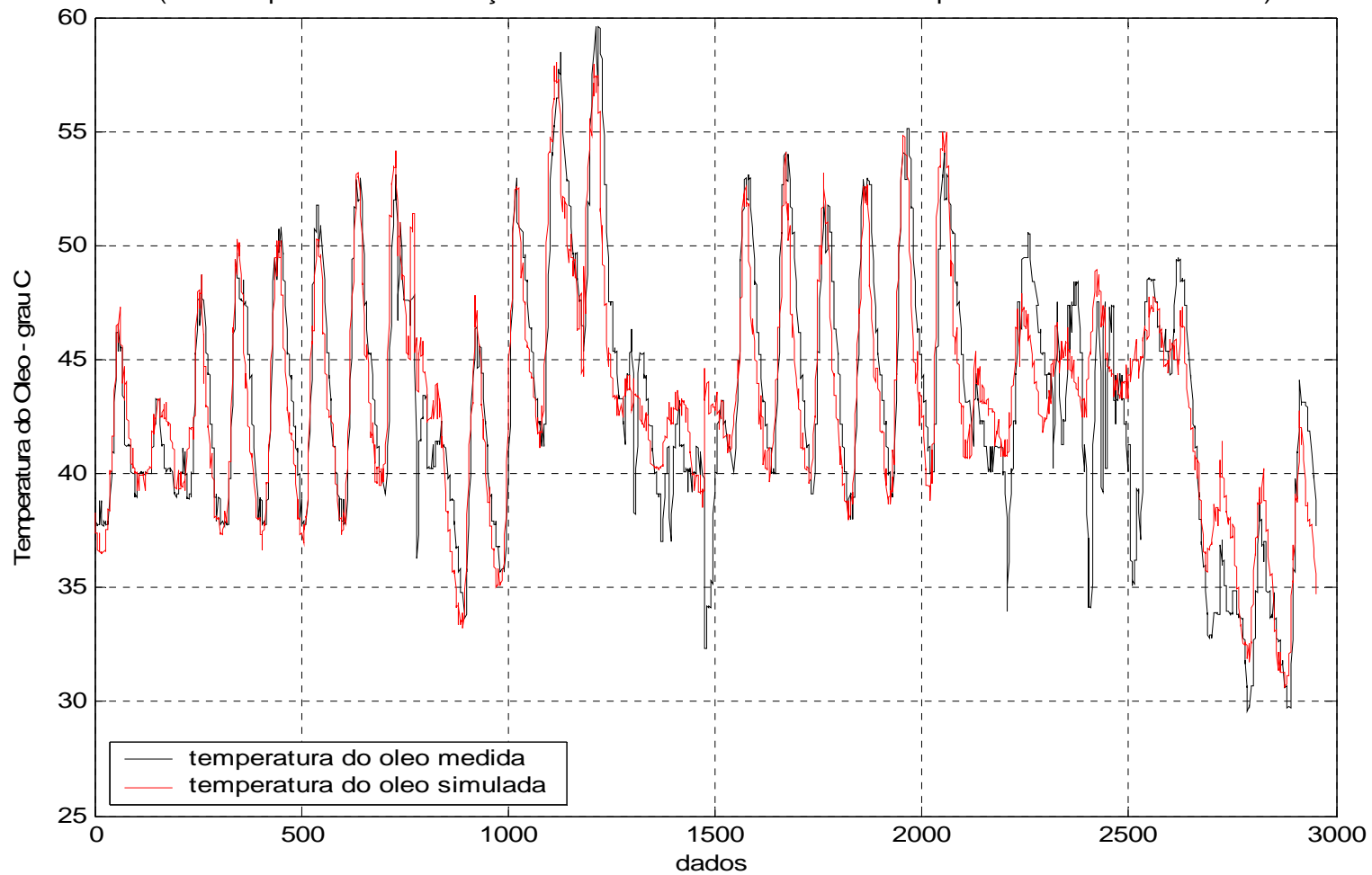


Figura 5.9 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente.
Dados da Subestação Campo Bom/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/07/2006.

Subestação/Transformador		Campo Bom/TR2		
Potência nominal (MVA)		50/66/83		
Tensão (kV)		230 - 69		
Período de aquisição dos dados		01 a 31/07/2006		
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)		15		
Equação de modelagem		temp.oleo=26,6134+0,0598carga+0,7393tamb		
Coefficiente de explicação		0,7781 ou 77,81%		
Coefficiente de correlação		0,8821 ou 88,21%		
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp Oleo. Medida (oC)	Temp Óleo. Simulada (oC)
Máximo	54,40	38,30	59,60	58,03
Mínimo	13,12	3,90	29,60	30,60
Médio	31,19	20,07	43,32	43,32
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
1403	negativo	2,0893	2,0521	
1551	positivo	1,8899	1,2993	
Diferenças entre temperaturas do óleo medida - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	1,9846			
Desvio padrão (°C)	1,7016			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	963	32,60%	963	32,60%
até 2	794	26,88%	1757	59,48%
até 3	577	19,53%	2334	79,01%
até 4	325	11,00%	2659	90,01%
até 5	175	5,92%	2834	95,94%
maior que 5	120	4,06%	2954	100,00%
Total de dados	2954	100,00%	2954	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	1748	59,17%	1748	59,17%
até a Média Abs. + 1,96 DP	1103	37,34%	2851	96,51%
até a Média Abs. + 2,58 DP	32	1,08%	2883	97,60%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	71	2,40%	2954	100,00%
Total de dados	2954	100,00%	2954	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual
no intervalo da média das diferenças			1,98	59,17%
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			5,32	96,51%
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			6,37	97,60%

Tabela 5.8 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura do óleo medida e simulada. Subestação Campo Bom/TR2, 01 a 31 de julho de 2006.

Os valores que compõem as tabelas 1 a 10 são resultados decorrentes da aplicação da rotina *simul.m* nos respectivos arquivos de dados das subestações e transformadores e são visualizados no *desktop* do MATLAB 6.5, conforme apresentado na figura 5.10.

```

File Edit View Web Window Help
Current Directory: C:\Arquivos Jorge\doutorado\programas
Command Window
Using Toolbox Path Cache. Type "help toolbox_path_cache" for more info.

To get started, select "MATLAB Help" from the Help menu.

>> dadosledez2005
>> simul
EQUACAO DE MODELAGEM Temp.Oleo(oC) = (13.2798) + (0.32947).Carga(MVA) + (0.98703).Temp.Ambiente(oC)

dados=1344 Coef. Explic.=0.87366 Coef. Correl.=0.9347

RESUMO DAS DIFERENCAS ENTRE A TEMPERATURA DO OLEO MEDIDA MENOS SIMULADA
dif.negativas=645 Media dif. negativas=-1.8368 Desvio Padrao dif. negativas=1.2801
dif.positivas=699 Media dif. positivas=1.6949 Desvio Padrao dif. positivas=1.1433

RESUMO DAS DIFERENCAS ENTRE A TEMPERATURA DO OLEO MEDIDA MENOS SIMULADA EM VALORES ABSOLUTOS
Media Dif.Abs=1.763(oC) Desvio Padrao=1.2125(oC)
Comparativo da Diferenca em grau C entre a Temperatura do Oleo Medida - Simulada - resultados:
menor 1=442 menor 2=380 menor 3=295 menor 4=158 menor 5=59 maior5 =10

RESULTADOS OBTIDOS ATE A MEDIA DAS DIFERENCAS=744
RESULTADOS OBTIDOS NO INTERVALO DE CONFIANCA DE 96%(Med+1,96DP)=547
RESULTADOS OBTIDOS NO INTERVALO DE CONFIANCA DE 99%(Med+2,58DP)=42
RESULTADOS OBTIDOS FORA DO INTERVALO DE CONFIANCA DE 99%=11

COMPORTAMENTO DA CARGA (MVA) - MAX = 54.68 MIN = 18.53 MEDIA = 37.2232
COMPORTAMENTO DA TEMP. AMB. (oC) - MAX = 35.02 MIN = 16.22 MEDIA = 24.2302
COMPORTAMENTO DA TEMP. OLEO MEDIDA(oC) - MAX = 67.78 MIN = 37.59 MEDIA = 49.4596
COMPORTAMENTO DA TEMP. OLEO SIMULADA(oC) - MAX = 65.5614 MIN = 35.8719 MEDIA = 49.4596
>>
  
```

Figura 5.10 - Visualização no *desktop* do MATLAB 6.5 dos resultados decorrentes da aplicação da rotina *simul.m* no arquivo de dados referentes ao transformador da SE São Leopoldo para o período de dezembro/2005.

Relativamente à validação do modelo e da rotina de simulação da temperatura do óleo a partir da carga e da temperatura externa, quando aplicado em diversos transformadores de potência, sintetizando os resultados apresentados nos gráficos das figuras 5.2 a 5.9 e nos valores que compõem as tabelas 5.1 a 5.8, é possível constatar:

- a) Na observação visual, o espectro gráfico das curvas de medição e simulação da temperatura do óleo expressa convergência, tendência e similaridade de comportamento para todos os casos;
- b) Para a simulação aplicada ao transformador TR1 da SE Scharlau (potência nominal de 36/48/60 MVA), com medições de 01 a 10/03/2004 (figura 5.2 e tabela 5.1), período de verão caracterizado por altas temperaturas ambientes (média 24,6° C e máxima 36,5° C) e forte demanda (máxima de 50,1 MVA e média de 33,3 MVA), o Coeficiente de Correlação obtido foi de 93,97%, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de ± 1,33° C, compreendendo 57,4% dos resultados. Observando-se ainda que 96,27% dos resultados simulados situaram-se na faixa de dife-

rença de $\pm 3,24^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%);

c) Na simulação aplicada ao transformador da SE São Leopoldo (Potência Nominal de 36/48/60 MVA) com medições de 01 a 10/06/2003 (figura 5.3 e tabela 5.2), período de inverno caracterizado por baixas temperaturas ambientes (média $16,5^{\circ}\text{C}$, máxima $27,7^{\circ}\text{C}$ e mínima de $11,2^{\circ}\text{C}$) e demandas baixas (máxima de 35,2 MVA e média de 25,3 MVA), o Coeficiente de Correlação obtido foi de 84,70 %, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de $\pm 1,00^{\circ}\text{C}$, compreendendo 63,9% dos resultados. Observando-se ainda que 93,63 % dos resultados simulados situaram-se na faixa de diferença de $\pm 4,2^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%);

d) Quando aplicada ao transformador da SE São Leopoldo (figura 5.4 e tabela 5.3) a simulação com dados do período de 01 a 30/09/2005, caracterizado na região por temperaturas de estação intermediária (média $16,2^{\circ}\text{C}$, máxima $29,4^{\circ}\text{C}$ e mínima de $6,9^{\circ}\text{C}$) e demandas médias (máxima de 47 MVA e média de 32,2 MVA), o Coeficiente de Correlação obtido foi de 80,15 %, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de $\pm 1,55^{\circ}\text{C}$, compreendendo 61,3 % dos resultados. Observando-se ainda que 95,05 % dos resultados simulados situaram-se na faixa de diferença de $\pm 4,2^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%);

e) Para a simulação aplicada ao transformador da SE São Leopoldo com medições no período de 01 a 31/10/2005 (figura 5.5 e tabela 5.4), caracterizado na região por temperaturas de estação intermediária com tendência a elevação (média $20,6^{\circ}\text{C}$, máxima $34,6^{\circ}\text{C}$ e mínima de $9,9^{\circ}\text{C}$) e demandas médias (máxima de 50,9 MVA e média de 34,1 MVA), o Coeficiente de Correlação obtido foi de 84,33 %, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de $\pm 1,58^{\circ}\text{C}$, compreendendo 62,3 % dos resultados. Observando-se ainda que 94,61 % dos resultados simulados situaram-se na faixa de diferença de $\pm 4,6^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%);

f) No caso da simulação realizada para o transformador da SE São Leopoldo (figura 5.6 e tabela 5.5), com dados de 01 a 30/11/2005, condição caracterizada por temperaturas com tendência a elevação (média $24,3^{\circ}\text{C}$, máxima $38,1^{\circ}\text{C}$ e mínima de $10,7^{\circ}\text{C}$) e demandas crescentes (máxima de 56,7 MVA e média de 35,8 MVA), o Coeficiente de Correlação obtido foi de 85,57 %, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de $\pm 2,33^{\circ}\text{C}$, compreendendo 58,96 % dos resultados. Observando-se ainda que 93,7 % dos resultados simulados situaram-se na faixa de diferença de $\pm 6,1^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%);

g) No exemplo de simulação aplicada ao transformador da SE São Leopoldo (figura 5.7 e tabela 5.6), com medições no período de 01 a 13/12/2005, condição caracterizada por temperaturas elevadas (média $24,2^{\circ}\text{C}$, máxima 35°C e mínima de $16,2^{\circ}\text{C}$) e demandas fortes (máxima de 54,7

MVA e média de 37,2 MVA), o Coeficiente de Correlação obtido foi de 93,47 %, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de $\pm 1,76^{\circ}\text{C}$, compreendendo 55,36 % dos resultados. Observando-se ainda que 96,1 % dos resultados simulados situaram-se na faixa de diferença de $\pm 4,14^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%);

h) Para o ensaio de simulação aplicado ao transformador TR2 da SE Campo Bom com medições no período de 01 a 31/03/2006 (figura 5.8 e tabela 5.7), caracterizado por temperaturas bastante elevadas (média $27,6^{\circ}\text{C}$, máxima $43,6^{\circ}\text{C}$ e mínima de $14,9^{\circ}\text{C}$) em um local onde, normalmente, ocorrem as máximas temperaturas do estado do RS no verão, e carregamento intermediário para a potência nominal do equipamento (máxima de 63,0 MVA e média de 35,2 MVA), o Coeficiente de Correlação obtido foi de 93,13 %, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de $\pm 1,66^{\circ}\text{C}$, compreendendo 58,77 % dos resultados. Observando-se ainda que 95,3 % dos resultados simulados situaram-se na faixa de diferença de $\pm 4,23^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%);

i) Para a simulação aplicada ao transformador TR2 da SE Campo Bom (figura 5.9 e tabela 5.8), com medições de 01 a 31/07/2006, período de inverno caracterizado por temperaturas bastante variáveis e extremas (média $20,1^{\circ}\text{C}$, máxima $38,3^{\circ}\text{C}$ e mínima de $3,9^{\circ}\text{C}$) e carregamento intermediário para a potência nominal do equipamento (máxima de 54,40 MVA e média de 31,2 MVA), o Coeficiente de Correlação obtido foi de 88,21 %, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de $\pm 1,98^{\circ}\text{C}$, compreendendo 59,17 % dos resultados. Observando-se ainda que 96,5 % dos resultados simulados situaram-se na faixa de diferença de $\pm 5,32^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%).

j) Na Tabela 5.9 é possível sintetizar os dados comparativos do que pode ser considerado o resultado de simulação mais próxima dos valores medidos ou aquele com melhor correlação (SE Scharlau/TR2, período de 01 a 31/03/2003) e a mais afastada (SE São Leopoldo, período de 01 a 30/09/2005) ou aquela com pior correlação, e um terceiro experimento considerado como de resultado intermediário (Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/07/2006).

Portanto, a partir resultados obtidos nos 8 testes de simulação, é possível concluir que o aplicativo modelador *simul.m* apresenta resultados confiáveis e com bastante aproximação quando comparados aos valores medidos para temperatura do óleo. Indicam também que a modelagem com a metodologia da regressão linear múltipla pelo método dos mínimos quadrados é eficazmente aplicável para a simulação do regime térmico-operativo de transformadores de potência.

Condição da simulação comparativamente aos valores medidos	mais próxima	intermediária	mais afastada
Subestação/Transf.	Scharlau/TR1	Campo Bom/TR2	São Leopoldo
Período	01 a 31/03/2004	01 a 31/07/2006	01 a 30/09/2005
Coef. Correlação	93,97 %	88,21 %	80,15 %
Erro Abs. Médio (°C)	1,33	1,98	1,55
Desvio Padrão (°C)	0,97	1,70	1,35
Limites Intervalo de Confiança 95% (°C)	3,24	5,32	4,20
% de simulações no limite do Erro Abs. Médio	57,4 %	59,2 %	61,3 %
% de simulações no Interv. Confiança de 95%	96,3 %	96,5 %	95,0 %

Tabela 5.9 – Comparação dos resultados da simulação da temperatura do óleo relativamente aos valores medidos considerando as correlações mais forte, mais fraca e intermediária.

5.5 Resultados obtidos com medições em intervalos diferenciados e valores médios

Para avaliar a performance dos modelos utilizando base de dados de um mesmo transformador, porém com intervalos diferenciados, além dos experimentos já demonstrados, que utilizaram dados medidos com intervalos de 15 minutos, aplicou-se o simulador utilizando dados com medições em intervalos de 1 minuto, com intervalos de uma hora, com a média dos valores de cada conjunto de 15 medições com intervalo de 1 minuto (média de 15 minutos) e com a média dos valores de cada conjunto de 60 medições com intervalo de 1 minuto (média horária). Em função da disponibilidade de dados, os testes foram aplicados nos transformadores das SE's São Leopoldo (01 a 13/12/2005) e Campo Bom/TR2 (01 a 31/03/2006). Os resultados gráficos apresentaram perfil idêntico em todos os testes, como demonstram os exemplos apresentados nas Figuras 5.11, 5.12, 5.13 e 5.14, referente ao TR2 da SE Campo Bom.

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo (SE Campo Bom/TR2 medições com intervalo de 1 minuto no período de 01 a 31/03/2006)

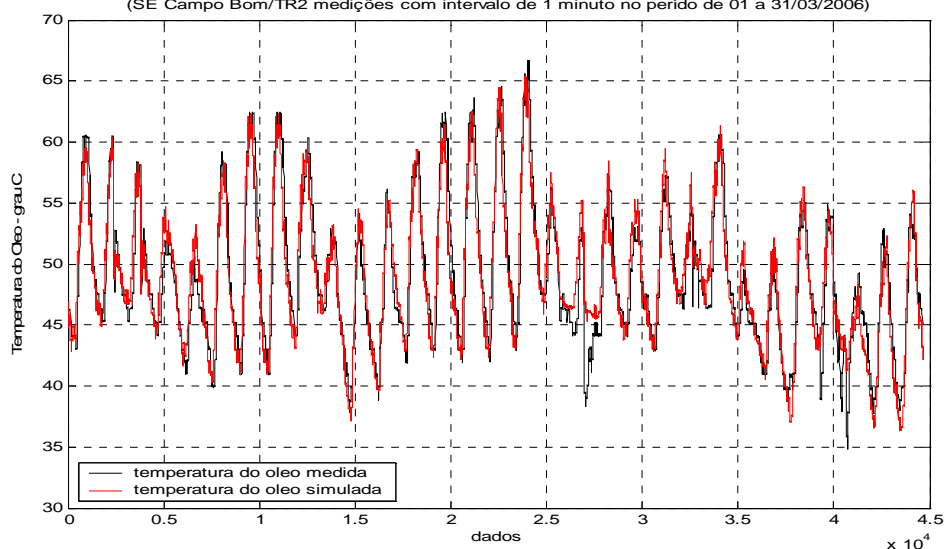


Figura 5.11 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada da SE Campo Bom/TR2, no período de 10 a 31/03/2006, utilizando dados medidos com intervalo de 1 minuto.

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo (SE Campo Bom/TR2 dados referente as médias a cada 15 medições com intervalo de 1 minuto no período de 01 a 31/03/2006)

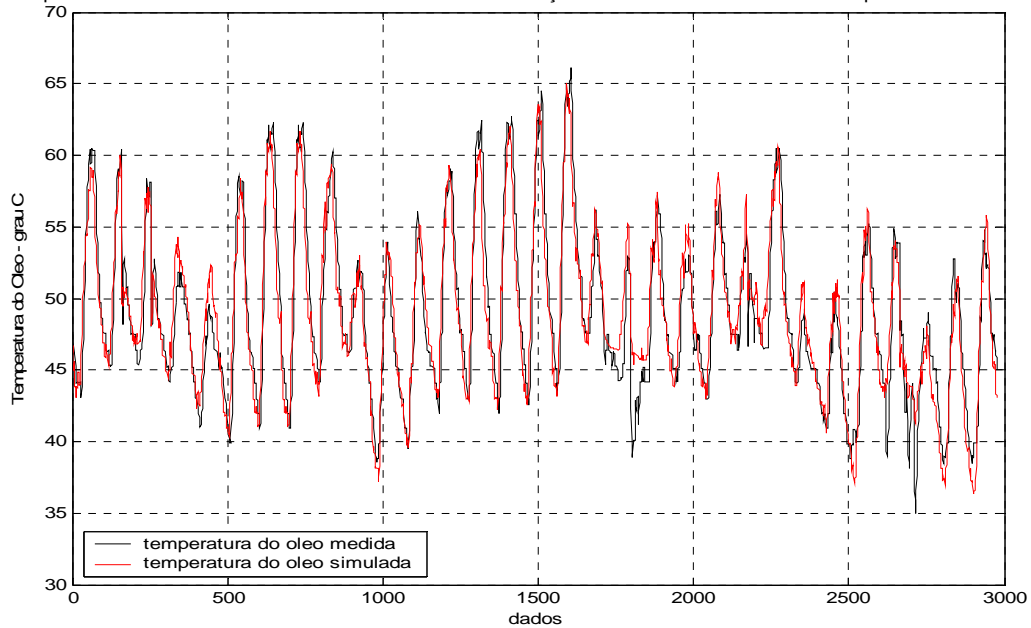


Figura 5.12 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada da SE Campo Bom/TR2, no período de 10 a 31/03/2006, utilizando dados médios de cada 15 medições com intervalo de 1 minuto.

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo (SE Campo Bom/TR2, medições com intervalo de 60 minutos no período de 01 a 31/03/2006)

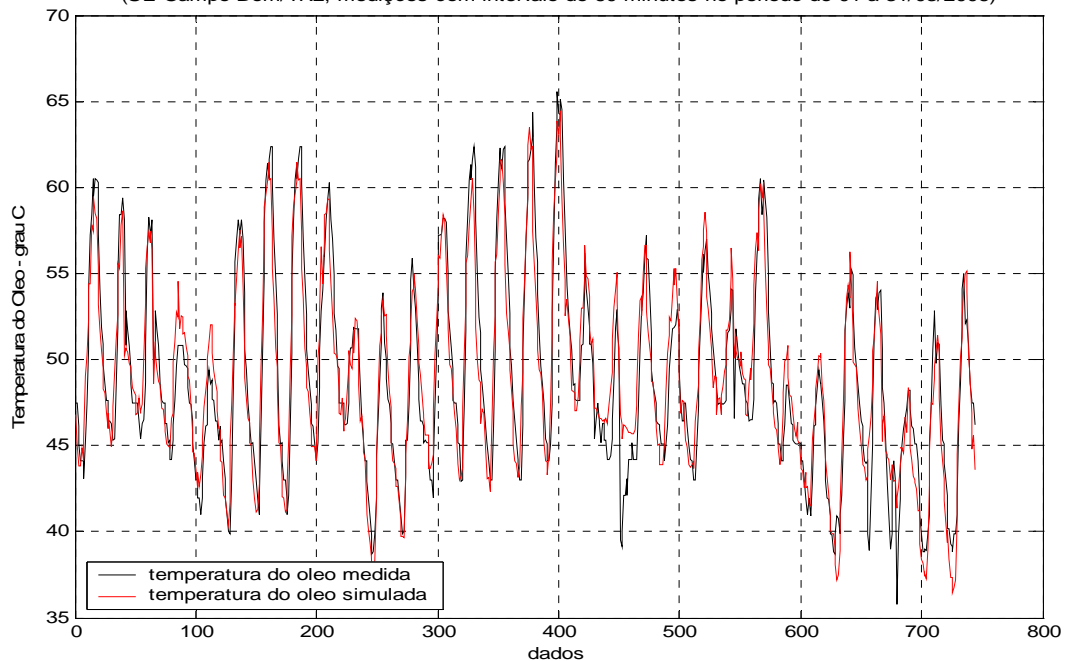


Figura 5.13 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada da SE Campo Bom/TR2, no período de 10 a 31/03/2006, utilizando dados medidos com intervalo de 60 minutos.

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo (SE Campo Bom/TR2, dados referentes a média horária das medições com intervalos de 1 minuto no período de 01 a 31/03/2006;

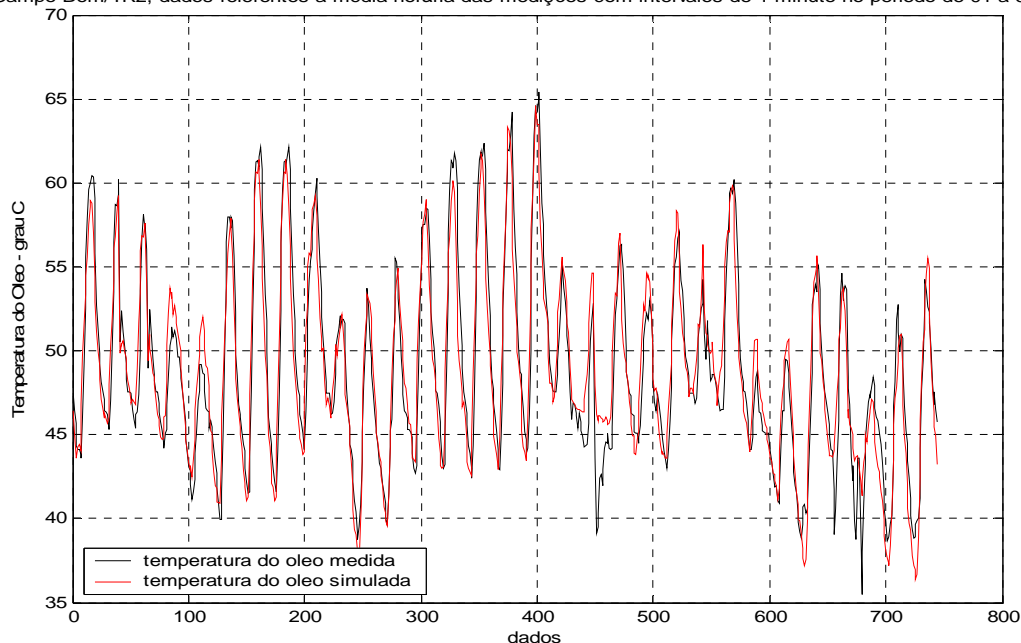


Figura 5.14 – Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada da SE Campo Bom/TR2, no período de 10 a 31/03/2006, utilizando dados médios de cada 60 medições com intervalo de 1 minuto.

As diferenças obtidas para os coeficientes (A , B e C) da equação de modelagem, do coeficiente de correlação (R), da diferença (erro) média em valores absolutos entre aqueles medidos e simulados para a temperatura do óleo, bem como os respectivos desvio padrão e enquadramentos dos resultados obtidos nos limites do erro médio e do Intervalo de Confiança de 95% podem ser visualizados nas tabelas 5.10 e 5.11.

Subestação/Transformador- período dos dados	São Leopoldo - de 01 a 13/12/2005				
	1 min.	15 min.	média 15 min.	1 hora	média 1 hora
intervalos de medição dos dados	1 min.	15 min.	média 15 min.	1 hora	média 1 hora
Coeficiente A da equação de modelagem	13,2885	13,2798	13,2180	13,2591	13,0812
Coeficiente B da equação de modelagem	0,3360	0,3295	0,3363	0,3405	0,3409
Coeficiente C da equação de modelagem	0,9760	0,9870	0,9785	0,9722	0,9772
Coef. Correlação	93,39 %	93,47 %	93,50 %	93,50 %	93,76 %
Erro Abs. Médio (°C)	1,76	1,76	1,75	1,75	1,70
Desvio Padrão (°C)	1,21	1,21	1,20	1,21	1,18
Limites Intervalo de Confiança 95% (°C)	4,13	4,14	4,12	4,14	4,04
% de simulações no limite do Erro Abs. Médio	55,3	55,3 %	55,1 %	57,7 %	53,5 %
% de simulações no Interv. Confiança de 95%	95,9	96,1 %	95,9 %	95,5 %	96,5 %

Tabela 5.10 – Comparação dos resultados da simulação da temperatura do óleo para um mesmo período e transformador, considerando intervalos diferenciados e valores médios.

Dados da SE São Leopoldo, período de 01 a 13/12/2005.

Subestação/Transformador- período dos dados	Campo Bom/TR2 - período de 01 a 31/03/2006				
intervalos de medição dos dados	1 min.	15 min.	média 15 min.	1 hora	média 1 hora
Coeficiente A da equação de modelagem	21,4064	21,3632	21,3085	21,5307	21,2228
Coeficiente B da equação de modelagem	0,0610	0,0611	0,0599	0,0657	0,0613
Coeficiente C da equação de modelagem	0,9208	0,9223	0,9257	0,9113	0,9271
Coef. Correlação	93,12 %	93,13 %	93,34 %	93,07 %	93,70 %
Erro Abs. Médio (°C)	1,66	1,66	1,64	1,66	1,60
Desvio Padrão (°C)	1,31	1,31	1,29	1,33	1,24
Limites Intervalo de Confiança 95% (°C)	4,26	4,23	4,19	4,27	4,04
% de simulações no limite do Erro Abs. Médio	58,9 %	58,8 %	58,9 %	58,7 %	59,9 %
% de simulações no Interv. Confiança de 95%	95,3 %	95,3 %	95,2 %	95,0 %	95,3 %

Tabela 5.11 – Comparação dos resultados da simulação da temperatura do óleo para um mesmo período e transformador, considerando intervalos diferenciados e valores médios. Dados da SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/03/2006.

Pela análise das tabelas, é possível concluir que os resultados dos testes não apresentam diferenças significativas que comprometam a opção por usar o simulador com dados em intervalos de 1, de 15 ou de 60 minutos ou, ainda, com os valores obtidos a partir das médias de dados desses períodos. Em ambos os casos, é possível observar que a melhor aproximação de resultados é obtida quando se usam dados médios do período de uma hora. Para confirmar esta possibilidade, há necessidade de ampliar o experimento para mais equipamentos e bases de dados diferenciadas.

5.6 Análise de dispersão dos resultados e curvas de comparação entre os valores medidos e simulados

Com a finalidade de possibilitar a análise de comportamento da dispersão das diferenças entre os valores obtidos com a simulação da temperatura do óleo comparativamente com os valores medidos, foi desenvolvida a rotina denominada *ordenada.m*, que promove a ordenação (em valores crescentes) do vetor que compreende os dados da temperatura medida e faz a “plotagem” dos valores simulados correspondentes. As figuras 5.15, 5.17 e 5.19 apresentam os gráficos correspondentes à aplicação da rotina *ordenada.m* nos testes dos equipamentos da SE Scharlau/TR1 (01 a 10/03/2003), SE Campo Bom/TR2 (01 a 31/07/2006) e SE São Leopoldo (01 a 30/09/2005), avaliados no item 5.4 como simulações que apresentaram resultados mais próximos, intermediários e mais afastados, quando comparadas aos valores medidos.

Ao mesmo tempo, a fim de possibilitar uma avaliação das curvas que representam o espectro de comportamento das temperaturas medidas e simuladas para a temperatura do óleo no período de teste do simulador, foi desenvolvida a rotina *comparacao.m*, que ordena de forma crescente os vetores correspondentes a essas grandezas. As figuras 5.16, 5.18 e 5.20

apresentam os gráficos da aplicação desta rotina nos mesmos equipamentos e períodos.

Pela avaliação dos gráficos e pela aplicação das rotinas *ordenada.m* e *comparacao.m* em outros testes, é possível observar que os testes que apresentaram melhor desempenho em nível de correlação e aproximação de resultados medidos e simulados foram aqueles aplicados nos equipamentos operando em circunstâncias de temperatura externa mais elevadas e submetidos a regimes de cargas mais elevados ou próximos dos limites das respectivas potências nominais dos equipamentos, ou seja, os testes aplicados nos dados da SE Scharlau/TR1 (março de 2004), na SE Campo Bom/TR2 (março de 2006) e na SE São Leopoldo (dezembro de 2005).

Ao mesmo tempo, foi possível constatar que os testes que apresentaram maior dispersão entre os resultados medidos e simulados, foram aqueles aplicados em períodos de baixas temperaturas externas, ou com bastante diferença entre as máximas e mínimas temperaturas do período, cujos transformadores operaram com regimes de carregamento médios ou baixos relativamente às suas respectivas potências nominais. Como exemplos, podem ser citados os testes: da SE São Leopoldo (junho, setembro e outubro de 2005) e SE Campo Bom/TR2 (julho de 2006). Observa-se ainda que as maiores diferenças foram verificadas nas condições de operação com baixas temperaturas do óleo. Em tais circunstâncias o modelo é fortemente influenciado pelas perdas no núcleo, que são constantes, e sofre pouca influência das perdas no enrolamento, que variam com a carga, devido às condições de baixo carregamento.

As condições de operação em regimes de alta temperatura e grande carregamento não apresentaram fortes dispersões e diferenças.

5.7 Simulação da temperatura da imagem térmica

Sondas de imagem térmica são dispositivos de medição da temperatura da parte ativa, tendo um posicionamento físico previsto no projeto para o provável ponto de maior concentração de calor ou ponto *Hot Spot*. É possível supor e considerar que os valores medidos por estes dispositivos tendem a representar a maior temperatura de operação de um dado regime térmico-operativo (considerando a carga, sua duração e a temperatura ambiente). Os equipamentos mais antigos dispunham de sistemas analógicos para controle desta temperatura, que acionavam sistemas de alarme e bloqueios de operação nos limites pré-determinados. Atualmente alguns transformadores de potência estão sendo adaptados ou equipados com dispositivos de sinalização digital que possibilitam o monitoramento por sistemas supervisores *online*.

Dispersão da temperatura do óleo simulada comparativamente a temperatura do óleo medida e ordenada na forma crescente
(SE Scharlau/TR1 medições com intervalo de 15 minutos no período de 01 a 31/03/2004)

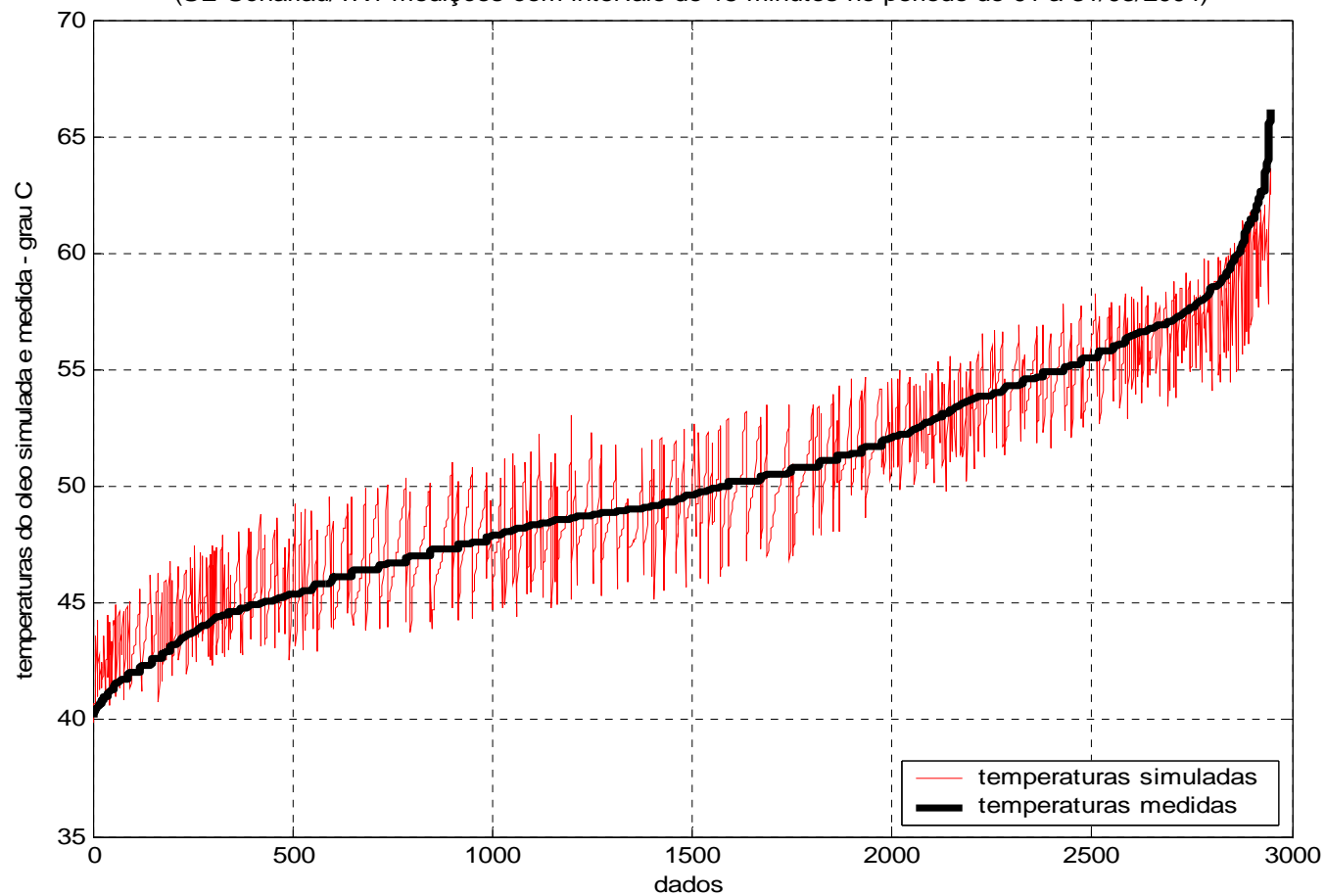


Figura 5.15 – Gráfico de dispersão das temperaturas do óleo simulada comparativamente à temperatura do óleo medida e ordenada na forma crescente. Dados da Subestação Scharlau referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/03/2004.

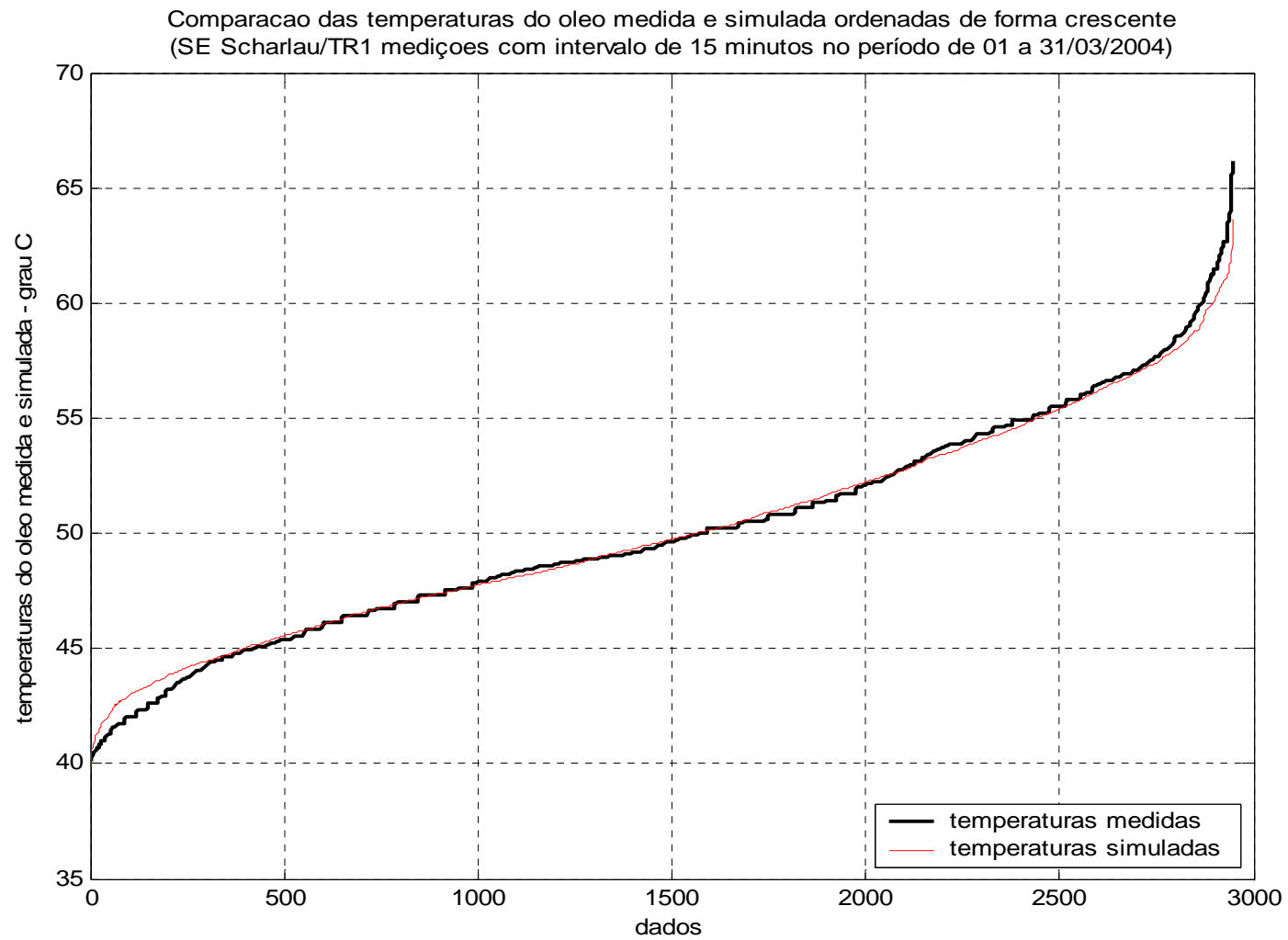


Figura 5.16 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas ordenadas de forma crescente. Dados da Subestação Scharlau referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/03/2004.

Dispersão da temperatura do óleo simulada comparativamente a temperatura do óleo medida e ordenada na forma crescente (SE Campo Bom/TR2, medições com intervalo de 15 minutos no período de 01 a 31/07/2006)

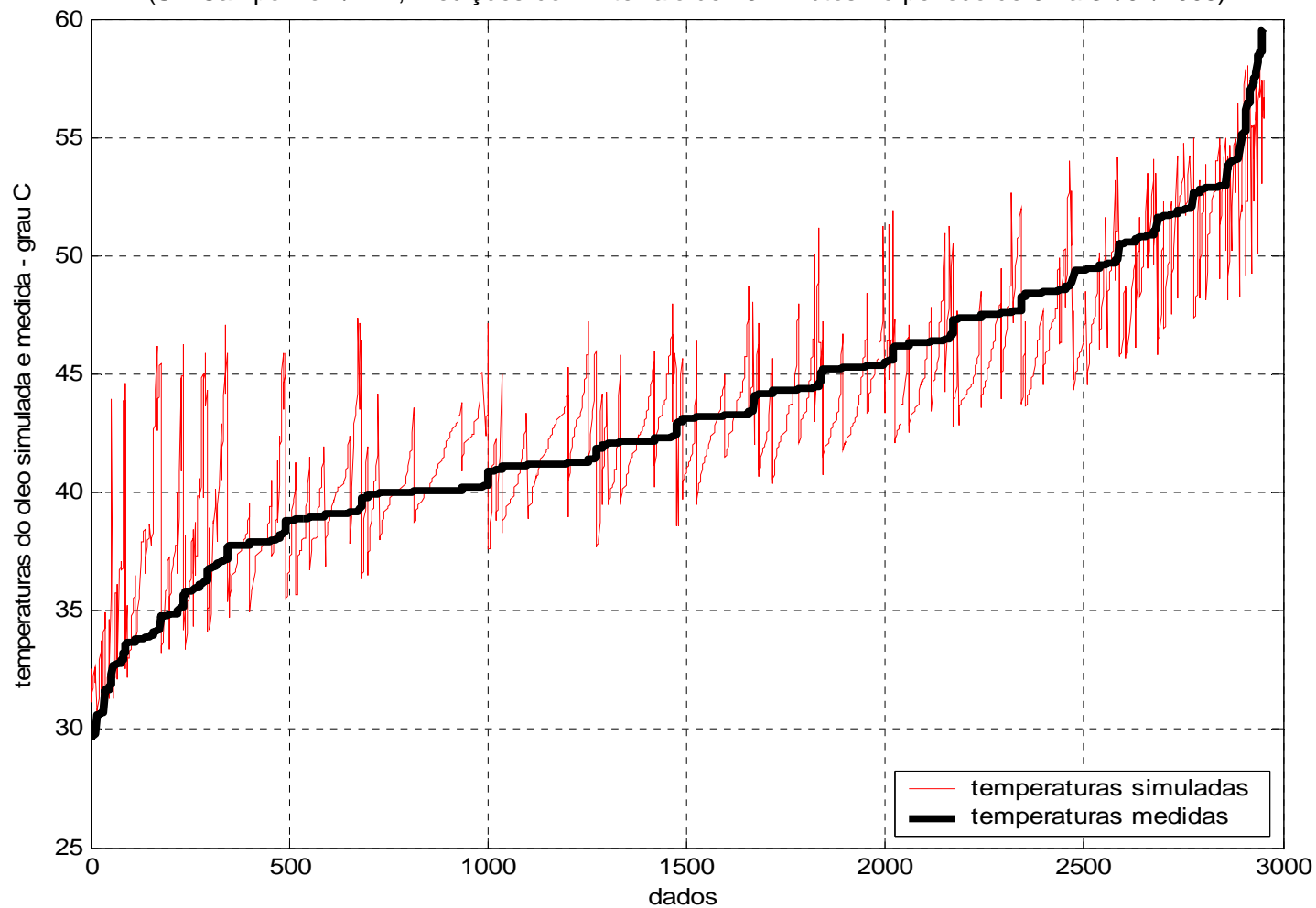


Figura 5.17 – Gráfico de dispersão das temperaturas do óleo simulada comparativamente à temperatura do óleo medida e ordenada na forma crescente. Dados da Subestação Campo Bom/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/07/2006.

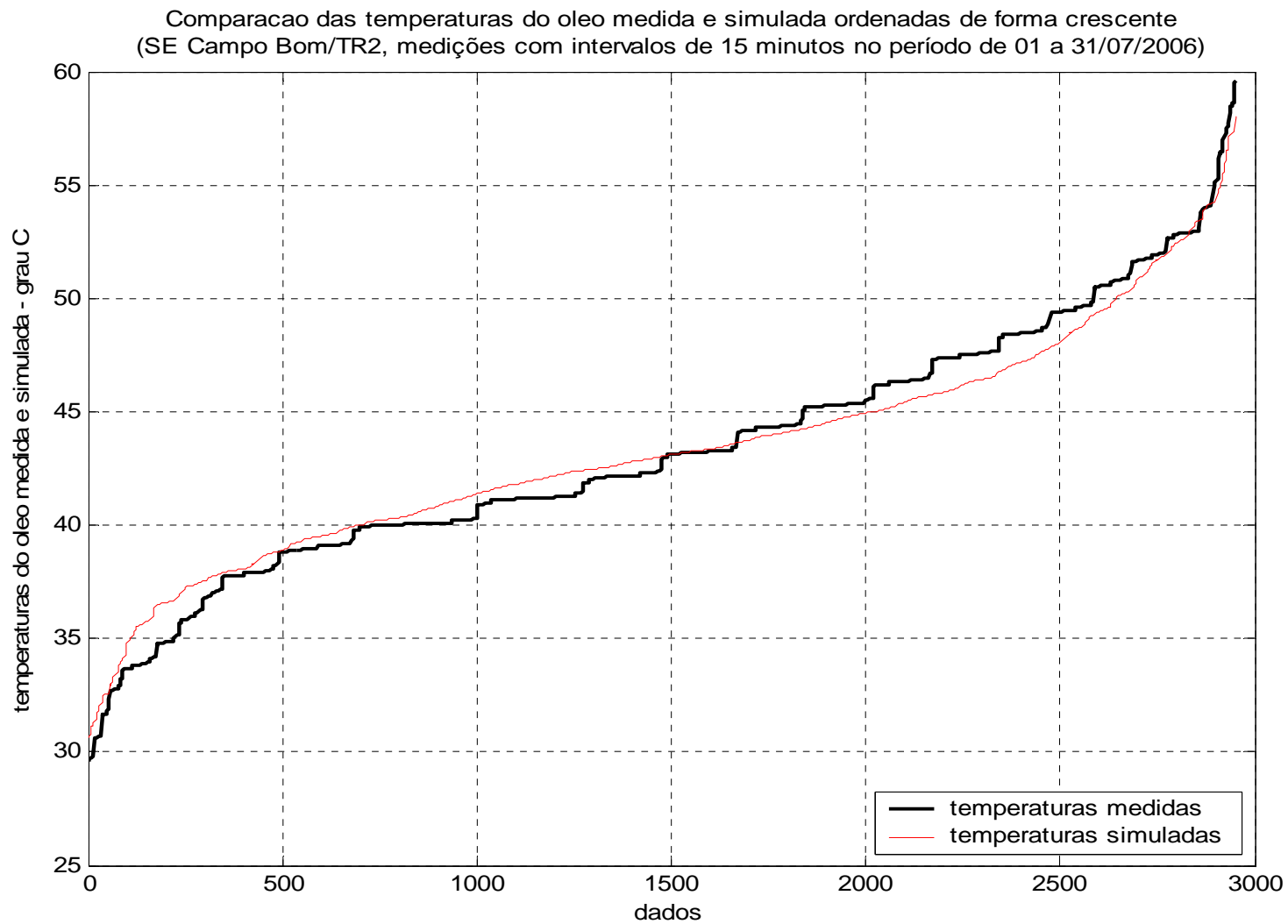


Figura 5.18 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas ordenadas de forma crescente. Dados da Subestação Campo Bom/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/07/2006.

Dispersão da temperatura do óleo simulada comparativamente a temperatura do óleo medida e ordenada na forma crescente
(SE São Leopoldo, medições com intervalos de 15 minutos no período de 01 a 30/09/2005)

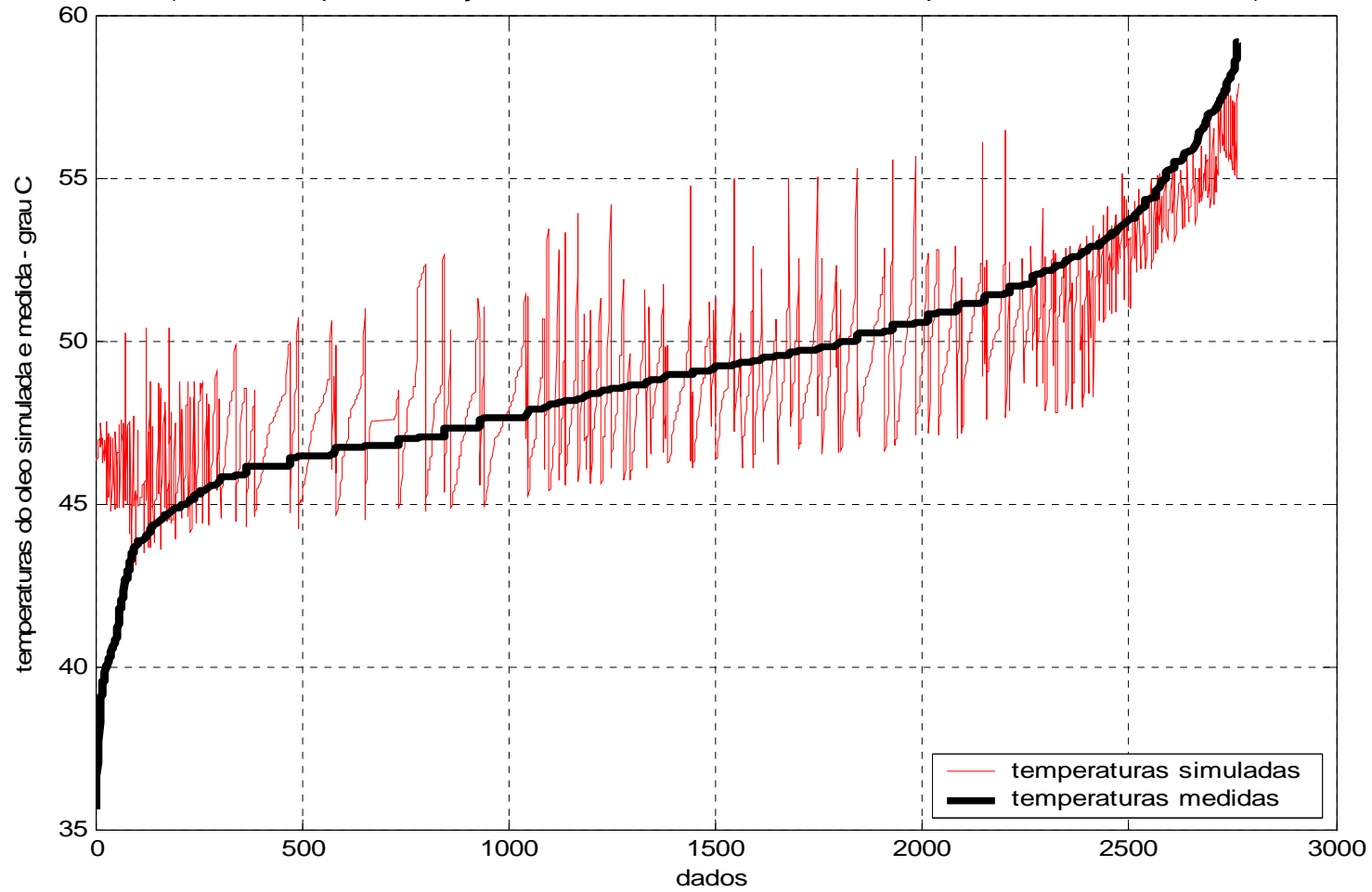


Figura 5.19 – Gráfico de dispersão das temperaturas do óleo simulada comparativamente à temperatura do óleo medida e ordenada na forma crescente. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 30/09/2005.

Comparação das temperaturas do óleo medida e simulada ordenadas de forma crescente
(SE São Leopoldo, medições com intervalos de 15 minutos no período de 01 a 30/11/2005)

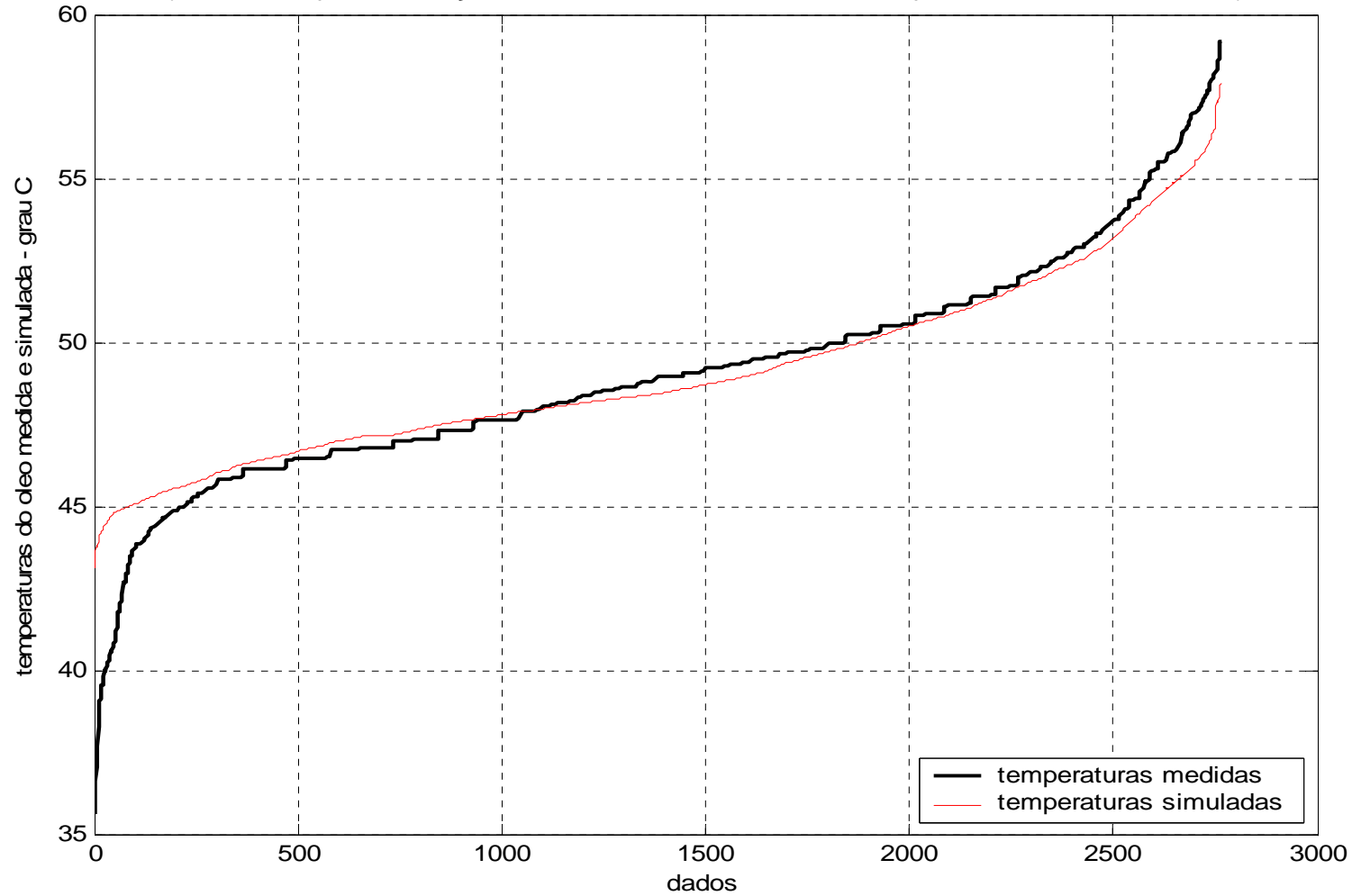


Figura 5.20 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas ordenadas de forma crescente.
Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 30/09/2005.

Para testar a modelagem da simulação da temperatura do ponto crítico do enrolamento ou temperatura da imagem térmica, foram realizadas pequenas alterações e adaptações na rotina *simul.m*, passando a denominá-la *simulit.m*. As duas rotinas usam os mesmos regramentos, sequências e formulação matemática, sendo que as únicas alterações promovidas consistiram na alteração do nome de algumas variáveis, que passaram a referir-se à temperatura da imagem térmica em vez de a temperatura do óleo, além de outras relativas ao gráfico de saída que passou a referir-se à imagem térmica. Na preparação das matrizes de dados, foram substituídos os valores das temperaturas do óleo pelas temperaturas da imagem térmica sob as mesmas condições de carga e temperatura do ambiente externo.

Pela análise e avaliação das figuras 5.21, 5.22, 5.23, 5.24 e 5.25 e das Tabelas 5.12, 5.13, 5.14, 5.15 e 5.16, todas relativas a ensaios realizados com a rotina *simulit.m*, é possível constatar que:

a) Na observação visual, o espectro gráfico das curvas de medição e simulação da temperatura da imagem térmica dos transformadores e períodos testados apresentou forte convergência, tendência e similaridade de comportamento para todos os casos;

b) Para a simulação aplicada ao transformador da SE São Leopoldo, com medições de 01 a 13/12/2005 (figura 5.21 e tabela 5.12), o Coeficiente de Correlação obtido foi de 96,2%, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de $\pm 1,99^{\circ}\text{C}$, compreendendo 54,7% dos resultados. Observando-se ainda que 95,3% dos resultados simulados situaram-se na faixa de diferença de $\pm 4,59^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%);

c) Na simulação aplicada ao transformador da SE São Leopoldo, com medições de 01 a 30/11/2005 (figura 5.22 e tabela 5.13), o Coeficiente de Correlação obtido foi de 92,6%, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de $\pm 2,48^{\circ}\text{C}$, compreendendo 58,7% dos resultados. Observando-se ainda que 93,9 % dos resultados simulados situaram-se na faixa de diferença de $\pm 6,3^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%);

d) Quando aplicada ao transformador TR2 da SE Campo Bom (figura 5.23 e tabela 5.14) a simulação com dados do período de 01 a 31/03/2006 apresentou um Coeficiente de Correlação de 96,2%, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de $\pm 1,61^{\circ}\text{C}$, compreendendo 59,1 % dos resultados. Observando-se ainda que 95% dos resultados simulados situaram-se na faixa de diferença de $\pm 4,12^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%);

Comparação da temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo
(SE São Leopoldo, medições com intervalo de 15 minutos no período de 01 a 13/12/2005)

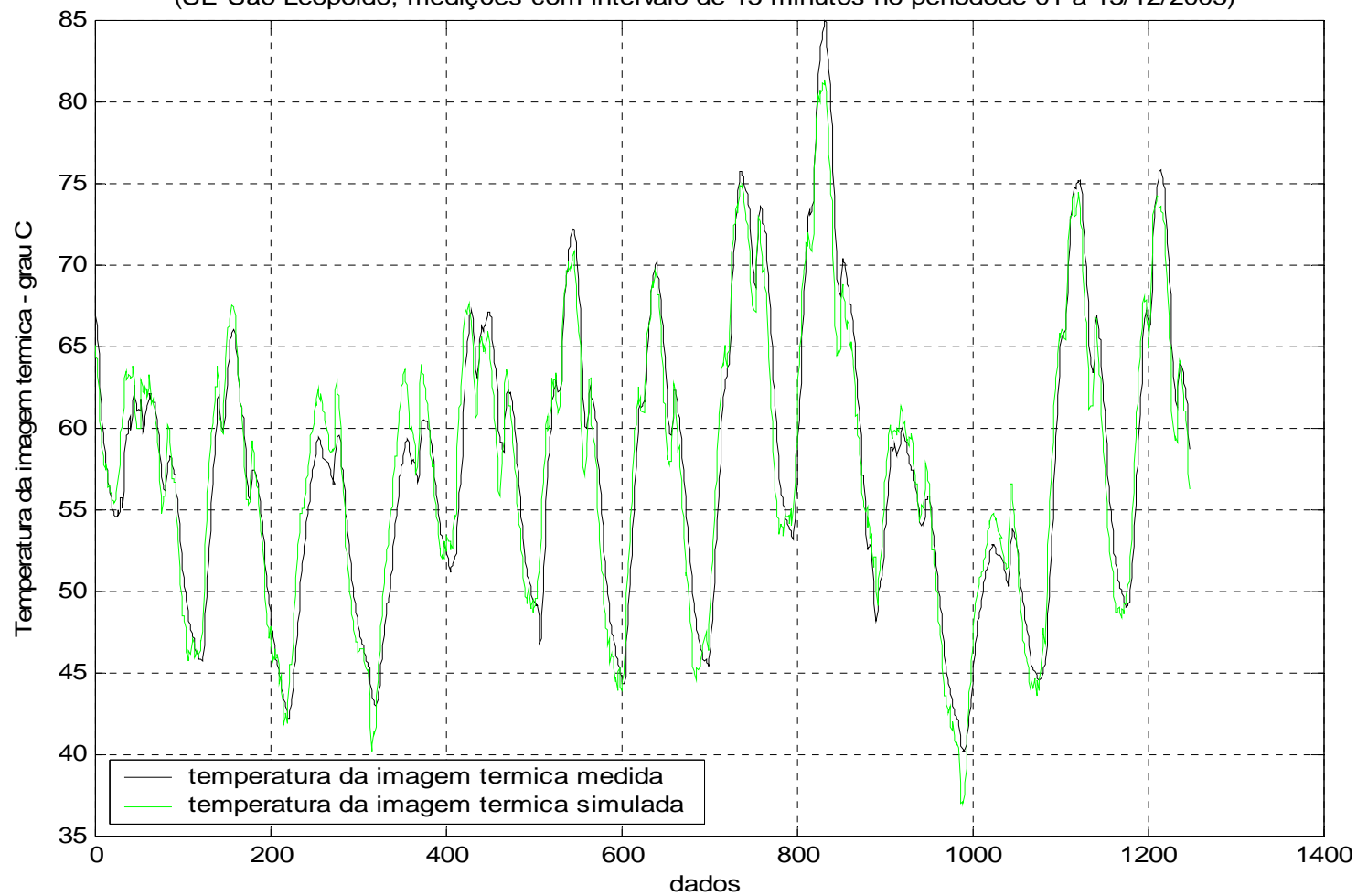


Figura 5.21 – Gráfico comparativo da temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente externo. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 13/12/2005.

Subestação/Transformador	São Leopoldo			
Potência nominal (MVA)	36/48/60			
Tensão (kV)	138 - 22			
Período de aquisição dos dados	01 a 13/12/2005			
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)	15			
Equação de modelagem	temp.IT=5,7777+0,7370carga+1,0236tamb			
Coefficiente de explicação	0,9260 ou 92,60%			
Coefficiente de correlação	0,9623 ou 96,23%			
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp IT. Medida (oC)	Temp IT. Simulada (oC)
Máximo	54,41	34,96	84,92	81,29
Mínimo	18,61	15,85	40,19	36,93
Médio	36,97	24,14	57,73	57,73
Diferenças entre temperaturas da Imagem Térmica medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
593	negativo	2,096	1,4317	
655	positivo	1,8976	1,2122	
Diferenças entre temperaturas da IT - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	1,9919			
Desvio padrão (°C)	1,3242			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	329	26,36%	329	26,36%
até 2	355	28,45%	684	54,81%
até 3	290	23,24%	974	78,04%
até 4	165	13,22%	1139	91,27%
até 5	81	6,49%	1220	97,76%
maior que 5	28	2,24%	1248	100,00%
Total de dados	1248	100,00%	1248	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	683	54,73%	683	54,73%
até a Média Abs. + 1,96 DP	506	40,54%	1189	95,27%
até a Média Abs. + 2,58 DP	48	3,85%	1237	99,12%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	11	0,88%	1248	100,00%
Total de dados	1248	100,00%	1248	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual
no intervalo da média das diferenças			1,99	54,73%
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			4,59	95,27%
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			5,41	99,12%

Tabela 5.12 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura da imagem térmica. Subestação São Leopoldo, 01 a 13/12/2005.

Comparação da temperatura da imagem termica medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo (SE São Leopoldo, medições com intervalo de 15 minutos no período 01 a 30/11/2005)

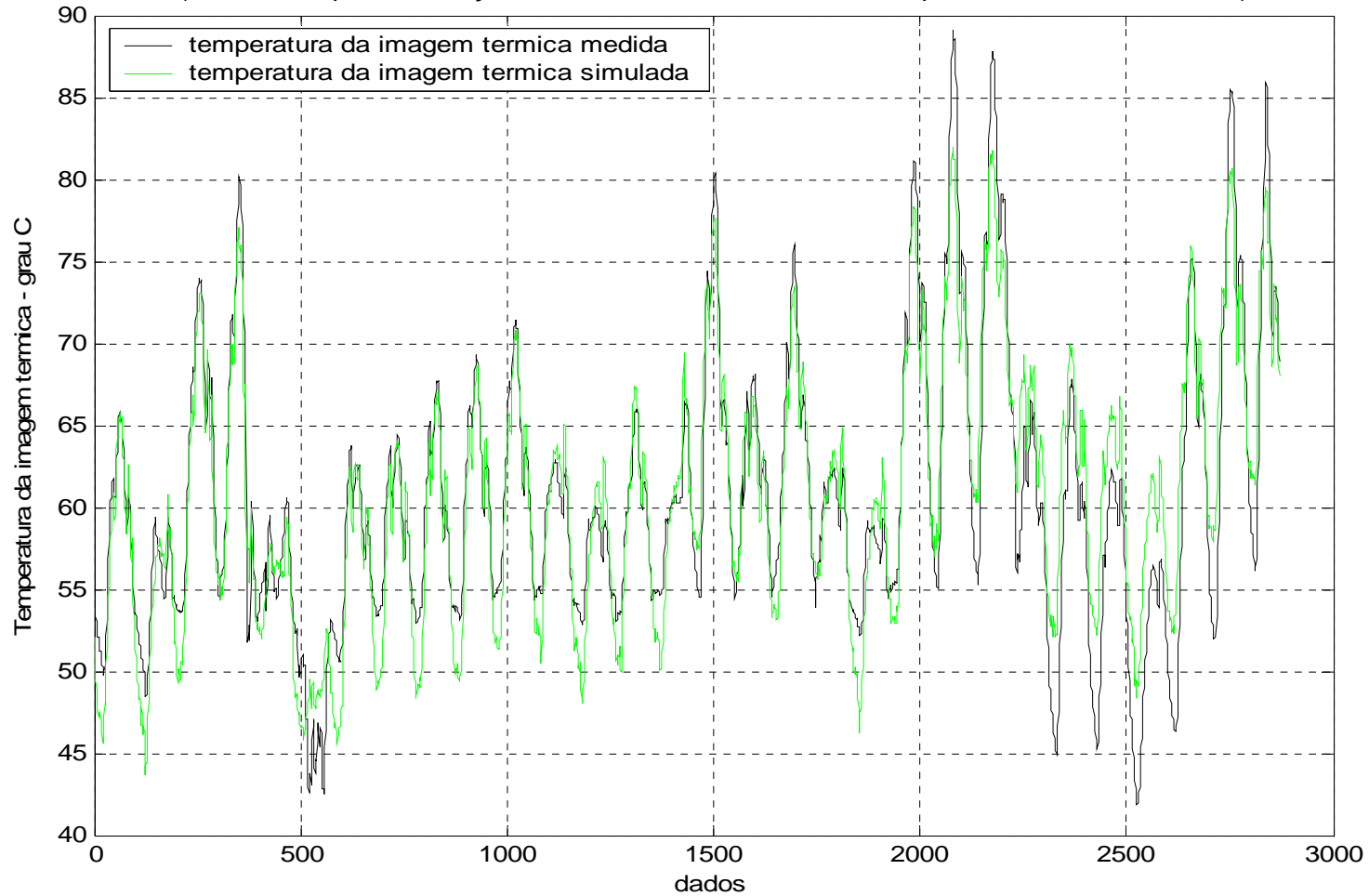


Figura 5.22 – Gráfico comparativo da temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente externo. Dados da Subestação São Leopoldo referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 30/11/2005.

Subestação/Transformador		São Leopoldo		
Potência nominal (MVA)		36/48/60		
Tensão (kV)		138 - 22		
Período de aquisição dos dados		01 a 30/11/2005		
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)		15		
Equação de modelagem		temp.IT=22,5679+0,5858carga+0,7045tamb		
Coefficiente de explicação		0,8578 ou 85,78%		
Coefficiente de correlação		0,9261 ou 92,61%		
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp IT. Medida (oC)	Temp IT. Simulada (oC)
Máximo	56,45	37,98	89,08	81,92
Mínimo	18,31	10,86	41,81	43,65
Médio	35,82	24,31	60,68	60,68
Diferenças entre temperaturas da Imagem Térmica medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
1233	negativo	2,891	2,3638	
1636	positivo	2,1788	1,5604	
Diferenças entre temperaturas da IT - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	2,4849			
Desvio padrão (°C)	1,9781			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	768	26,77%	768	26,77%
até 2	677	23,60%	1445	50,37%
até 3	489	17,04%	1934	67,41%
até 4	370	12,90%	2304	80,31%
até 5	236	8,23%	2540	88,53%
maior que 5	329	11,47%	2869	100,00%
Total de dados	2869	100,00%	2869	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	1685	58,73%	1685	58,73%
até a Média Abs. + 1,96 DP	1010	35,20%	2695	93,94%
até a Média Abs. + 2,58 DP	103	3,59%	2798	97,53%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	71	2,47%	2869	100,00%
Total de dados	2869	100,00%	2869	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual
no intervalo da média das diferenças			2,48	58,73%
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			6,36	93,94%
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			7,59	97,53%

Tabela 5.13 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura da imagem térmica. Subestação São Leopoldo, 01 a 30/11/2005.

Comparação da temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo (SE Campo Bom/TR2, medições com intervalo de 15 minutos no período de 01 a 31/03/2006)

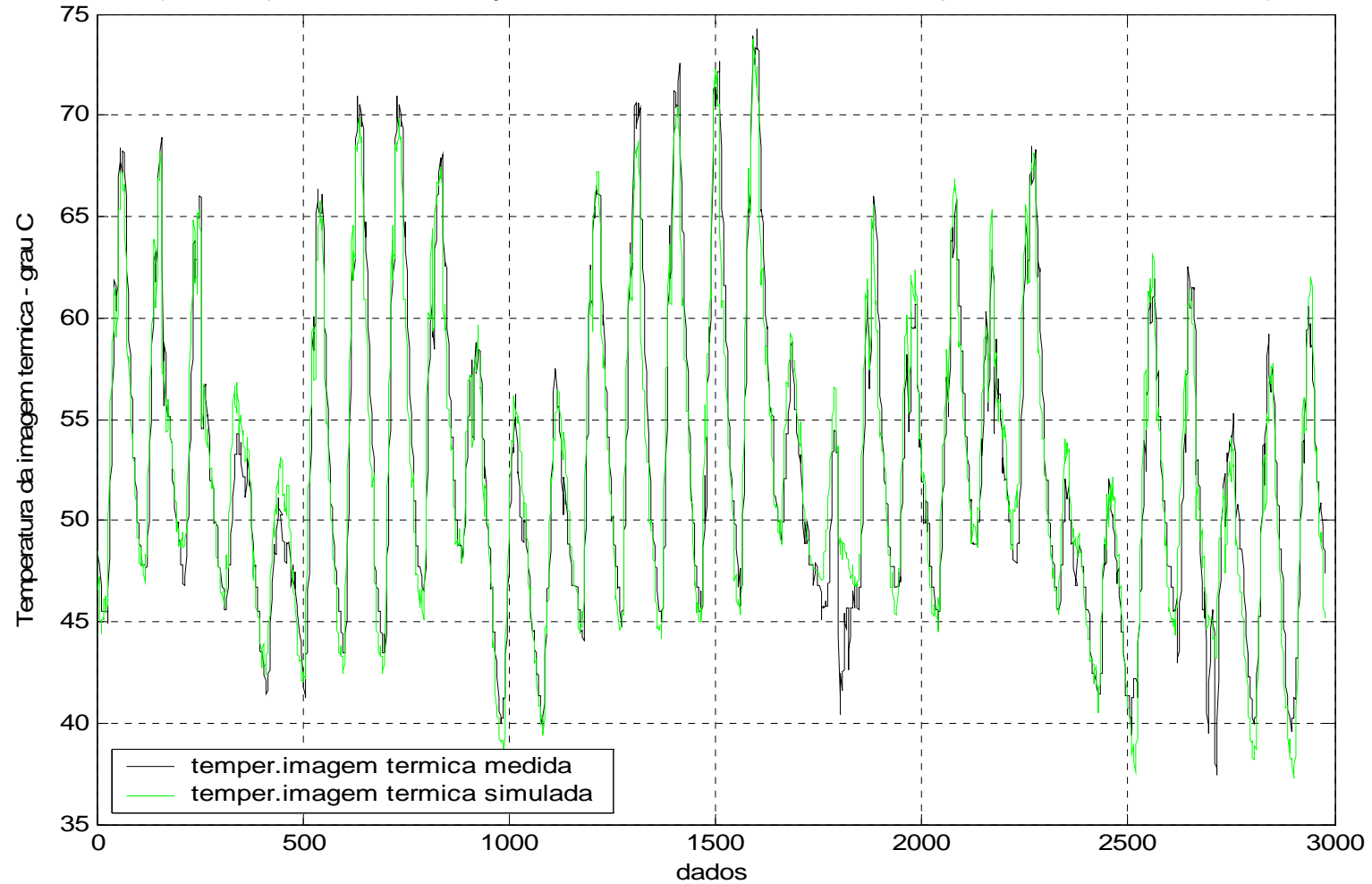


Figura 5.23 – Gráfico comparativo da temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente externo. Dados da Subestação Campo Bom/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/03/2006.

Subestação/Transformador		Campo Bom/TR2		
Potência nominal (MVA)		50/66/83		
Tensão (kV)		230 - 69		
Período de aquisição dos dados		01 a 31/03/2006		
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)		15		
Equação de modelagem		temp.IT=18,5199+0,2356carga+0,9389tamb		
Coefficiente de explicação		0,9261 ou 92,61%		
Coefficiente de correlação		0,9624 ou 96,24%		
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp IT. Medida (oC)	Temp IT. Simulada (oC)
Máximo	62,85	43,24	74,27	73,78
Mínimo	13,21	14,95	37,41	37,29
Médio	35,24	27,58	52,72	52,72
Diferenças entre temperaturas da Imagem Térmica medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
1406	negativo	1,7029	1,3455	
1570	positivo	1,525	1,2177	
Diferenças entre temperaturas da IT - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	1,609			
Desvio padrão (°C)	1,2825			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	1171	39,35%	1171	39,35%
até 2	879	29,54%	2050	68,88%
até 3	497	16,70%	2547	85,58%
até 4	264	8,87%	2811	94,46%
até 5	108	3,63%	2919	98,08%
maior que 5	57	1,92%	2976	100,00%
Total de dados	2976	100,00%	2976	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	1758	59,07%	1758	59,07%
até a Média Abs. + 1,96 DP	1069	35,92%	2827	94,99%
até a Média Abs. + 2,58 DP	89	2,99%	2916	97,98%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	60	2,02%	2976	100,00%
Total de dados	2976	100,00%	2976	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados		valores ± (°C)	percentual	
no intervalo da média das diferenças		1,61	59,07%	
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)		4,12	94,99%	
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)		4,92	97,98%	

Tabela 5.14 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura da imagem térmica. Subestação Campo Bom/TR2, 01 a 31/03/2006.

Comparação da temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo (SE Campo Bom/TR2, medições com intervalos de 15 minutos no período de 01 a 31/07/2006)

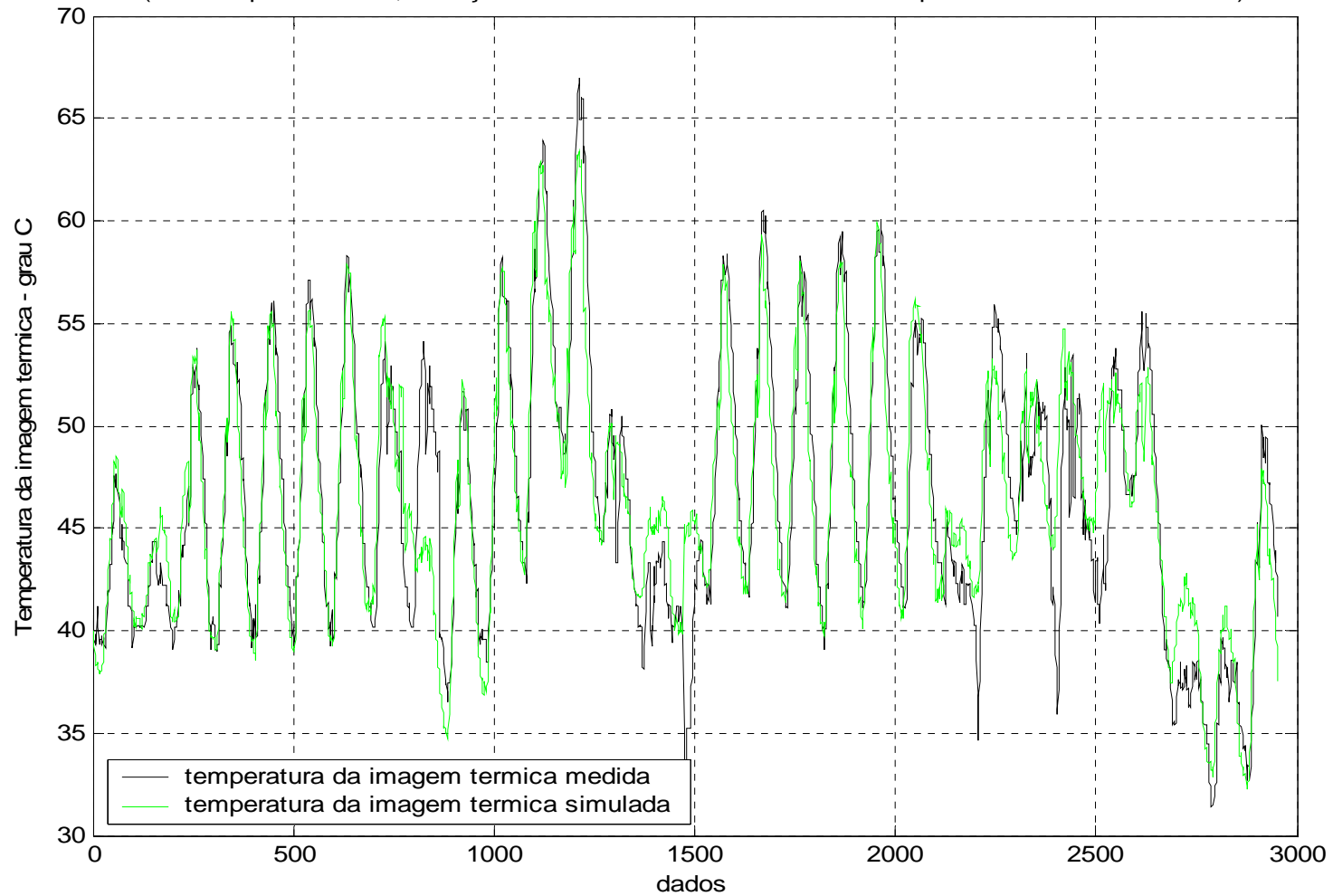


Figura 5.24 – Gráfico comparativo da temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente externo. Dados da Subestação Campo Bom/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 31/07/2006.

Subestação/Transformador		Campo Bom/TR2		
Potência nominal (MVA)		50/66/83		
Tensão (kV)		230 - 69		
Período de aquisição dos dados		01 a 30/07/2006		
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)		15		
Equação de modelagem		temp.IT=25,8312+0,2129carga+0,6962tamb		
Coeficiente de explicação		0,8060 ou 80,60%		
Coeficiente de correlação		0,8978 ou 89,78%		
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp IT. Medida (oC)	Temp IT. Simulada (oC)
Máximo	53,76	37,54	66,96	63,37
Mínimo	13,16	3,96	31,41	32,25
Médio	31,18	20,07	46,44	46,44
Diferenças entre temperaturas da Imagem Térmica medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
1416	negativo	2,1623	2,1111	
1537	positivo	1,9921	1,7435	
Diferenças entre temperaturas da IT - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	2,0737			
Desvio padrão (°C)	1,9301			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	966	32,71%	966	32,71%
até 2	801	27,12%	1767	59,84%
até 3	552	18,69%	2319	78,53%
até 4	306	10,36%	2625	88,89%
até 5	145	4,91%	2770	93,80%
maior que 5	183	6,20%	2953	100,00%
Total de dados	2953	100,00%	2953	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	1816	61,50%	1816	61,50%
até a Média Abs. + 1,96 DP	995	33,69%	2811	95,19%
até a Média Abs. + 2,58 DP	32	1,08%	2843	96,27%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	110	3,73%	2953	100,00%
Total de dados	2953	100,00%	2953	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual
no intervalo da média das diferenças			2,07	61,50%
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			5,86	95,19%
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			7,05	96,27%

Tabela 5.15 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura da imagem térmica. Subestação Campo Bom/TR2, 01 a 31/07/2006.

Comparação da temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo (SE Nova Petrópolis/TR2, medições com intervalos de 15 minutos no período de 01 a 10/06/2003)

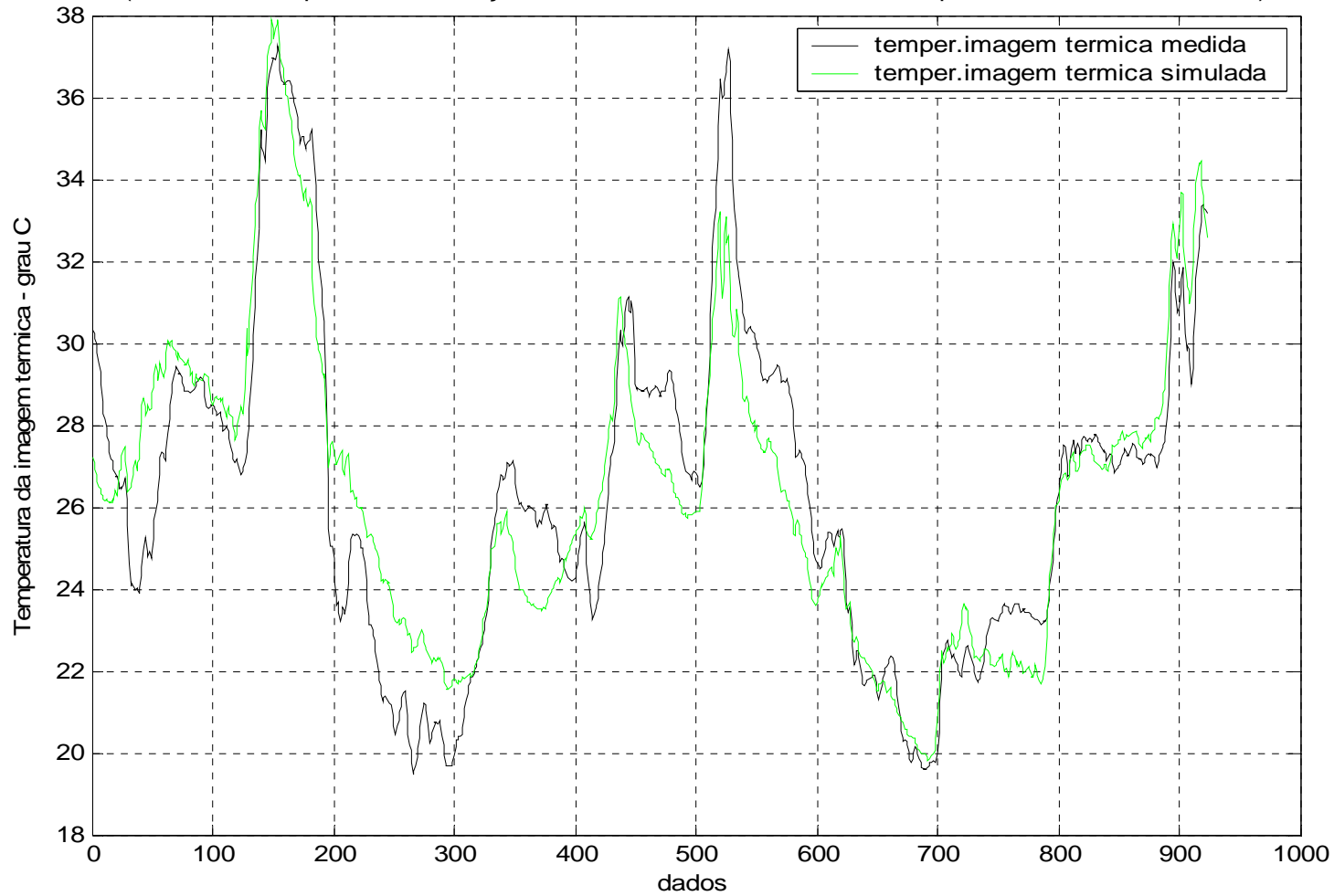


Figura 5.25 – Gráfico comparativo da temperatura da imagem térmica medida e simulada em função da carga e da temperatura ambiente externo. Dados da Subestação Nova Petrópolis/TR2 referentes a medições com intervalo de 15 minutos do período de 01 a 10/06/2003.

Subestação/Transformador		Nova Petrópolis/TR2		
Potência nominal (MVA)		15		
Tensão (kV)		69 - 22		
Período de aquisição dos dados		01 a 10/06/2003		
Intervalo de aquisição dos dados (minutos)		15		
Equação de modelagem		temp.IT=12,6041+0,0353carga+1,035tamb		
Coefficiente de explicação		0,8403 ou 84,03%		
Coefficiente de correlação		0,9167 ou 91,67%		
Valores Limites dos Dados				
Limites	Carga (MVA)	Temp Amb. Ext (oC)	Temp IT. Medida (oC)	Temp IT. Simulada (oC)
Máximo	5,00	24,30	37,25	37,90
Mínimo	1,21	6,93	19,48	19,82
Médio	3,09	13,18	26,35	26,35
Diferenças entre temperaturas da Imagem Térmica medida - simulada				
quantidade de registros	tipo	média (°C)	desvio padrão (°C)	
498	negativo	1,2041	0,9882	
425	positivo	1,4109	0,9442	
Diferenças entre temperaturas da IT - simulada (valores absolutos)				
Média da diferença (°C)	1,2993			
Desvio padrão (°C)	0,9731			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%
até 1	427	46,26%	427	46,26%
até 2	274	29,69%	701	75,95%
até 3	168	18,20%	869	94,15%
até 4	45	4,88%	914	99,02%
até 5	8	0,87%	922	99,89%
maior que 5	1	0,11%	923	100,00%
Total de dados	923	100,00%	923	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	513	55,58%	513	55,58%
até a Média Abs. + 1,96 DP	374	40,52%	887	96,10%
até a Média Abs. + 2,58 DP	23	2,49%	910	98,59%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	13	1,41%	923	100,00%
Total de dados	923	100,00%	923	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação				
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual
no intervalo da média das diferenças			1,30	55,58%
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			3,21	96,10%
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			3,81	98,59%

Tabela 5.16 – Quadro de resultados e enquadramento estatístico da comparação dos valores medidos e simulados para a temperatura da imagem térmica. Subestação Nova Petrópolis/TR2, 01 a 10/06/2003.

e) Quando aplicada ao transformador TR2 da SE Campo Bom (figura 5.22 e tabela 5.15) a simulação com dados do período de 01 a 31/07/2006 apresentou um Coeficiente de Correlação de 89,8%, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de $\pm 2,07^{\circ}\text{C}$, compreendendo 61,5 % dos resultados. Observando-se ainda que 95,2% dos resultados simulados situaram-se na faixa de diferença de $\pm 5,86^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%);

f) Para a simulação aplicada ao transformador TR2 da SE Nova Petrópolis, com medições no período de 01 a 10/06/2003 (figura 5.24 e tabela 5.16), caracterizado na região por temperaturas inverno (média $13,2^{\circ}\text{C}$, máxima $24,3^{\circ}\text{C}$ e mínima de $6,9^{\circ}\text{C}$) e num equipamento com carregamento relativo à sua potência nominal muito baixo (máxima de 5,0 MVA e média de 3,1 MVA), o Coeficiente de Correlação obtido foi de 91,67 %, a diferença média entre os valores medidos e simulados foi de $\pm 1,3^{\circ}\text{C}$, compreendendo 55,6% dos resultados. Observando-se ainda que 96,1% dos resultados simulados situaram-se na faixa de diferença de $\pm 3,2^{\circ}\text{C}$ (Intervalo de Confiança de 95%).

Ainda sobre os ensaios realizados para a simulação da imagem térmica, é possível afirmar que todos apresentaram altos Coeficientes de Correlação (superiores a 89,5%), porém observou-se que, na maioria dos casos, o erro ou diferença em valores absolutos entre os resultados obtidos com a simulação e a medição da temperatura da imagem térmica apresentou médias e desvio padrão superiores aos ensaios com a temperatura do óleo. O enquadramento dos resultados dentro dos limites do erro absoluto médio e do Intervalo de Confiança de 95% apresentou, basicamente, o mesmo comportamento e níveis de valores dos ensaios com a temperatura do óleo.

5.8 Propostas de ajustes do modelo para melhoria qualitativa da simulação

Mesmo obtendo-se resultados com bons níveis de confiabilidade, observou-se que boa parte das diferenças ou erros entre os valores medidos e simulados para a temperatura do óleo e da imagem térmica não são erros de magnitude ou de comportamento, mas de um certo atraso (ou *delay*) entre os valores simulados e os medidos. Esta circunstância pode ser bem esclarecida a partir dos exemplos das figuras 5.26 e 5.27.

Numa observação mais detalhada do gráfico, é possível verificar que, embora o espectro das curvas dos valores medidos e simulados sejam coincidentes, ao proceder-se a ampliação de trechos do gráfico, conforme demonstra a figura 5.27, a curva de valores simulados apresenta um atraso relativamente à curva de valores medidos

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo (SE Scharlau/TR1, medições com intervalos de 15 minutos no período de 01 a 31/03/2004)

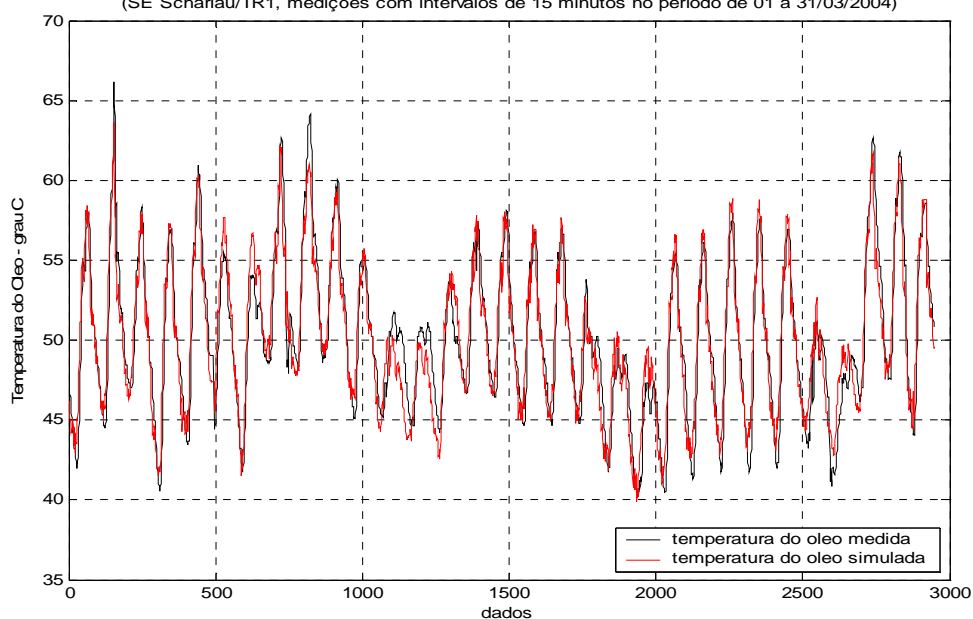


Figura 5.26 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medida e simulada. SE Scharlau, período de 01 a 31/03/2004.

Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em função da carga e da temperatura do ambiente externo

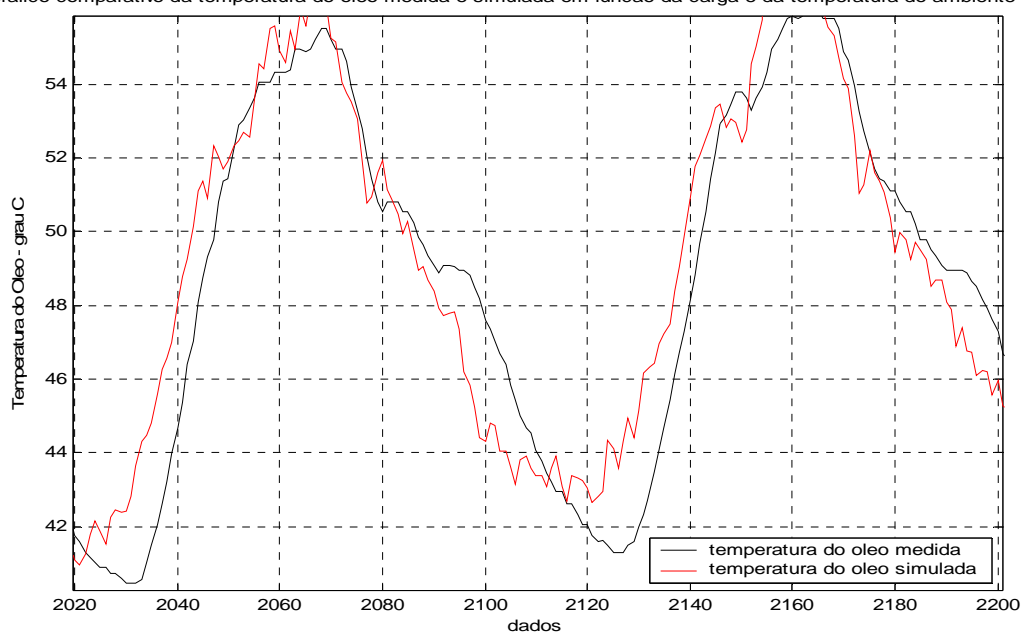


Figura 5.27 – Ampliação de um trecho do gráfico da figura 5.26

Este comportamento da simulação maximiza as diferenças com os valores medidos. Avaliando-se, por exemplo, as curvas nos registros 2040 e 2140, as diferenças chegam a cerca

de 3° C. No registro 2100, a diferença chega a cerca de 4° C. É possível afirmar que estas circunstâncias se repetem, praticamente, em todos os ensaios de simulação efetuados.

Uma provável justificativa técnica para esse comportamento é o chamado efeito de “capacitância térmica”. Ao ser aquecida ou resfriada a um grande massa de fluido não responde imediatamente ao aumento ou diminuição do calor “gerado” pelas perdas no enrolamento. Por outro lado, embora a tendência e o formato das curvas sejam similares, a resposta matemática do modelo é mais rápida, originando o pequeno atraso dos valores medidos relativamente aos simulados.

5.8.1 Teste da rotina de ajustes por segmentação das temperaturas e uma segunda regressão linear

Com objetivo de qualificar a precisão do modelo com a minimização do efeito *delay*, foi desenvolvida uma rotina de ajuste do valor das temperaturas obtidas com a rotina *simul.m*, a partir do conceito da média móvel e da regressão linear simples, conforme equações 4.2, 4.5 e 4.6.

Estabelecendo-se sub-rotinas para obter as equações de ajustes entre os valores simulados e medidos por faixas de temperaturas foi desenvolvida a rotina *ajuste.m* (conforme Anexo 2).

Para aplicação da rotina, o conjunto de dados correspondentes às temperaturas simuladas foram posicionados em vetores contendo dados da temperatura do óleo simulada enquadrados nas seguintes faixas:

- igual ou superior a 65° C;
- igual ou superior a 60° C e inferior a 65° C;
- igual ou superior a 55° C e inferior a 60° C;
- igual ou superior a 50° C e inferior a 55° C;
- igual ou superior a 45° C e inferior a 50° C;
- igual ou superior a 40° C e inferior a 45° C;
- inferior a 40° C.

Os resultados obtidos com a aplicação da rotina *ajuste.m*, além das rotinas complementares para comparação e visualização diferenças, nos equipamentos que apresentaram correlação melhor, pior e intermediária (conforme tabela 5.9) são apresentados nas figuras 5.28, 5.29, 5.30, 5.31, 5.32 e 5.33 e nas tabelas 5.17, 5.18 e 5.19.

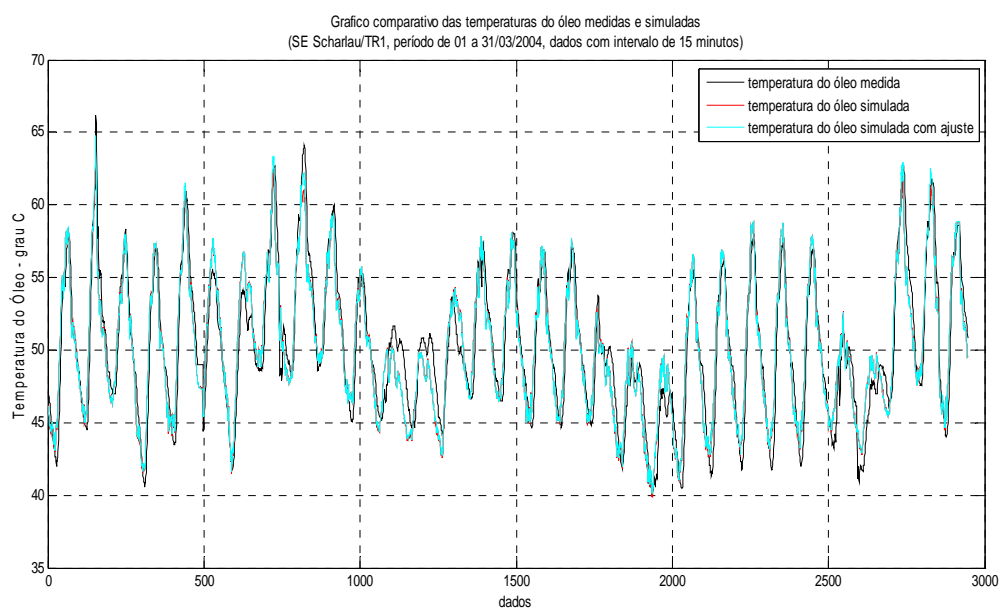


Figura 5.28 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE Scharlau/TR1, período de 01 a 31/03/2004, dados com intervalo de 15 minutos).

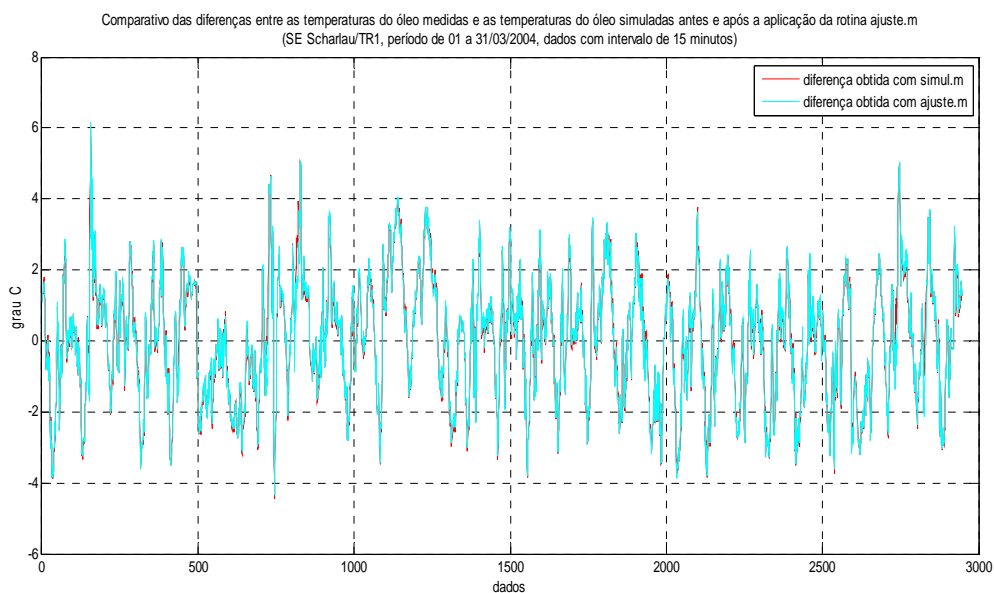


Figura 5.29 - Gráfico comparativo das diferenças entre as temperaturas do óleo simuladas antes e após a aplicação da rotina ajuste.m (SE Scharlau, período de 01 a 31/03/2004, dados com intervalo de 15 minutos).

Subestação/Transformador								
Scharlau/TR1 - 01 a 31/03/2004								
Resultados obtidos com a rotina simul.m				Resultados obtidos com a rotina ajuste.m				
Média da diferença (°C)				1,3325				
Desvio padrão (°C)				0,9612				
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até 1	1302	44,20%	1302	44,20%	1303	44,23%	1303	44,23%
até 2	898	30,48%	2200	74,68%	912	30,96%	2215	75,19%
até 3	562	19,08%	2762	93,75%	552	18,74%	2767	93,92%
até 4	163	5,53%	2925	99,29%	158	5,36%	2925	99,29%
até 5	19	0,64%	2944	99,93%	17	0,58%	2942	99,86%
maior que 5	2	0,07%	2946	100,00%	4	0,14%	2946	100,00%
Total de dados	2946	100,00%	2946	100,00%	2946	100,00%	2946	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	1691	57,40%	1691	57,40%	1669	56,65%	1669	56,65%
até a Média Abs. + 1,96 DP	1145	38,87%	2836	96,27%	1169	39,68%	2838	96,33%
até a Média Abs. + 2,58 DP	82	2,78%	2918	99,05%	77	2,61%	2915	98,95%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	28	0,95%	2946	100,00%	31	1,05%	2946	100,00%
Total de dados	2946	100,00%	2946	100,00%	2946	100,00%	2946	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação								
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual	valores ± (°C)	percentual		
no intervalo da média das diferenças			1,33	57,40%	1,33	56,65%		
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			3,24	96,27%	3,22	96,33%		
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			3,85	99,05%	3,81	98,95%		

Tabela 5.17 – Comparativo dos resultados entre as temperaturas do óleo medidas e as temperaturas simuladas antes e após a aplicação da rotina ajuste.m (SE Scharlau/TR1, período de 01 a 31/03/2004, dados com intervalo de 15 minutos).

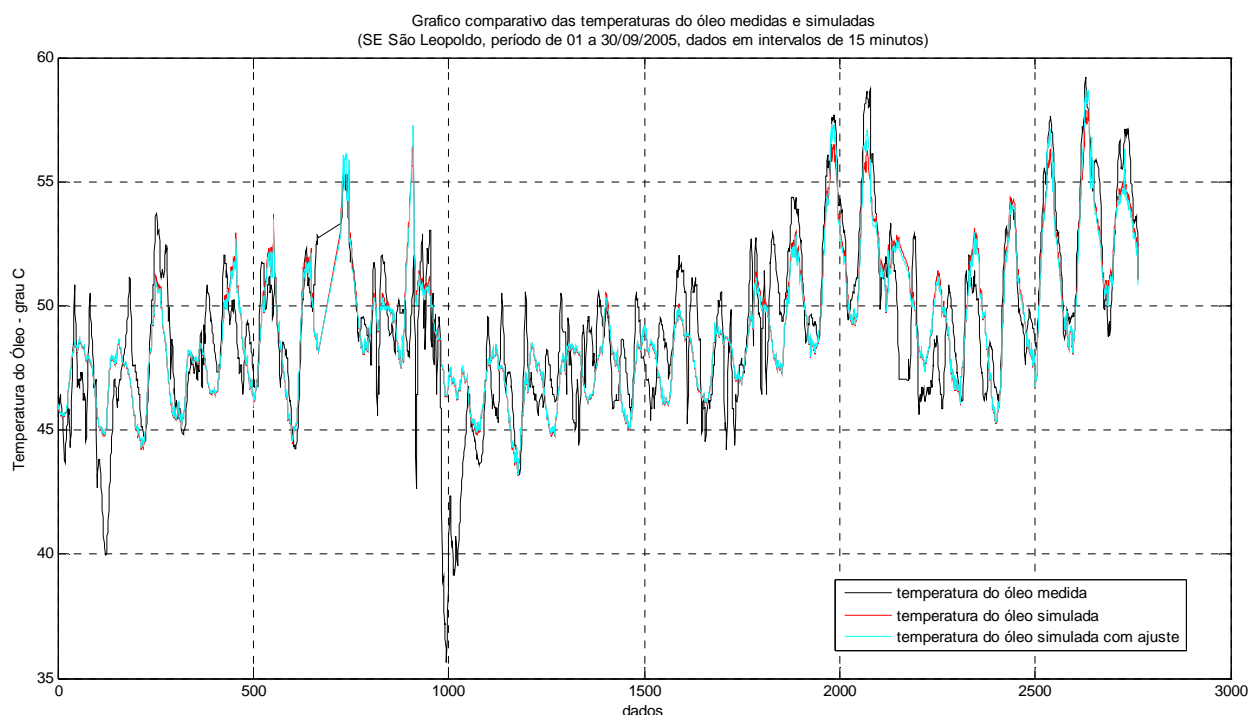


Figura 5.30 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE São Leopoldo, período de 01 a 30/09/2005, dados com intervalo de 15 minutos).

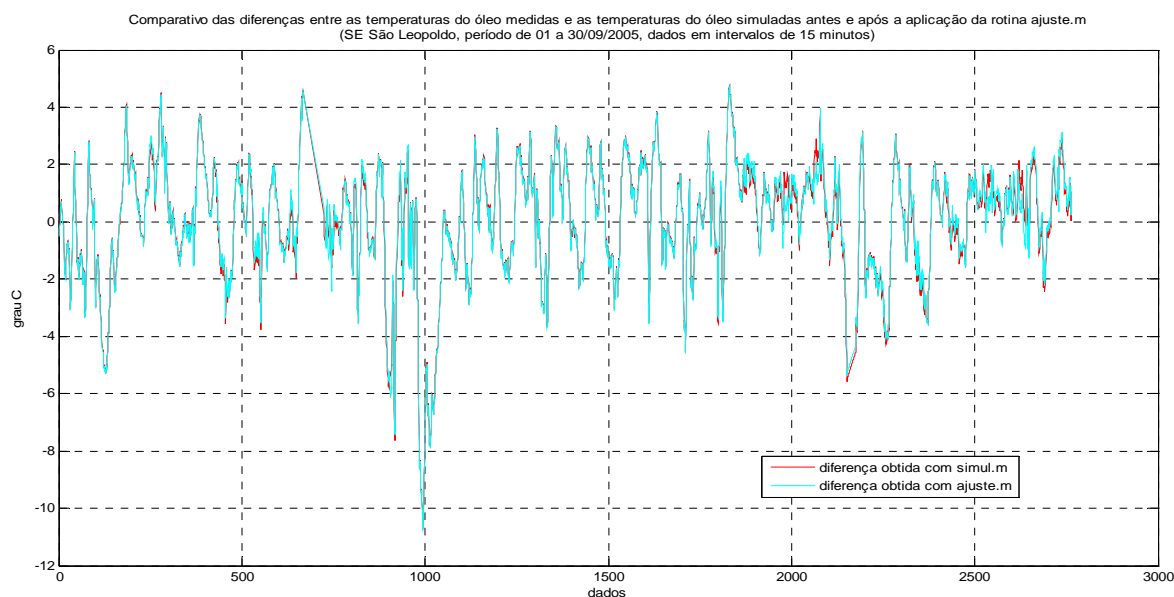


Figura 5.31 – Comparativo das diferenças entre as temperaturas do óleo medidas e as temperaturas simuladas antes e após a aplicação da rotina ajuste.m (SE São Leopoldo, período de 01 a 30/09/2005, dados com intervalo de 15 minutos).

Subestação/Transformador									São Leopoldo - 01 a 30/09/2005			
		Resultados obtidos com a rotina simul.m				Resultados obtidos com a rotina ajuste.m						
Média da diferença (°C)		1,5517				1,5414						
Desvio padrão (°C)		1,3522				1,35						
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%				
até 1	1068	39,45%	1068	39,45%	1095	40,45%	1095	40,45%				
até 2	930	34,36%	1998	73,81%	924	34,13%	2019	74,58%				
até 3	435	16,07%	2433	89,88%	419	15,48%	2438	90,06%				
até 4	130	4,80%	2563	94,68%	129	4,77%	2567	94,83%				
até 5	58	2,14%	2621	96,82%	58	2,14%	2625	96,97%				
maior que 5	86	3,18%	2707	100,00%	82	3,03%	2707	100,00%				
Total de dados	2707	100,00%	2707	100,00%	2707	100,00%	2707	100,00%				
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%				
até a Média Abs.	1660	61,32%	1660	61,32%	1659	61,29%	1659	61,29%				
até a Média Abs. + 1,96 DP	913	33,73%	2573	95,05%	917	33,88%	2576	95,16%				
até a Média Abs. + 2,58 DP	51	1,88%	2624	96,93%	51	1,88%	2627	97,04%				
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	83	3,07%	2707	100,00%	80	2,96%	2707	100,00%				
Total de dados	2707	100,00%	2707	100,00%	2707	100,00%	2707	100,00%				
Probabilidade dos resultados da simulação												
Intervalo dos resultados medidos - simulados		valores ± (°C)		percentual	valores ± (°C)		percentual					
no intervalo da média das diferenças		1,55		61,32%	1,54		61,29%					
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)		4,20		95,05%	4,19		95,16%					
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)		5,04		96,93%	5,02		97,04%					

Tabela 5.18 – Comparativo dos resultados entre as temperaturas do óleo medidas e as temperaturas simuladas antes e após a aplicação da rotina ajuste.m (SE São Leopoldo, período de 01 a 30/09/2005, dados com intervalo de 15 minutos).

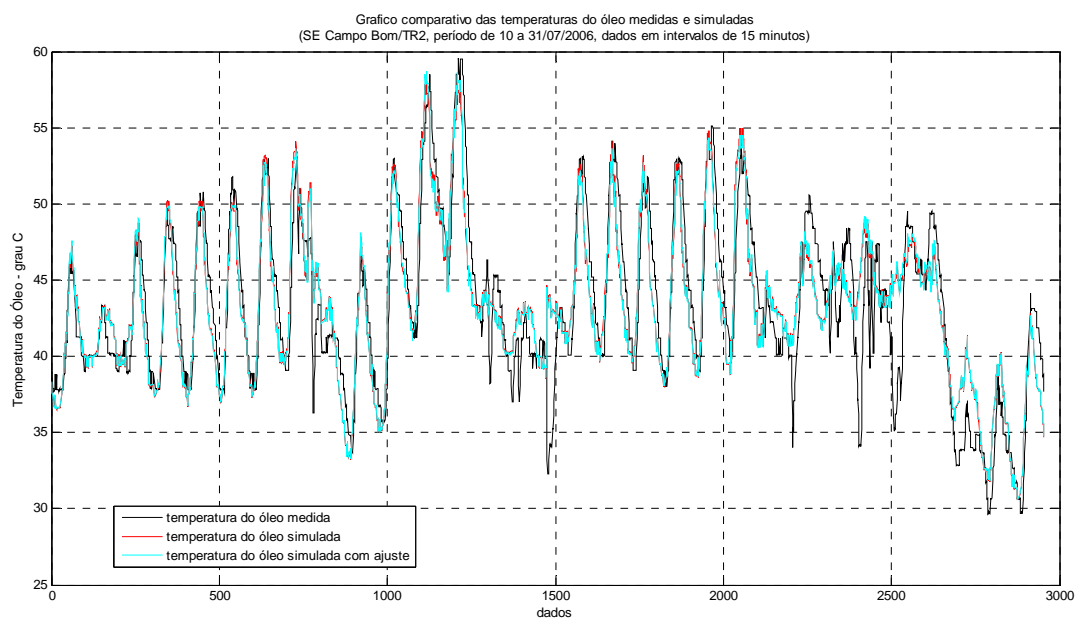


Figura 5.32 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/07/2006, dados com intervalo de 15 minutos).

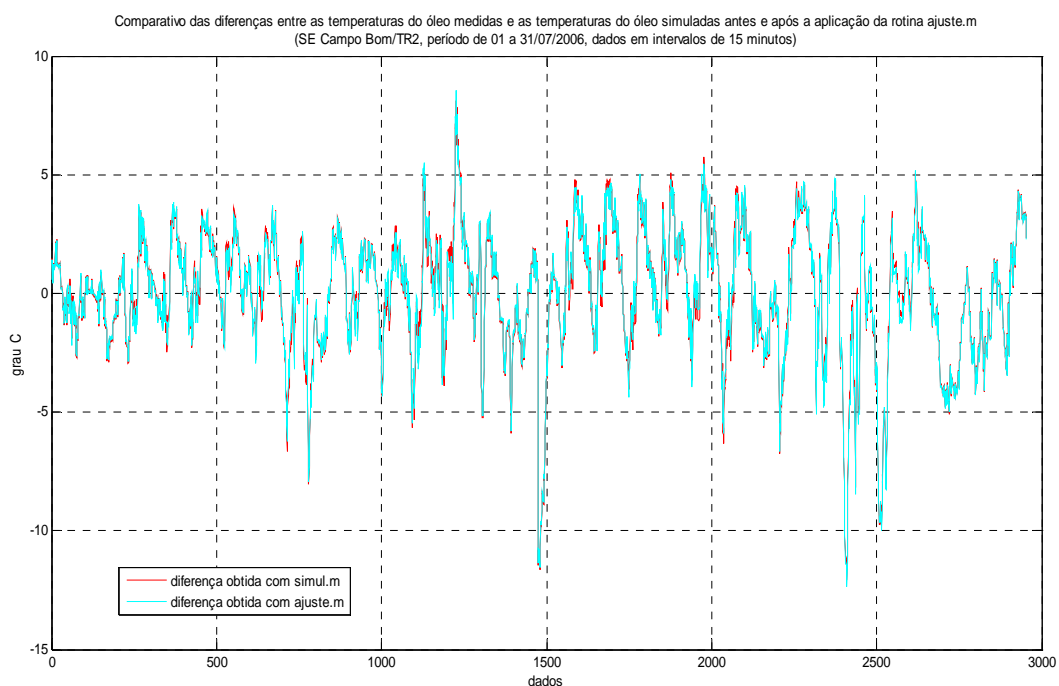


Figura 5.33 – Comparativo das diferenças entre as temperaturas do óleo medidas e as temperaturas simuladas antes e após a aplicação da rotina ajuste.m (SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/07/2006, dados com intervalo de 15 minutos).

Subestação/Transformador		Campo Bom/TR2 - 01 a 31/07/2006							
		Resultados obtidos com a rotina simul.m				Resultados obtidos com a rotina ajuste.m			
Média da diferença (°C)		1,9846				1,9704			
Desvio padrão (°C)		1,7016				1,7039			
Diferenças em °C (valores absolutos)		dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até 1		963	32,60%	963	32,60%	985	33,34%	985	33,34%
até 2		794	26,88%	1757	59,48%	801	27,12%	1786	60,46%
até 3		577	19,53%	2334	79,01%	531	17,98%	2317	78,44%
até 4		325	11,00%	2659	90,01%	342	11,58%	2659	90,01%
até 5		175	5,92%	2834	95,94%	171	5,79%	2830	95,80%
maior que 5		120	4,06%	2954	100,00%	124	4,20%	2954	100,00%
Total de dados		2954	100,00%	2954	100,00%	2954	100,00%	2954	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão		dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.		1748	59,17%	1748	59,17%	1761	59,61%	1761	59,61%
até a Média Abs. + 1,96 DP		1103	37,34%	2851	96,51%	1091	36,93%	2852	96,55%
até a Média Abs. + 2,58 DP		32	1,08%	2883	97,60%	31	1,05%	2883	97,60%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP		71	2,40%	2954	100,00%	71	2,40%	2954	100,00%
Total de dados		2954	100,00%	2954	100,00%	2954	100,00%	2954	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação									
Intervalo dos resultados medidos - simulados				valores ± (°C)	percentual	valores ± (°C)	percentual		
no intervalo da média das diferenças				1,98	59,17%	1,97	59,61%		
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)				5,32	96,51%	5,31	96,55%		
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)				6,37	97,60%	6,37	97,60%		

Tabela 5.19 – Comparativo dos resultados entre as temperaturas do óleo medidas e as temperaturas simuladas antes e após a aplicação da rotina ajuste.m (SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/07/2006, dados com intervalo de 15 minutos).

A análise dos valores obtidos na aplicação da rotina *ajuste.m* comparativamente com os resultados dos três experimentos de melhor, pior e intermediário coeficiente de correlação obtidos com a rotina *simul.m* indicam valores e comportamentos muito similares ou quase idênticos, o que permite concluir que a modelagem de temperaturas e a aplicação de uma segunda metodologia de correlação com base na média móvel não é eficaz.

5.8.2 Teste da rotina *simul.m* com a segmentação da temperatura ambiente

Os resultados dos experimentos realizados com as rotinas *simul.m* e *simulit.m* permitem concluir previamente que, além do efeito *delay*, boa parte das diferenças entre os valores das temperaturas do óleo medidas e simuladas pelas rotinas e também os menores coeficientes de correlação encontram-se naqueles equipamentos cujo conjunto de dados referem-se a períodos de intensa oscilação ou baixa temperatura ambiente e de baixo carregamento. Na maioria dos casos, referem-se aos meses de inverno ou de clima intermediário.

Por outro lado, a principal necessidade de aplicação do modelo um processo de decisão a respeito do regime térmico-operativo crítico envolve situações de cargas e temperatura ambiente elevadas, em que a excessiva diferença entre o simulado e o real pode comprometer a confiabilidade da decisão. Sendo assim, é importante promover adaptações e testes para verificar o desempenho da rotina nestas condições operativas mais críticas.

Cabe ressaltar que dentre as três grandezas que compõem a matriz de dados, a temperatura de operação é aquela sobre a qual se tem o propósito de realizar a simulação, portanto não é possível utilizá-la para esta finalidade. A carga e o limite de carregamento, embora previsíveis, tem uma variação decorrente da potência nominal de cada equipamento, o que significa afirmar que num modelo genérico, como o proposto por *simul.m* e *simulit.m*, tais faixas deveriam restringir-se a percentuais da potência nominal, dificultando a aplicação generalizada do modelo. Desta forma, a grandeza mais apropriada para o teste segmentado é a temperatura do ambiente exterior que, além de ser de previsão mais efetiva, é a que mais influi na temperatura de operação, conforme concluído no capítulo 4.

Com este propósito, adaptou-se a rotina *simul.m* para testar os modelos restringindo a matriz de dados para as situações com temperaturas ambiente igual ou superior a 20 ou 25°C (rotina *simulpar.m*) e, a similaridade do item 5.8.1, foi aplicada nos equipamentos que apresentaram melhor, pior e intermediário coeficiente de correlação. As figuras 5.34, 5.35, 5.36 e 5.37 e as tabelas 5.20, 5.21 e 5.22, apresentam os resultados destas simulações.

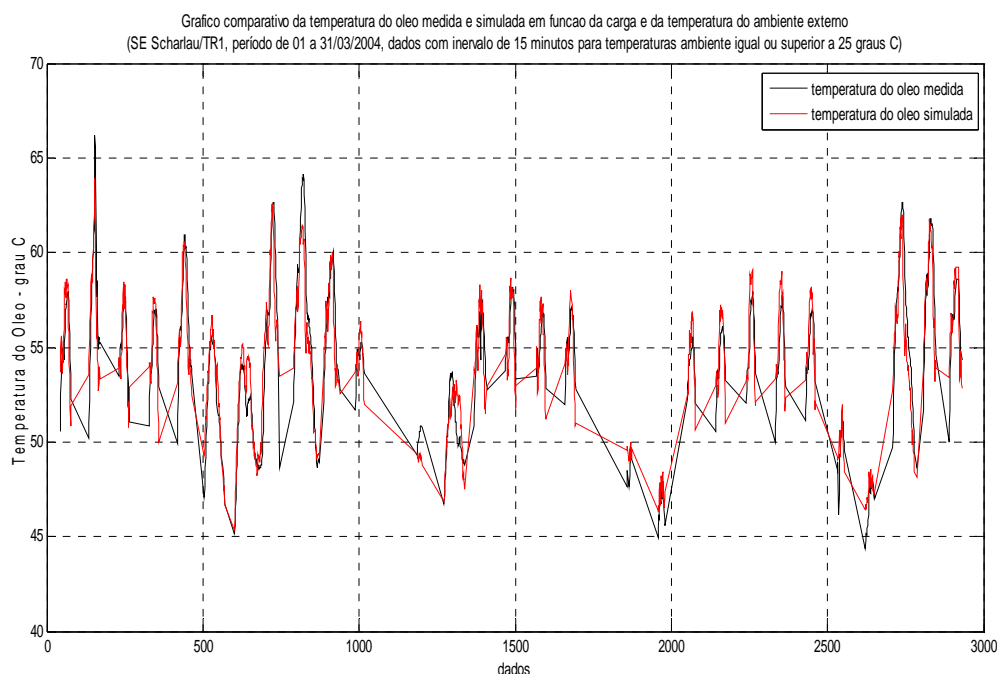


Figura 5.34 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE Scharlau, período de 01 a 31/03/2004, dados com intervalo de 15 minutos para temperaturas ambiente igual ou maior que 25°C).

Subestação/Transformador								
Scharlau/TR1 - 01 a 31/03/2004								
Resultados obtidos com a rotina simul.m					Resultados obtidos com a rotina simulpar.m			
temperatura ambiente entre 15,5 e 36,5°C					temperatura ambiente >= 25°C			
Média da diferença (°C)	1,3347				1,2452			
Desvio padrão (°C)	0,9734				0,9451			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até 1	1302	44,20%	1302	44,20%	546	47,07%	546	47,07%
até 2	898	30,48%	2200	74,68%	381	32,84%	927	79,91%
até 3	562	19,08%	2762	93,75%	168	14,48%	1095	94,40%
até 4	163	5,53%	2925	99,29%	48	4,14%	1143	98,53%
até 5	19	0,64%	2944	99,93%	14	1,21%	1157	99,74%
maior que 5	2	0,07%	2946	100,00%	3	0,26%	1160	100,00%
Total de dados	2946	100,00%	2946	100,00%	1160	100,00%	1160	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	1691	57,40%	1691	57,40%	686	59,14%	686	59,14%
até a Média Abs. + 1,96 DP	1145	38,87%	2836	96,27%	420	36,21%	1106	95,34%
até a Média Abs. + 2,58 DP	82	2,78%	2918	99,05%	33	2,84%	1139	98,19%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	28	0,95%	2946	100,00%	21	1,81%	1160	100,00%
Total de dados	2946	100,00%	2946	100,00%	1160	100,00%	1160	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação								
Intervalo dos resultados medidos - simulados	valores ± (°C)		percentual		valores ± (°C)		percentual	
no intervalo da média das diferenças	1,33		57,40%		1,25		59,14%	
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)	3,24		96,27%		3,10		95,34%	
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)	3,85		99,05%		3,68		98,19%	

Tabela 5.20 – Tabela comparativa dos resultados das temperaturas simuladas obtidas com *simul.m* e com a totalidade dos dados e as obtidas com a rotina *simulpar.m* (SE Scharlau/TR1, período de 01 a 31/03/2004, dados com intervalo de 15 minutos e temperatura ambiente igual ou superior a 25°C).

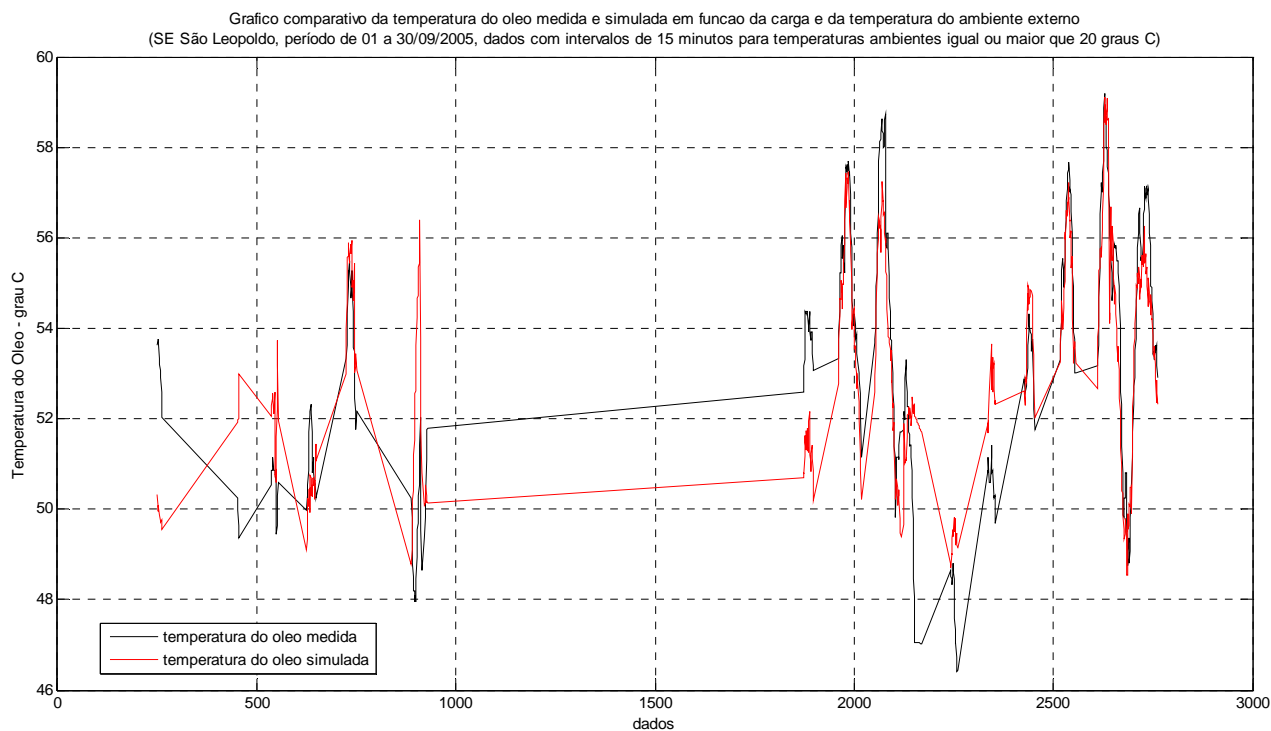


Figura 5.35 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE São Leopoldo, período de 01 a 30/09/2005, dados com intervalo de 15 minutos para temperaturas ambiente igual ou maior que 20°C).

São Leopoldo - 01 a 30/09/2005								
Subestação/Transformador	Resultados obtidos com a rotina simul.m				Resultados obtidos com a rotina ajuste.m			
	temperatura ambiente entre 6,9 e 29,4°C				temperatura ambiente >= 20°C			
Média da diferença (°C)	1,5517				1,3567			
Desvio padrão (°C)	1,3522				1,2139			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até 1	1068	39,45%	1068	39,45%	286	50,71%	286	50,71%
até 2	930	34,36%	1998	73,81%	152	26,95%	438	77,66%
até 3	435	16,07%	2433	89,88%	77	13,65%	515	91,31%
até 4	130	4,80%	2563	94,68%	15	2,66%	530	93,97%
até 5	58	2,14%	2621	96,82%	24	4,26%	554	98,23%
maior que 5	86	3,18%	2707	100,00%	10	1,77%	564	100,00%
Total de dados	2707	100,00%	2707	100,00%	564	100,00%	564	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	1660	61,32%	1660	61,32%	355	62,94%	355	62,94%
até a Média Abs. + 1,96 DP	913	33,73%	2573	95,05%	172	30,50%	527	93,44%
até a Média Abs. + 2,58 DP	51	1,88%	2624	96,93%	6	1,06%	533	94,50%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	83	3,07%	2707	100,00%	31	5,50%	564	100,00%
Total de dados	2707	100,00%	2707	100,00%	564	100,00%	564	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação								
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual	valores ± (°C)	percentual		
no intervalo da média das diferenças			1,55	61,32%	1,36	62,94%		
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			4,20	95,05%	3,74	93,44%		
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			5,04	96,93%	4,49	94,50%		

Tabela 5.21– Tabela comparativa dos resultados das temperaturas simuladas obtidas com *simul.m* e com a totalidade dos dados e as obtidas com a rotina *simulpar.m* (SE São Leopoldo, período de 01 a 30/09/2009, dados com intervalo de 15 minutos e temperatura ambiente igual ou superior a 20°C).

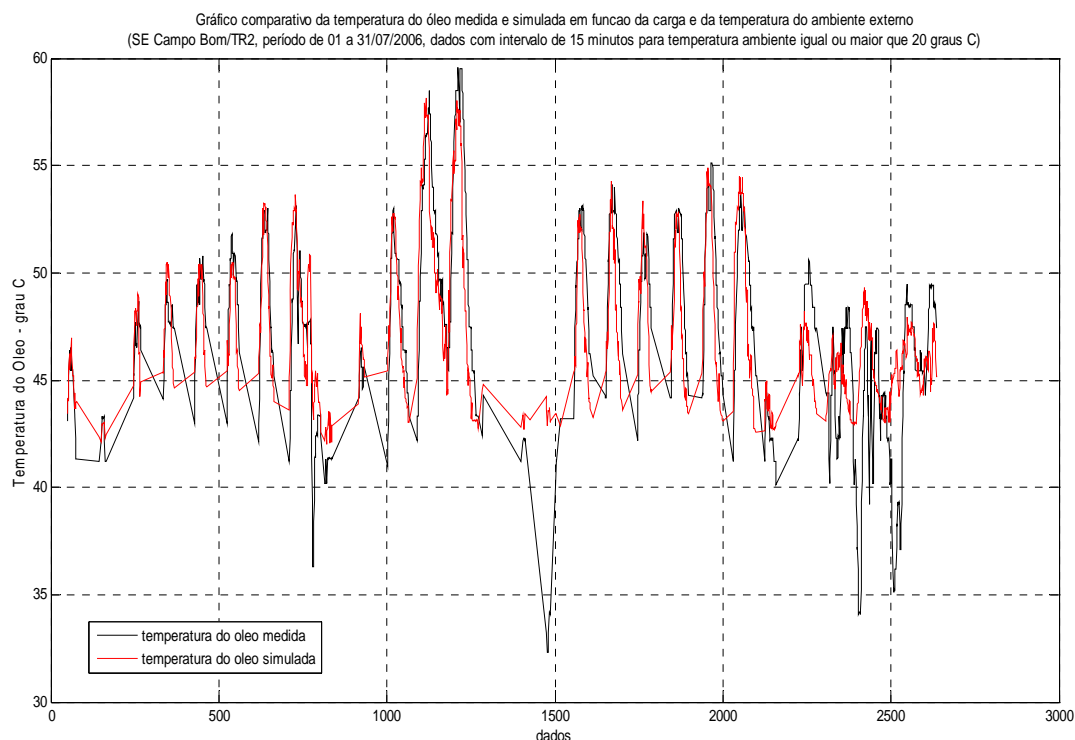


Figura 5.36 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/07/2006, dados com intervalo de 15 minutos para temperaturas ambiente igual ou maior que 20°C).

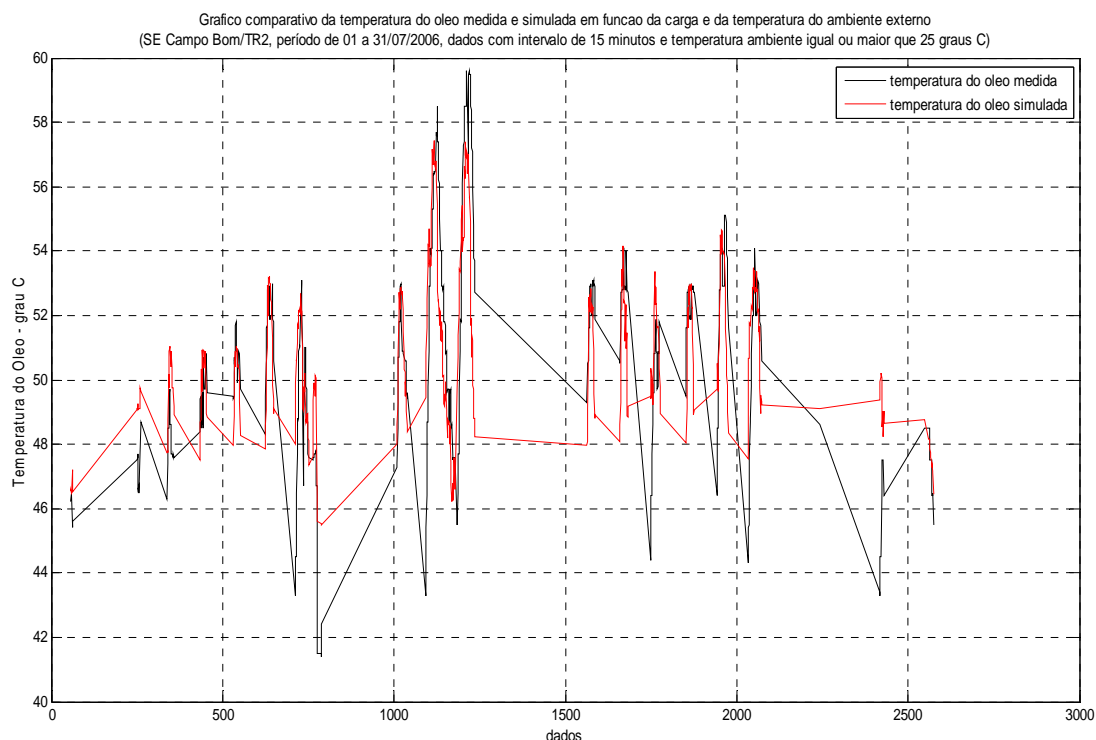


Figura 5.37 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas (SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 31/07/2006, dados com intervalo de 15 minutos para temperaturas ambiente igual ou maior que 25°C).

Subestação/Transformador															
Campo Bom/TR2 - 01 a 31/07/2006															
Resultados obtidos com a rotina simul.m				Resultados obtidos com a rotina ajuste.m											
temperatura ambiente entre 3,9 e 38,3°C				temperatura ambiente >= 20°C					temperatura ambiente >= 25°C						
Média da diferença (°C)				1,9846				2,3058				1,7216			
Desvio padrão (°C)				1,7016				2,0432				1,5125			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%			
até 1	963	32,60%	963	32,60%	387	28,41%	387	28,41%	217	40,41%	217	40,41%			
até 2	794	26,88%	1757	59,48%	357	26,21%	744	54,63%	145	27,00%	362	67,41%			
até 3	577	19,53%	2334	79,01%	245	17,99%	989	72,61%	84	15,64%	446	83,05%			
até 4	325	11,00%	2659	90,01%	168	12,33%	1157	84,95%	39	7,26%	485	90,32%			
até 5	175	5,92%	2834	95,94%	104	7,64%	1261	92,58%	24	4,47%	509	94,79%			
maior que 5	120	4,06%	2954	100,00%	101	7,42%	1362	100,00%	28	5,21%	537	100,00%			
Total de dados	2954	100,00%	2954	100,00%	1362	100,00%	1362	100,00%	537	100,00%	537	100,00%			
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%			
até a Média Abs.	1748	59,17%	1748	59,17%	828	60,79%	828	60,79%	329	61,27%	329	61,27%			
até a Média Abs. + 1,96 DP	1103	37,34%	2851	96,51%	471	34,58%	1299	95,37%	175	32,59%	504	93,85%			
até a Média Abs. + 2,58 DP	32	1,08%	2883	97,60%	18	1,32%	1317	96,70%	18	3,35%	522	97,21%			
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	71	2,40%	2954	100,00%	45	3,30%	1362	100,00%	15	2,79%	537	100,00%			
Total de dados	2954	100,00%	2954	100,00%	1362	100,00%	1362	100,00%	537	100,00%	537	100,00%			
Probabilidade dos resultados da simulação															
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)		percentual		valores ± (°C)		percentual		valores ± (°C)		percentual		
no intervalo da média das diferenças			1,98		59,17%		2,31		60,79%		1,72		61,27%		
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			5,32		96,51%		6,31		95,37%		4,69		93,85%		
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			6,37		97,60%		7,58		96,70%		5,62		97,21%		

Tabela 5.22 – Tabela comparativa dos resultados das temperaturas simuladas obtidas com *simul.m* e com a totalidade dos dados e as obtidas com a rotina *simulpar.m* (SE Campo Bom/TR2, período de 01 a 30/09/2009, dados com intervalo de 15 minutos e temperatura ambiente igual ou superior a 20°C e igual ou superior a 25°C).

Os resultados e dados apresentados na figura 5.34 e na tabela 5.20 referem-se a um equipamento que, operando sob regime de elevadas temperaturas ambientes e com carga-

mento elevado (SE Scharlau/TR1, março/2004), apresentou um conjunto de resultados muito similares aos obtidos pela aplicação da rotina simul.m. A segmentação da simulação com dados decorrentes da temperatura ambiente igual ou superior a 25° C apresentou resultados 5,23% melhores no que se refere à concentração dos erros (entre medido e simulado) na faixa até $\pm 2^\circ$ C. Relativamente ao erro absoluto médio e desvio padrão os resultados também foram ligeiramente melhores que a simulação com o conjunto integral de dados.

Observando e analisando os resultados apresentados pela figura 5.35 e pela tabela 5.21, que representam o comportamento da temperatura do óleo medida e simulada do transformador da SE São Leopoldo no mês de setembro/2005, o qual obteve o coeficiente de correlação mais baixo entre todos os experimentos realizados com simul.m, verifica-se que a média e o desvio padrão das diferenças absolutas tiveram uma redução de pouca expressividade. Todavia, sob a ótica da precisão, observa-se uma melhoria na concentração de diferenças na faixa de $\pm 1^\circ$ C (de 39,4% para 50,7%) e na faixa de $\pm 2^\circ$ C (de 73,8% para 77,6%). Cabe ressaltar ainda que, no período em análise, o equipamento operou entre temperaturas ambientes limites de 6,9° C a 29,4° C, o que determinou a segmentação do experimento para a faixa de temperatura ambiente igual ou superior a 20° C.

Complementando a análise comparativa entre os resultados com todo o conjunto de dados e dados segmentados por temperatura, as figuras 5.36 e 5.37, bem como a tabela 5.22, apresentam simulação, para o mês de julho/2006, do Transformador 2 da SE Campo Bom, o qual apresentou resultados de correlação intermediária para a rotina simul.m, quando submetido à segmentação da temperatura ambiente em valores iguais ou superiores a 20° C e iguais ou superiores a 25° C. Os resultados com a segmentação de 20° C são qualitativamente muito inferiores ao do conjunto total de dados. Os resultados com a segmentação de 25° C apresentaram significativas melhorias na concentração de diferenças entre medido e simulado para as faixas de $\pm 1^\circ$ C (de 32,6% para 40,4%), na faixa de $\pm 2^\circ$ C (de 59,5% para 67,4%) e na faixa de $\pm 13^\circ$ C (de 79% para 83%). Cabe ainda considerar que este equipamento operou no período com temperaturas ambientes entre 3,9° C e 38,3° C.

Assim sendo, é possível concluir que, para equipamentos que operam com alto fator de carregamento e com temperaturas ambientes médias e elevadas, os quais levam a obtenção com *simul.m* de coeficientes de correlação elevados, o nível de aproximação obtido com este simulador é bom. Portanto, uma rotina de simulação que considere faixas segmentadas de temperatura ambiente não provoca alteração significativa nos resultados simulados. Por outro

lado, para equipamentos que operem em condições de muita variação de temperatura ambiente e carregamento inferior a 60 % da potência nominal, a aplicação de rotinas que simulem a temperatura de operação a partir de faixas segmentadas de temperatura ambiente pode aproximar e melhorar a qualidade da simulação para as condições de regimes térmico-operativos mais críticos.

5.9 Teste validação do modelo com conjuntos de dados não utilizados na modelagem

Todos os experimentos de modelagem por regressão linear múltipla desenvolvidos para obter os coeficientes A , B e C das respectivas equações $y = A + B.x_1 + C.x_2$ utilizaram integralmente as bases de dados disponibilizadas. Dessa forma, para que se pudesse confirmar a validade e a confiabilidade do modelo de cada transformador, quando submetido a uma circunstância similar àquela do processo de decisão, ou seja, simular o regime térmico-operativo a partir de dados de temperatura ambiente e carga propostos, foi desenvolvida a rotina *simulmet.m* (listagem no Anexo 2), que solicita como valores de entrada uma matriz de dados contendo os dados correspondentes a temperatura ambiente, a correspondente carga em MVA e os valores previamente obtidos de A , B e C para o transformador em experimento. Os dados da temperatura medida do óleo apresentados nos resultados não foram usados na modelagem, somente para a confecção do gráfico comparativo e da avaliação das diferenças.

Os experimentos foram realizados com as mesmas bases de dados das SE Scharlau/TR1 (março/2004), SE São Leopoldo (setembro/2005) e SE Campo Bom/TR2 (julho/2006). Para obter os coeficientes com a rotina *simul.m*, a modelagem utilizou a primeira metade dos dados, referentes à primeira quinzena de cada período. A segunda metade dos dados (carga e temperatura ambiente) foi aplicada na rotina *simulmet.m* para comparação com os dados medidos da temperatura do óleo.

As figuras 5.38, 5.39 e 5.40 e as tabelas 5.23, 5.24 e 5.25 apresentam os resultados deste experimento. Na figura 5.38 e na tabela 5.23, que se referem ao TR 1 da SE Scharlau com dados operativos do mês de março/2004, é possível observar que os resultados obtidos com a equação de simulação aplicada nos dados da segunda quinzena do período são muito similares e convergentes (em valores e tendências) com os obtidos quando da construção do modelo e a obtenção da equação a partir dos dados da primeira quinzena. Não sendo possível aplicar a equação de correlação entre os dois modelos, a partir dos valores médios das curvas das temperaturas medidas e simuladas e do cálculo das respectivas áreas sob a curva, é razoável concluir que o nível de aproximação da

temperatura medida sobre a simulada é da ordem de 99,4 %, enquanto a correlação obtida na modelagem inicial é de 93,13%.

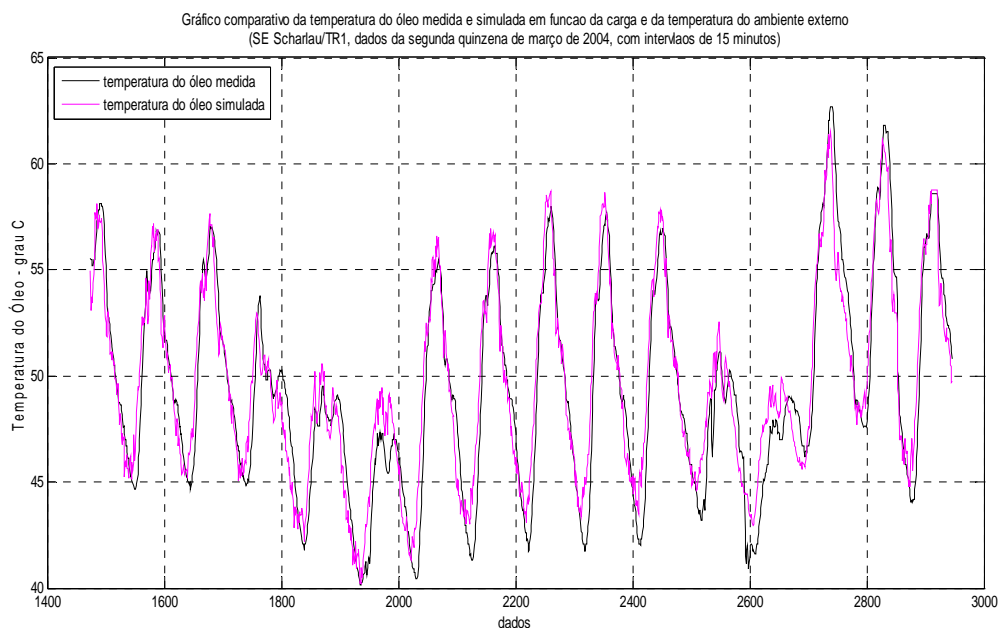


Figura 5.38 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas, validado com uma base de dados diferente da utilizada na modelagem (SE Scharlau/TR1, segunda quinzena de março/2004, dados com intervalo de 15 minutos).

Subestação/Transformador	Scharlau/TR1 - 01 a 31/03/2004							
	Resultados obtidos com a rotina simul.m aplicado na primeira metade dos dados				Resultados obtidos com a rotina simulmet.m para a segunda metade dos dados			
Equação de modelagem	temp.óleo=22,1665+0,27397carga+0,76944tamb				temp.óleo=22,1665+0,27397carga+0,76944tamb			
Média da diferença (°C)	1,334				1,3202			
Desvio padrão (°C)	1,016				0,99414			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até 1	657	44,60%	657	44,60%	679	46,10%	679	46,10%
até 2	459	31,16%	1116	75,76%	424	28,78%	1103	74,88%
até 3	242	16,43%	1358	92,19%	260	17,65%	1363	92,53%
até 4	96	6,52%	1454	98,71%	99	6,72%	1462	99,25%
até 5	17	1,15%	1471	99,86%	10	0,68%	1472	99,93%
maior que 5	2	0,14%	1473	100,00%	1	0,07%	1473	100,00%
Total de dados	1473	100,00%	1473	100,00%	1473	100,00%	1473	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	857	58,18%	857	58,18%	842	57,16%	842	57,16%
até a Média Abs. + 1,96 DP	545	37,00%	1402	95,18%	576	39,10%	1418	96,27%
até a Média Abs. + 2,58 DP	49	3,33%	1451	98,51%	43	2,92%	1461	99,19%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	22	1,49%	1473	100,00%	12	0,81%	1473	100,00%
Total de dados	1473	100,00%	1473	100,00%	1473	100,00%	1473	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação								
Intervalo dos resultados medidos - simulados		valores ± (°C)		percentual	valores ± (°C)		percentual	
no intervalo da média das diferenças		1,33		58,18%	1,32		57,16%	
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)		3,33		95,18%	3,27		96,27%	
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)		3,96		98,51%	3,89		99,19%	

Tabela 5.23 – Tabela comparativa das diferenças de temperaturas do óleo medidas e simuladas usando uma base de dados diferente da utilizada na modelagem (SE Scharlau, segunda quinzena de março/2004, dados com intervalo de 15 minutos).

Na figura 5.39 e na tabela 5.24, que se referem à simulação da SE São Leopoldo com dados da segunda quinzena de setembro/2005, é possível observar que os resultados obtidos são, de uma forma geral, bastante satisfatórios quando comparados com os resultados obtidos com a elaboração do modelo a partir de dados da primeira quinzena. Na faixa de diferenças até $\pm 2^{\circ}\text{C}$, os resultados obtidos com a simulação são 4,7 % menores que os da modelagem para mesma faixa. Já na faixa de $\pm 4^{\circ}\text{C}$, os valores simulados são maiores em 4 % relativamente aos da modelagem. Tal circunstância permite afirmar que, no presente caso, houve menor dispersão entre os valores simulados com a base de dados não utilizada na modelagem. Comparando os valores medidos com os simulados pelo cálculo da áreas sob as respectivas curvas o resultado obtido foi de 98,1 %. Observa-se também que os resultados simulados enquadram-se em conformidade com a distribuição normal nas faixas de intervalo de confiança de 95% e 99%. Mesmo assim, nas temperaturas máximas podem ser observadas diferenças de cerca 3°C mais baixas entre as temperaturas simuladas e medidas.

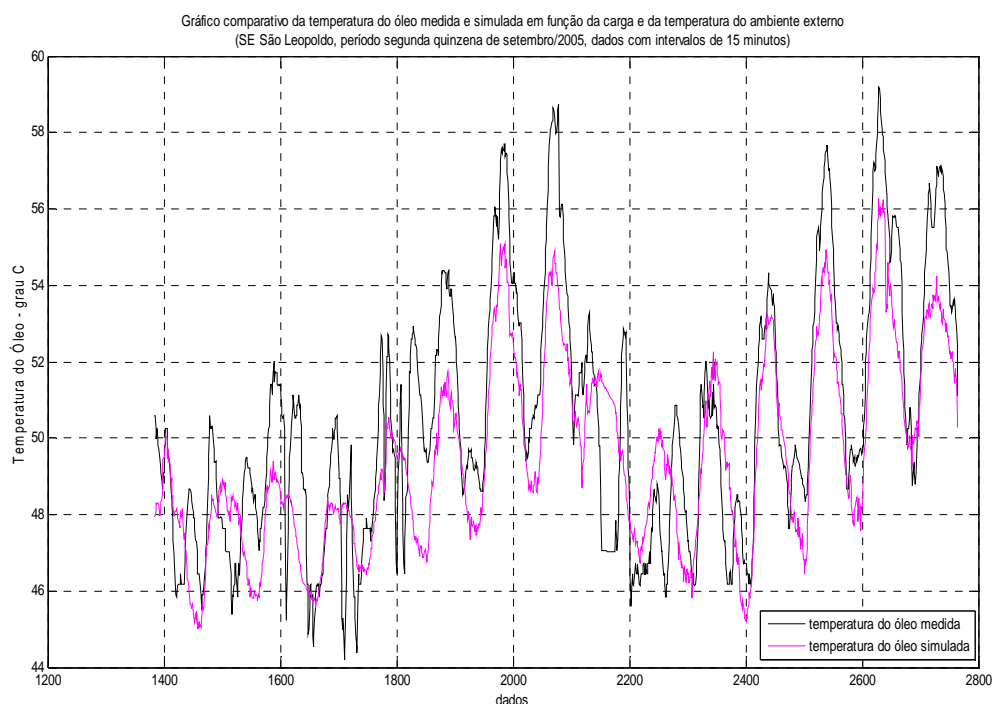


Figura 5.39 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas validando com uma base de dados diferente da utilizada na modelagem (SE São Leopoldo, segunda quinzena de setembro/2005, dados com intervalo de 15 minutos).

São Leopoldo, 01 a 30/09/2005								
Subestação/Transformador	Resultados obtidos com a rotina simul.m aplicado na primeira metade dos dados				Resultados obtidos com a rotina simulmet.m para a segunda metade dos dados			
Equação de modelagem	temp.óleo=37.3134+0,11341carga+0,47294tamb				temp.óleo=37.3134+0,11341carga+0,47294tamb			
Média da diferença (°C)	1,6861				1,719			
Desvio padrão (°C)	1,5281				1,0721			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até 1	521	39,32%	521	39,32%	392	28,36%	392	28,36%
até 2	403	30,42%	924	69,74%	498	36,03%	890	64,40%
até 3	219	16,53%	1143	86,26%	325	23,52%	1215	87,92%
até 4	85	6,42%	1228	92,68%	121	8,76%	1336	96,67%
até 5	41	3,09%	1269	95,77%	41	2,97%	1377	99,64%
maior que 5	56	4,23%	1325	100,00%	5	0,36%	1382	100,00%
Total de dados	1325	100,00%	1325	100,00%	1382	100,00%	1382	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	810	61,13%	810	61,13%	751	54,34%	751	54,34%
até a Média Abs. + 1,96 DP	448	33,81%	1258	94,94%	571	41,32%	1322	95,66%
até a Média Abs. + 2,58 DP	25	1,89%	1283	96,83%	47	3,40%	1369	99,06%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	42	3,17%	1325	100,00%	13	0,94%	1382	100,00%
Total de dados	1325	100,00%	1325	100,00%	1382	100,00%	1382	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação								
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual	valores ± (°C)		percentual	
no intervalo da média das diferenças			1,69	61,13%	1,72		54,34%	
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			4,68	94,94%	3,82		95,66%	
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			5,63	96,83%	4,49		99,06%	

Tabela 5.24 – Tabela comparativa das diferenças de temperaturas do óleo medidas e simuladas usando uma base de dados diferente da utilizada na modelagem (SE São Leopoldo, segunda quinzena de setembro/2005, dados com intervalo de 15 minutos).

A simulação referente ao TR2 da SE Campo Bom, no período de julho/2006/segunda quinzena, é apresentada na figura 5.40 e na tabela 5.25. Analisando o gráfico, observa-se uma tendência de convergência muito forte entre os valores medidos e simulados, principalmente nas faixas de temperatura mais elevadas. Todavia, embora apresentem comportamento dentro dos intervalos de confiança esperados para a curva normal, esta simulação é a que apresenta maior discrepância entre os resultados da modelagem (primeira quinzena) com uma base de dados diferente da usada na simulação (segunda quinzena). Neste aspecto, cabe ressaltar a diferença entre as médias e desvio padrão das diferenças para os dois grupos de dados. A correlação da modelagem foi de 92% enquanto a relação das áreas sob as curvas das temperaturas medidas sobre as simuladas foi de 99,2%.

Avaliando o comportamento dos três equipamentos operando em períodos climáticos e regimes de carga diferenciados, quando submetidos a simulações com bases de dados não utilizadas na fase de modelagem, considerando ainda que nos diversos experimentos já apresentados neste capítulo tais equipamentos foram escolhidos por apresentarem coeficientes de correlação diferenciados e classificados como melhor, pior e intermediário, respectivamente, mais uma vez é possível concluir que a operação em regimes de muita variação de temperatura (ou de temperaturas baixas) e baixo nível de carregamento determina diminuição da qualidade da simulação. Isso não significa que as simulações não levem a aproximações que pos-

sam ser relevantes no processo decisório, visto que os resultados dos três experimentos podem ser considerados de bons a muito bons, concluindo-se pela validação da metodologia e dos modelos obtidos.

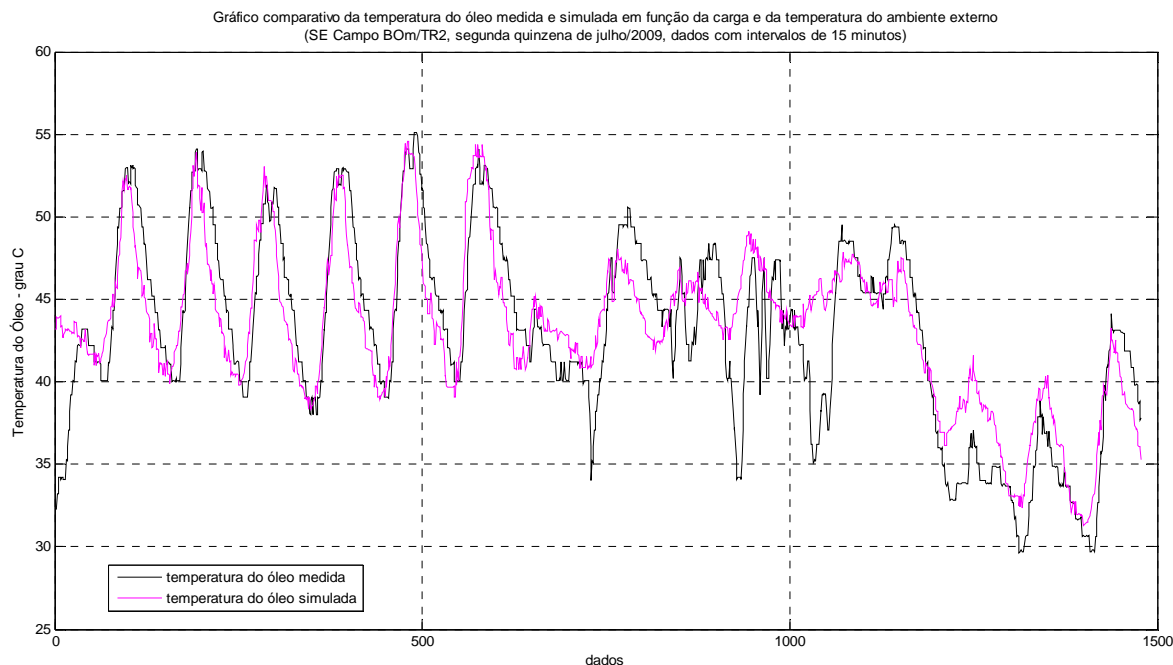


Figura 5.40 – Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas usando uma base de dados diferente da utilizada na modelagem (SE Campo Bom/TR2, segunda quinzena de julho/2006, dados com intervalo de 15 minutos).

Subestação/Transformador	Campo Bom/TR2, 01 a 31/07/2006							
	Resultados obtidos com a rotina simul.m aplicado na primeira metade dos dados				Resultados obtidos com a rotina simulmet.m para a segunda metade dos dados			
Equação de modelagem	temp.óleo=27.2659+0,071618carga+0,69706tamb				temp.óleo=27.2659+0,071618carga+0,69706tamb			
Média da diferença (°C)	1,5578				2,4146			
Desvio padrão (°C)	1,3217				1,9587			
Diferenças em °C (valores absolutos)	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até 1	580	39,30%	580	39,30%	387	26,18%	387	26,18%
até 2	457	30,96%	1037	70,26%	333	22,53%	720	48,71%
até 3	292	19,78%	1329	90,04%	296	20,03%	1016	68,74%
até 4	77	5,22%	1406	95,26%	222	15,02%	1238	83,76%
até 5	32	2,17%	1438	97,43%	147	9,95%	1385	93,71%
maior que 5	38	2,57%	1476	100,00%	93	6,29%	1478	100,00%
Total de dados	1476	100,00%	1476	100,00%	1478	100,00%	1478	100,00%
Enquadramento Média Absoluta + Desvio Padrão	dados	%	acumulado	%	dados	%	acumulado	%
até a Média Abs.	856	57,99%	856	57,99%	845	57,17%	845	57,17%
até a Média Abs. + 1,96 DP	554	37,53%	1410	95,53%	574	38,84%	1419	96,01%
até a Média Abs. + 2,58 DP	28	1,90%	1438	97,43%	11	0,74%	1430	96,75%
maior que a Média Abs. + 2,58 DP	38	2,57%	1476	100,00%	48	3,25%	1478	100,00%
Total de dados	1476	100,00%	1476	100,00%	1478	100,00%	1478	100,00%
Probabilidade dos resultados da simulação								
Intervalo dos resultados medidos - simulados			valores ± (°C)	percentual	valores ± (°C)	percentual		
no intervalo da média das diferenças			1,56	57,99%	2,41	57,17%		
no Intervalo de Confiança de 95% (média diferenças+1,96 DP)			4,15	95,53%	6,25	96,01%		
no Intervalo de Confiança de 99% (média diferenças+2,58 DP)			4,97	97,43%	7,47	96,75%		

Tabela 5.25 – Tabela comparativa das diferenças de temperaturas do óleo medidas e simuladas usando uma base de dados diferente da utilizada na modelagem (SE Campo Bom/TR2, segunda quinzena de julho/2006, dados com intervalo de 15 minutos).

5.10 Outras rotinas de apoio à decisão

A partir da equação de modelagem é possível desenvolverem-se outras rotinas que podem dar suporte a processos de decisão que procurem estabelecer parâmetros térmico-operativos para transformadores, seja em situação de carregamento regular e atendimento de demandas previstas ou em situações de carregamento emergencial por necessidade de transferência de grandes blocos de carga.

Em algumas circunstâncias, como as relacionadas às questões de planejamento, as decisões podem ser precedidas de estudos, simulações e análises mais criteriosas, permitindo usar apoio computacional nas simulações. Porém, pode ocorrer contingências emergenciais em que o processo decisivo para o carregamento do transformador tem que ser feito em circunstâncias e premissa de tempo que impossibilite a consulta ao suporte computacional. Neste caso uma modelagem gráfica prévia pode ser importante apoio ao processo decisório.

A rotina *abaco.m* tem como objetivo a construção de um ábaco com as três variáveis da equação de modelagem, possibilitando aos operadores e gerenciadores das subestações apoiar tecnicamente as decisões de planejamento ou emergenciais a partir da estimativa de duas delas. É importante ressaltar que cada transformador poderá ter o seu ábaco definido após a aplicação de *simul.m*. A figura 5.41 apresenta o ábaco decorrente da aplicação da rotina *abaco.m* após a rotina *simul.m* modelar os dados do Transformador TR2 da SE Campo Bom, referente ao mês de março de 2006.

Com a finalidade de possibilitar a simulação de outras condições de operação, invertendo-se os níveis de dependência das variáveis, foram desenvolvidas outras rotinas decorrentes da modelagem do aplicativo *simul.m*. A rotina *estimadorpotencia.m* calcula qual a potência simulada (em MVA) para determinadas condições de temperatura do óleo e do ambiente externo. A rotina consiste na adequação da equação de modelagem com a inversão para variáveis independentes a temperatura do óleo e da temperatura do ambiente externo e para variável dependente a potência aparente, usando os mesmos coeficientes *A*, *B* e *C* da equação de modelagem.

Com finalidade similar, desenvolveu-se a rotina *estimadortempambiente.m* que calcula a temperatura limite do ambiente externo para valores conhecidos da temperatura do óleo e da carga. A rotina consiste na adequação da equação de modelagem com a inversão para variáveis independentes a temperatura do óleo e da carga e para variável dependente a temperatura do ambiente externo, usando os mesmos coeficientes *A*, *B* e *C* da equação de modelagem.

SE Campo Bom/TR2 - Ábaco do regime térmico-operativo a partir dos dados obtidos de 01 a 31/03/2006
 (Intervalo de Confiança de 95,3% para diferenças até 4,3 graus C da temperatura do óleo)

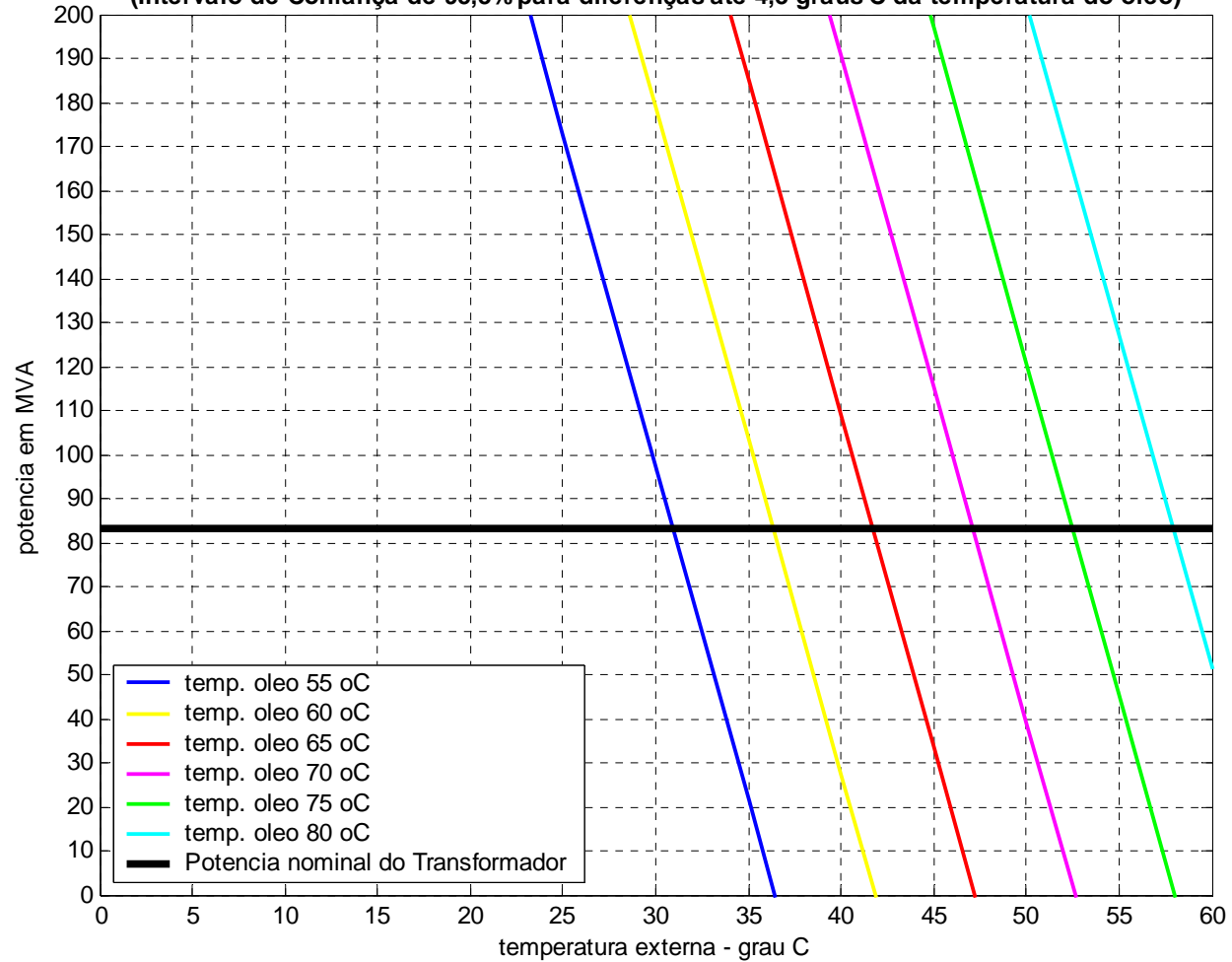
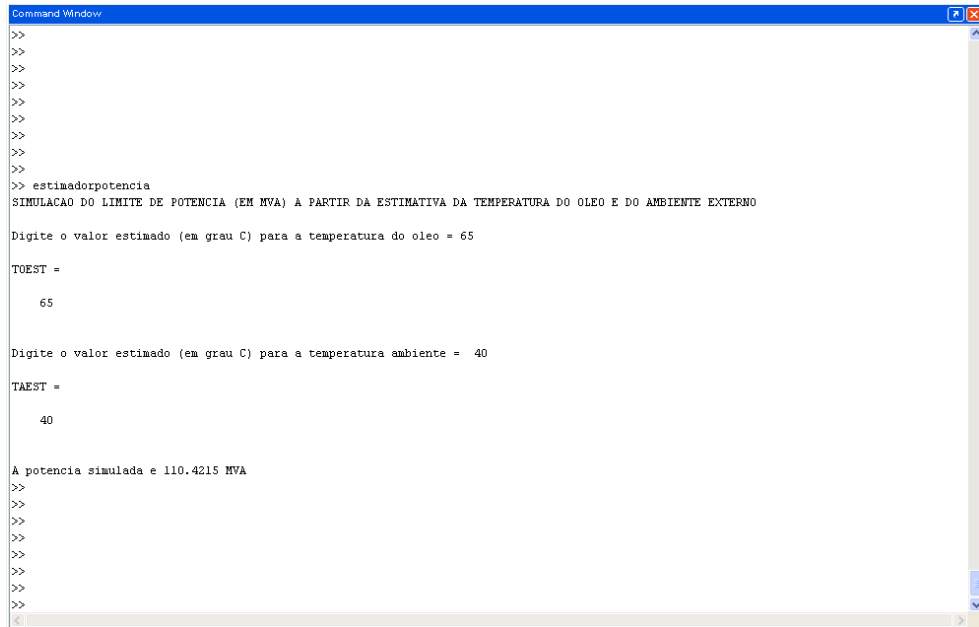


Figura 5.41 – Ábaco de simulação do regime térmico-operativo do TR2 da SE Campo Bom (83 MVA de potencial nominal máxima), construído com base no modelo simulado a partir dos dados de 01 a 31/03/2006, medidos com intervalos de 15 minutos.

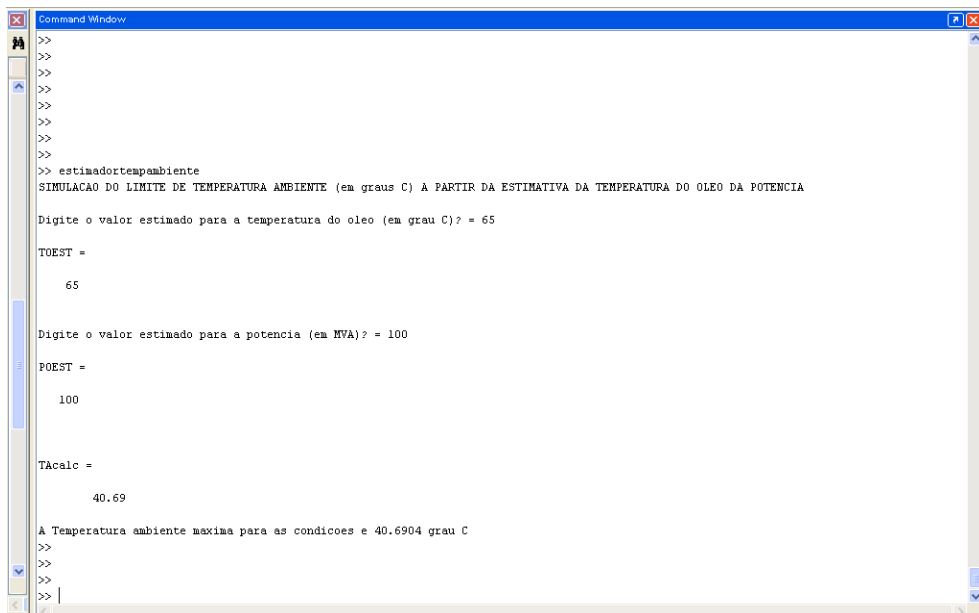
Na figura 5.42 é possível visualizar a tela de entrada e resposta da rotina *estimadorpotencia.m* desenvolvida no MATLAB 6.5.



```
Command Window
>>
>>
>>
>>
>>
>>
>>
>>
>> estimadorpotencia
SIMULAÇÃO DO LIMITE DE POTENCIA (EM MVA) A PARTIR DA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO OLEO E DO AMBIENTE EXTERNO
Digite o valor estimado (em grau C) para a temperatura do oleo = 65
TOEST =
    65
Digite o valor estimado (em grau C) para a temperatura ambiente = 40
TAEST =
    40
A potencia simulada e 110.4215 MVA
>>
>>
>>
>>
>>
>>
```

Figura 5.42 – Tela de entrada e resposta da rotina *estimadorpotencia.m* no desktop do MATLAB 6.5. Solução referente à simulação da SE Campo Bom/TR2 para o mês de março de 2006.

Na figura 5.43, é possível visualizar a tela de entrada e resposta da rotina *estimadortempambiente.m* desenvolvida no MATLAB 6.5.



```
Command Window
>>
>>
>>
>>
>>
>>
>>
>>
>> estimadortempambiente
SIMULAÇÃO DO LIMITE DE TEMPERATURA AMBIENTE (em graus C) A PARTIR DA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO OLEO DA POTENCIA
Digite o valor estimado para a temperatura do oleo (em grau C)? = 65
TOEST =
    65
Digite o valor estimado para a potencia (em MVA)? = 100
POEST =
    100
TAcalc =
    40.69
A Temperatura ambiente maxima para as condicoes e 40.6904 grau C
>>
>>
>>
>>
```

Figura 5.43 – Tela de entrada e resposta da rotina *estimadortempambiente.m* no desktop do MATLAB 6.5. Solução referente à simulação da SE Campo Bom/TR2 para o mês de março de 2006.

5.11 Considerações finais sobre os experimentos de validação do modelo

As rotinas *simul.m* e *simulit.m*, desenvolvidas no MATLAB 6.5 com base na aplicação e no equacionamento do método dos mínimos quadrados para a obtenção de modelos de regressão linear a duas variáveis independentes e uma variável dependente, foram testadas em quatro transformadores de potência de diferentes portes e tensões, em 14 períodos distintos, sob condições climáticas típicas de inverno, verão e estações intermediárias.

Para a simulação da temperatura do óleo, os dados disponíveis permitiram aplicar testes de validação nas SE São Leopoldo (junho, setembro, outubro, novembro e dezembro), SE Campo Bom/TR2 (março e julho) e na SE Scharlau/TR1 (março).

Considerando todos os ensaios e os parâmetros que podem indicar uma melhor ou pior aproximação entre os resultados medidos e simulados da grandeza em observação (temperatura do óleo), é possível afirmar que o melhor resultado, correspondente ao teste da SE Scharlau/TR1 com dados de março de 2004, obteve os seguintes resultados: Coeficiente de Correlação de 93,97%; diferença média em valores absolutos entre a temperatura medida e simulada de 1,33° C, compreendendo 57,4% dos resultados; o total de 96,3% dos resultados estavam enquadrados no intervalo de diferenças de $\pm 3,24^{\circ}$ C, correspondendo ao Intervalo de Confiança de 95% (média + 1,96 desvio padrão).

O resultado considerado mais afastado correspondeu ao ensaio na SE São Leopoldo, com dados do mês de setembro de 2005, o qual apresentou os seguintes dados: Coeficiente de Correlação de 80,15%; diferença média em valores absolutos entre a temperatura medida e simulada de 1,55° C, compreendendo 61,3% dos resultados; o total de 95,0% dos resultados estavam enquadrados no intervalo de diferenças de $\pm 4,2^{\circ}$ C, correspondendo ao Intervalo de Confiança de 95%.

Para os ensaios aplicados com a rotina *simulit.m*, relativos à simulação da temperatura da imagem térmica, os dados disponíveis permitiram testar os seguintes equipamentos: SE São Leopoldo (novembro e dezembro), SE Campo Bom/TR2 (março e julho) e SE Nova Petrópolis/TR2 (junho).

Considerando os ensaios com melhor e pior aproximação entre os valores medidos e simulados da temperatura da imagem térmica, é possível concluir que o melhor resultado foi o apresentado pelo ensaio na SE Campo Bom/TR2, correspondente a março de 2006, obtendo-se: Coeficiente de Correlação de 92,6%; diferença média em valores absolutos entre a tempe-

ratura medida e simulada de $1,61^{\circ}\text{C}$, compreendendo 59,1% dos resultados; o total de 95% dos resultados estavam enquadrados no intervalo de diferenças de $\pm 4,12^{\circ}\text{C}$, correspondendo ao Intervalo de Confiança de 95%.

O resultado mais afastado também ocorreu com o ensaio no equipamento da SE Campo Bom/TR2, porém com os dados referentes ao mês de julho de 2006, cuja síntese é: Coeficiente de Correlação de 89,8%; diferença média em valores absolutos entre a temperatura medida e simulada de $2,07^{\circ}\text{C}$, compreendendo 61,5% dos resultados; o total de 95,2% dos resultados estavam enquadrados no intervalo de diferenças de $\pm 5,86^{\circ}\text{C}$, correspondendo ao Intervalo de Confiança de 95%.

Portanto, pela quantidade de experimentos e validações aplicadas, considerando a diversidade de equipamentos e condições climáticas das condições dos ensaios e, principalmente, a qualidade e pouca margem de diferença dos resultados obtidos com as simulações, é possível responder as hipóteses 1, 2 e 5, formuladas no item 5.2, da seguinte forma:

- a rotina de construção de modelos matemáticos de regressão linear múltipla com base no método dos mínimos quadrados pode ser aplicada, de forma generalizada, para modelar o regime térmico-operativo de transformadores de potência com base na temperatura exterior, na carga e na temperatura do óleo, ou da imagem térmica. É imprescindível que a base de dados seja expressiva e confiável e que os modelos sejam construídos para situações específicas de condições climáticas e de carregamento.

- os resultados das simulações e os respectivos modelos desenvolvidos podem dar suporte às decisões que envolvam o estabelecimento de condições térmicas e operativas dos equipamentos, respeitados os níveis de correlação entre o real e o simulado, considerando os limites estatísticos de erros e diferenças.

A partir dos experimentos em dois equipamentos com a mesma base de dados, porém com seleção de dados em intervalos diferenciados (1 minuto, 15 minutos e 60 minutos) e com as médias referentes aos dados consecutivos de 15 minutos e 60 minutos, foi possível verificar que não se encontram diferenças significativas entre os cinco ensaios de cada equipamento. É importante frisar que os ensaios de simulação realizados com os dados médios de 15 e 60 minutos apresentaram resultados ligeiramente mais próximos aos valores medidos.

Portanto, respondendo ao questionamento da terceira hipótese (item 5.2), é possível afirmar que os intervalos entre os dados usados na simulação não apresentam diferenças significativas na resposta, porém um simulador de apoio à decisão destas condições operativas po-

de apresentar resultados com intervalos diferenciados, permitindo aos usuários optar pela situação mais conveniente. Se a base de dados for apropriada, a inclusão de sub-rotinas para cálculo de médias não acrescentaria maiores dificuldades na elaboração da rotina principal.

Os experimentos de melhoria qualitativa demonstraram que a aplicação de rotinas que, além de segmentar os resultados obtidos na primeira modelagem por faixas de temperatura, realizavam uma nova modelagem de regressão para ajuste não apresentaram eficácia que justifiquem o seu uso.

Entretanto, os experimentos que promoveram modelagem considerando somente dados operativos de carregamento e temperatura do óleo a partir de uma determinada temperatura ambiente ($\geq 20^\circ\text{C}$ ou $\geq 25^\circ\text{C}$) apresentaram uma razoável melhoria na simulação, principalmente nos casos de muita variabilidade de regime térmico-operativo.

Desta forma, respondendo ao questionamento da quarta hipótese (item 5.2), conclui-se que há possibilidades de melhorar a confiabilidade do simulador desde que sejam implementados ajustes nas rotinas de simulação com a finalidade de permitir a simulação em condições específicas.

Por fim, com os experimentos de validação realizados e descritos no item 5.8.2, é possível concluir que a metodologia e as rotinas propostas são eficazes e confiáveis na sua finalidade de simular parâmetros térmico-operativos. Tal circunstância é relevante principalmente nas condições de altas temperaturas ambientes e níveis de carregamento próximo aos limites da potência nominal. Condições estas que são as mais exigidas e presentes num processo decisório contingencial de gerenciamento de cargas.

É importante informar que a totalidade dos dados utilizados nos experimentos deste capítulo encontra-se disponível na forma de arquivo digital, devido ao volume que representaria se todos fossem impressos no mesmo formato do Anexo 3. Justifica-se esta opção pelo fato de que, para listar (em formato reduzido) os dados de apenas um dos equipamentos do experimento, com medições em intervalos de 1 minuto no período de 30 dias, seriam necessárias centenas de páginas.

6 AVALIAÇÃO E SIMULAÇÃO DAS VIBRAÇÕES E RUÍDOS EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA - PROPOSTA

À similaridade do que ocorre em outros equipamentos mecânicos e eletromecânicos, entende-se que as medições do espectro de ruídos e vibrações presentes em transformadores de alta potência podem contribuir decisivamente para encaminhar alternativas técnicas para reduzir este fenômeno. Avaliar grandezas como nível de pressão sonora e espectro de frequências, por exemplo, podem ter participação importante no fornecimento de informações de apoio à decisão para os processos de planejamento da manutenção preventiva e preditiva. Da mesma forma, também podem ser empregados na ocorrência de problemas ambientais envolvendo concessionárias de energia elétrica e vizinhança de subestações. Os valores e parâmetros técnicos obtidos poderiam subsidiar as discussões de encaminhamento de soluções técnicas ou de prova de atuação de acordo (ou não) com os limites legais estabelecidos.

Com estas considerações, este capítulo tem como objetivo relatar os experimentos de medição de ruídos em duas subestações de potência, as características e dificuldades observadas, bem como apresentar propostas técnicas de novos experimentos a serem implementados para medir e correlacionar as vibrações e ruídos nos transformadores de potência. Outros aspectos abordados são uma metodologia e uma possível modelagem de correlação das vibrações e ruídos com as demais grandezas elétricas medidas na operação dos transformadores, provavelmente tensão, corrente e frequência elétrica.

6.1 O modelo acústico de uma subestação, a origem dos ruídos e dificuldades dos experimentos de medições

Como já descrito, o modelo acústico de uma subestação é multidirecional e compreende quatro fontes de ruídos principais:

- os originários do “efeito corona” ou ionização do ar decorrente da tensão elétrica;
- os ruídos e vibrações decorrentes da ventilação mecânica dos transformadores;
- as vibrações e ruídos decorrentes do efeito da vibração do núcleo por magnetostricção e sua transmissão às paredes e radiadores do “tanque”, que funcionam como placas irradiantes;
- os ruídos decorrentes de diversos outros equipamentos presentes nas subestações de potência (reatores, compensadores, comutadores sob carga, etc.).

A esses, somam-se os ruídos do entorno e, como ocorre em muitas subestações, de outros equipamentos de transformação que, em alguns casos, são posicionados muito próximos.

Diante desse fato, para ter validade e retratar os valores efetivos e sua real fonte de origem, os processos de medição de ruídos a partir do uso de instrumentação como a usada para medir ruído urbano ou de postos de trabalho não são indicados para o caso de ruídos em subestações.

Por outro lado, em virtude das dificuldades e riscos operativos, com o uso dos processos convencionais, é quase impossível realizarem-se medições de cada uma dessas fontes isoladamente, visto que os equipamentos de ventilação são essenciais para operação com alto carregamento, portanto de difícil desligamento, da mesma forma que o “efeito corona”, inerente aos sistemas de transmissão em operação. Circunstância similar ocorre da impossibilidade de se desligar os demais equipamentos e acessórios instalados na mesma subestação.

6.2 Experimentos de medição em duas subestações da região de Porto Alegre

Utilizando um medidor de pressão sonora (decibelímetro) da marca Lutron, modelo SL-4001, na escala 50 – 100 dB para valores RMS, e posicionando o medidor num tripé a cerca de 1,5 e 2 m dos transformadores, foram realizadas medições a cada 30 minutos, no período compreendido entre 15 horas e 18h30min, do transformador TR6 da SE PAL 6 (Bairro Agronomia, Porto Alegre, dia 08/06/2009) e do transformador TR1 da SE SECI (Canoas, em 09/06/2009). A figura 6.1 apresenta a foto do equipamento de medição, e as figuras 6.2 e 6.3 apresentam as fotos do posicionamento do medidor em relação aos transformadores medidos. A tabela 6.1 apresenta os resultados obtidos nas medições.



Figura 6.1 – Medidor de pressão sonora, marca Lutron, modelo SL-4001



Figura 6.2 – Medição de ruídos no TR 1 (SECI-Canoas)



Figura 6.3 – Medição de ruídos no TR 1 (SECI-Canoas)

Subestação/TR	SE PAL6 TR6		SECI TR1	
Hora/Data	Data 08/06/2009		Data 09/06/2009	
Hora	Carga MVA	dB	Carga MVA	dB
15h	26,5	72,0	45,0	74,3
15h30min	26,0	72,1	46,0	74,2
16h	27,0	72,3	44,0	74,2
16h30min	28,5	69,8	43,5	74,0
17h	28,5	73,2	42,0	74,3
17h30min	29,0	74,2	38,0	74,4
18h	37,0	73,3	38,5	74,0
18h30min	38,0	73,7	37,0	74,2

Tabela 6.1 – Resultados das medições nos TR6 (PAL 6) e TR1 (SECI Canoas)

Os critérios para seleção das subestações e equipamento foram a possibilidade de menor ruído de fundo, mesmo as subestações tendo outros equipamentos do mesmo porte, e os transformadores selecionados estarem posicionados mais afastados em relação aos demais equipamentos instalados na subestação.

Durante a medição, verificou-se que o ruído de fundo (entorno e outros equipamentos próximos) nas duas subestações oscilavam entre 38 e 42 dB. Não eram perceptíveis ruídos decorrentes do “efeito corona”, entretanto, em ambos os casos, os grupos de ventilação forçada estavam integralmente acionados, o que permite concluir que os valores medidos compreendem ruídos da ventilação, da magnetostricção e do entorno da subestação.

Dessa forma, com o processo de medição utilizado, não foi possível ser avaliada a intensidade do ruído de cada uma das fontes de origem.

Sobre este tema e a metodologia recomendada para a medição de ruídos de origem eletromagnética em subestações, relativamente aos problemas associados com a determinação do nível e do tipo de ruído emitido por uma ou mais fontes, Marcoaldi; Steinmann; Fernández e Gimenez (2008 p. 5) relatam:

Para problemas deste tipo, o propósito das medições de ruído é determinar alguma quantidade física, normalmente o nível de pressão sonora em um certo ponto ou o nível de potência sonora da fonte. O caráter do ruído pode ser descrito pelo espectro de frequências e as alterações temporais desses níveis e pelo caráter do campo sonoro (tradução própria).

Ainda, conforme os autores e segundo a norma argentina IRAM 4120, é recomendado medir a pressão sonora em bandas de frequências audíveis, cobrindo-se todo o espectro audível. As posições de medição devem ser escolhidas para evitar influências causadas por outras fontes ou objetos emissores/refletores. No procedimento de medição, deve ser feita uma avaliação total das fontes de ruído e, se possível, eliminar ou isolar as possíveis durante o processo de medição.

Considerando somente as medições efetuadas é possível concluir que não foram observadas correlações entre a variação do ruído e da carga. Todavia, deve ser considerado que com a utilização de outros procedimentos de medição e experimentos que permitam isolar e identificar as fontes geradores de ruído e vibração seja possível estabelecer tal correlação.

6.3 Condições e propostas para a medição das vibrações em transformadores de potência

Diante dos resultados dos experimentos e com a intenção de realizar os procedimentos de medição dentro da técnica recomendável que possibilite a aquisição de dados com validade científica, é imprescindível que o projeto tenha total parceria da operadora ou concessionária responsável pela subestação.

Os futuros experimentos para a identificação e medição dos ruídos e vibrações devem buscar duas linhas de objetivos técnicos: a influência no ambiente e a aplicabilidade na manutenção e na operação.

Para viabilizar a aquisição de dados referentes às vibrações e ruídos dos transformadores de potência é sugere-se a aplicação das seguintes etapas:

- 1 - Implantar sensores do tipo acelerômetros nas faixas de 1 ou 2 g, instalando-os de forma externa aos "tanques" dos transformadores de potência;
- 2 - Avaliar a qualidade e o espectro dos sinais adquiridos, as possibilidades de interferência de outros sinais presentes na subestação e, se for necessário, aplicar sistemas de filtragem e amplificação destes sinais com a utilização de transdutores ou outras formas apropriadas;
- 3 - Inserir os sinais no sistema de aquisição e supervisão da subestação;
- 4 - Aplicando técnicas de modelagem, verificar a existência de correlação com outras grandezas medidas pelo sistema de supervisão (tensão, corrente, frequência, etc.), visando estabelecer uma previsão dos estados de funcionamento;
- 5 - Paralelamente, realizar medições de ruídos dos transformadores utilizando técnicas de filtragem de outros ruídos externos, procurando estabelecer uma correlação entre os sinais vibracionais e os sinais de ruídos. Se for necessário, estabelecer procedimentos técnicos para silenciar temporariamente as demais fontes emissoras de ruídos e vibrações no equipamento ou no entorno.
- 6 - Se forem constatadas correlações fortes com outras grandezas elétricas, construir um algoritmo e rotina computacional que permita estabelecer simulações dos níveis de vibração e ruídos a partir destas grandezas.

6.4 Proposta metodológica para a medição das vibrações e ruídos em transformadores de potência

Para viabilizar e validar cientificamente um possível modelo de simulação, está prevista seguinte metodologia:

- 1 - Instalar os sensores e seus respectivos circuitos em, pelo menos, três subestações de potência, durante um período compreendido entre 15 a 30 dias;
- 2 - Coletar, armazenar e analisar os dados obtidos, juntamente com as demais grandezas elétricas coletadas dos equipamentos. Avaliar as possíveis interferências na qualidade do sinal e encaminhar soluções para eliminação ou mitigação do problema;
- 3 - Avaliar a possível correlação dos sinais vibratórios com outras grandezas elétricas medidas simultaneamente. A modelagem matemática será baseada na teoria de análise de sinais, com o objetivo principal de estabelecer correlações entre as variáveis medidas;
- 4 - Estabelecer uma modelagem de correlação entre os sinais vibratórios adquiridos e o ruído emitido no ambiente pelo transformador, estabelecendo padrões e norma interna de avaliação de ruídos e espectros vibratórios para uso na manutenção preditiva;
- 5 - Construir algoritmos que permitam a aplicação em outros equipamentos;
- 6 - Elaborar relatório final e propostas definitivas para um sistema de monitoramento *online* das vibrações e ruídos.

Acredita-se que a implantação de sistemas de sensoreamento das vibrações e ruídos em subestações de potência, bem como a consequente construção de modelos que permitam simulá-las com níveis de confiabilidade aceitáveis cientificamente, poderão ser excelentes fontes de informações para futuros projetos de equipamentos.

De forma a atender às legislações urbanas sobre ruídos ambientais, poderá tornar-se um importante subsídio para a solução do problema ou para prova de que os limites estejam, ou não, sendo atendidos.

A exemplo de utilizações similares em máquinas rotativas, com a aplicação na manutenção preventiva e preditiva, os resultados das medições também poderiam ser utilizados como fontes comparativas periódicas de possíveis degradações internas do equipamento ou de anormalidades decorrentes da ação de curtos-circuitos internos ou de descargas atmosféricas, possibilitando suporte às decisões de manutenção.

7 CONCLUSÃO

Conforme citado no capítulo 1, a partir da revisão de vários artigos publicados nesta década, diversos pesquisadores têm procurado desenvolver modelagens que, com base na IEEE C57.91 (1995), permitam simular a temperatura crítica de operação dos transformadores de potência (*Hot Spot*) a partir de outras grandezas mais facilmente mensuradas, como a temperatura do sensor de topo do fluido isolante (*Top Oil*) ou do sensor de imagem térmica, supostamente posicionados (no projeto do equipamento) nos pontos onde o fluido e o enrolamento possam operar com as máximas temperaturas em cada regime operativo considerado. Na maioria destes casos, o equacionamento adotado utiliza como princípio o fenômeno da “capacitância térmica”, presente no sistema núcleo-enrolamento-fluido.

Com a possibilidade de instalação de sensores de temperatura em vários pontos internos, essas pesquisas têm como objetivo definir novos parâmetros para projetos e para determinação do efeito térmico na redução da vida útil do equipamento, no caso de carregamentos acima dos limites hoje utilizados e previstos nas normas. A principal motivação desses estudos é a necessidade de otimizar sistemas de transmissão de energia maximizando, de forma segura, o uso dos equipamentos.

Todavia, tão importante quanto definir novos parâmetros térmicos na fase de projeto, com a disponibilidade quantitativa e qualitativa de informações operativas fornecidas pelos sistemas supervisores, deve ser a preocupação em simular a operação destes equipamentos sob a ótica das trocas térmicas com o meio externo, quando em operação. Há fatores externos que influenciam as trocas térmicas e que são alheios aos utilizados no projeto: posição geográfica e clima variável, intensidade e incidência da radiação solar, direção e velocidade do vento, chuva e umidade do ar, influência de equipamentos próximos, ritmo de variação da carga; entre outros. Nestas circunstâncias justifica-se a modelagem das temperaturas de operação a partir das condições de carregamento e temperatura externa quando instalado e em regime operativo contínuo.

A partir das premissas e hipóteses adotadas nos capítulos 4 e 5, com a aplicação do equacionamento proposto no método dos mínimos quadrados para a modelagem por regressão linear simples e múltipla, foram desenvolvidas rotinas que permitam o uso dessa técnica de modelagem de forma generalizada e aplicável a qualquer transformador de potência.

Para a aplicação dessas rotinas para suporte a processos de decisão, é imprescindível que se disponha de uma base de registros expressiva e confiável, relativa às principais grandezas que determinam o regime térmico-operativo dos transformadores, ou seja: o carregamento ou potên-

cia aparente (MVA), a temperatura do ambiente externo ($^{\circ}\text{C}$) e a temperatura do óleo ou fluido isolante-refrigerante ($^{\circ}\text{C}$) e, em alguns casos, a temperatura do ponto mais crítico do enrolamento ou imagem térmica ($^{\circ}\text{C}$).

Os resultados inicialmente obtidos na modelagem experimental e individualizada com o uso do recurso de planilhas eletrônicas EXCEL, conforme descrito no capítulo 4, sugeriram que a metodologia é viável e apresenta bons níveis de confiabilidade.

A partir dessas conclusões, partiu-se para o desenvolvimento de modelos de regressão linear múltipla através de rotinas aplicativos com o uso do software MATLAB 6.5 e realizaram-se 22 testes de modelagem com o uso dessas rotinas, assim descritos:

- oito experimentos em períodos diferenciados de clima e regime de carregamento, a partir de dados adquiridos em três transformadores de potência com intervalos de 15 minutos, com a finalidade de modelar e simular a temperatura do óleo;
- oito experimentos de um mesmo período, a partir de dados adquiridos em dois transformadores de potência com intervalos de 1, 15 e 60 minutos e com as médias dos valores medidos a cada minuto em conjuntos de 15 e 60 minutos de dados, com o objetivo de verificar a influência de intervalos diferenciados entre os dados no resultado final do modelo;
- cinco experimentos em períodos diferenciados de clima e regime de carregamento, a partir de dados adquiridos em três transformadores de potência com intervalos de 15 minutos, com a finalidade de modelar e simular a temperatura da imagem térmica;
- seis experimentos com dados e modelos dos três transformadores que apresentaram melhor, intermediário e pior valor percentual do coeficiente de correlação entre temperaturas medidas e simuladas para o óleo, todos com a finalidade de testar alternativas de melhoria qualitativa e confiabilidade da modelagem;
- três experimentos de validação com os equipamentos e respectivos modelos que apresentaram melhor, intermediário e pior valor percentual do coeficiente de correlação entre temperaturas medidas e simuladas para o óleo, utilizando uma base de dados diferenciada daquela usada na modelagem.

É importante afirmar que a menor base de dados utilizada nos ensaios foi equivalente a 960 valores de cada grandeza medida (medições com intervalos de 15 minutos durante 10 dias consecutivos). Em alguns ensaios, utilizou-se uma base de dados de 44640 valores de cada grandeza (medições com intervalos de 1 minuto durante 31 dias consecutivos). Na maior parte dos ensaios, com medições em intervalos de 15 minutos, durante 30 dias consecutivos, a base de dados usada na modelagem foi da ordem 2900 valores.

Em todos os casos, foram obtidos valores simulados com bons níveis de aproximação, quando comparados aos valores medidos para as mesmas condições de carregamento e temperatura do ambiente externo. Considerando as médias e desvio padrão das diferenças em valores absolutos entre as temperaturas medidas e simuladas, todos os experimentos de simulação apresentaram resultados enquadrados muito próximos do Intervalo de Confiança de 95% e 99% para a Curva Normal, o que confirma a confiabilidade estatística dos modelos obtidos.

Os resultados que apresentaram mais dispersão entre valores medidos e simulados, com Coeficiente de Correlação entre 80 e 90%, foram aqueles realizados com dados de equipamentos submetidos a carregamento médio ou baixo, relativamente à sua respectiva potência nominal, e, ao mesmo tempo, operando sob condições climáticas de temperaturas mais baixas ou muito variáveis. A justificativa técnica para este comportamento neste regime operativo é a forte influência das perdas no núcleo, que são praticamente constantes, em relação às perdas nos enrolamentos, que dependem da carga.

Os resultados simulados muito próximos do real, com Coeficiente de Correlação superiores a 90%, foram aqueles obtidos com os dados dos equipamentos operando em regimes de forte carregamento e temperaturas ambientes mais elevadas, o que significa afirmar que, nestas condições, o modelo apresentou níveis de confiabilidade excelentes. Tal conclusão é de considerável importância, pois é muito provável que estas sejam as circunstâncias mais críticas de operação e de necessidade de aplicação de um simulador para dar suporte a decisão de gerenciamento e transferências de grandes blocos de carga para os equipamentos de transformação.

Estas constatações reforçam a tese de que a construção de modelos de regressão linear múltipla lastreados nessas três grandezas (carregamento, temperatura externa e temperatura de operação do óleo ou do ponto crítico) podem constituir-se numa importante e confiável ferramenta de consulta e suporte para a operação de subestações de potência, podendo ser aplicados de forma generalizada a partir de conjuntos progressivos de dados operativos de cada equipamento.

Diversos fatores, muitos dos quais sem qualquer possibilidade de controle e previsão, podem interferir na precisão do modelo e no regime de trocas térmicas do equipamento, tais como: os níveis incidentes de radiação solar direta e difusa; a ocorrência de chuva e o teor de umidade do ar; a direção e intensidade dos ventos; a concentração de sujeira e poeira nas superfícies externas do equipamento; as falhas no sistema de ventilação e circulação forçada do fluido isolante-refrigerante. É possível supor que parte das diferenças obtidas nos ensaios de simulação realizados tenha sido resultante de alguns deles. No entanto, é difícil e oneroso agregar medições destas interferências na modelagem, pois além de aumentar consideravelmente o conjunto e a sofis-

ticação dos sistemas de sensores e de medição, elas pouco podem acrescentar aos modelos que já apresentam níveis de confiabilidade tecnicamente aceitáveis para subsidiar decisões.

O efeito “delay” observado contribuiu para diminuir a eficácia dos resultados obtidos, entretanto num contexto de um sistema de suporte à decisão como o proposto o que vale é a proximidade e similaridade das curvas de resultados real e simulado, a sua presença não compromete o processo. Acredita-se que com a adoção de aplicativos com “interface amigável” possa ser desenvolvida alguma técnica que possibilite minimizar esse efeito.

Ao mesmo tempo, com algumas modificações no algoritmo das rotinas de simulação, as quais permitam selecionar conjuntos de dados para situações específicas de operação, é possível obter-se alguma melhora na aproximação dos resultados medidos e simulados, por consequência, nos níveis de confiabilidade dos modelos. Como exemplo, é possível citar: dados referentes a determinados horários, de determinados meses, de condições de operação próxima aos limites nominais, de estágios de ventilação e circulação fluídica forçada, etc. Esta possibilidade pode constituir-se numa proposta de melhoria, principalmente se o sistema de simulação evoluir na forma de um aplicativo de gerenciamento e suporte à decisão, dotado de interfaces que possibilitem estabelecer “filtros” de dados para essas condições.

Quanto à metodologia proposta para a medição e modelagem das vibrações e ruídos nos transformadores de potência, acredita-se que, sob o ponto de vista técnico e econômico, é uma possibilidade viável e sua implementação depende, além da parceria operacional de uma concessionária, de ensaios exploratórios que demandam investimentos em equipamentos, sensores, adaptação e interligação com os sistemas supervisores hoje instalados em algumas subestações. Há interesse e possibilidades de financiamento destes experimentos com recursos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia Estadual de Energia Elétrica.

Cabe informar que este projeto foi desenvolvido apenas com os recursos técnicos disponíveis hoje em algumas subestações. Não houve qualquer adição de recursos técnicos ou financeiros específicos para a sua realização. Tampouco houve um apoio formal das empresas concessionárias onde se obteve os dados e medições que possibilitaram o seu desenvolvimento, o que poderia ter contribuído para uma melhor qualificação desta pesquisa.

Como conclusão final, acredita-se que a adoção e qualificação dos sistemas de modelagem propostos podem constituir-se em eficazes instrumentos de planejamento e gerenciamento de cargas em subestações; em sistemas de controle e previsão da vida útil dos equipamentos de transformação; em procedimentos para avaliar a degradação dos sistemas de trocas térmicas dos equipamentos e em contribuição importante para o uso racional de energia, na medida em que

poderá permitir aumentar os níveis de carregamento das subestações transformadoras sem expor os transformadores a riscos maiores. As decisões de transferência de carga e manutenções em situações emergenciais terão um suporte técnico bastante eficaz e confiável com os sistemas propostos neste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 5416 - **Aplicação de Cargas em Transformadores de Potência – Procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 91 p.

ALMEIDA, M. T. **Vibrações Mecânicas para Engenheiros**. São Paulo: Ed. Edgar Blücher, 1990. 445 p.

ALVARES, M. C.; SAMESIMA, M. I. e DELAIBA, A. C. **Análise do Comportamento Térmico de Transformadores Suprindo Cargas Não Lineares Utilizando Modelos Térmicos**. Foz do Iguaçu, PR: XV SNTPEE – Seminário de Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 1999.

ALVES, J. B. M. **Página da Disciplina Teoria Geral de Sistemas - Informática/UFSC**. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/jbosco/tgs>>. Acesso em: setembro 2004.

ALPERT, M. I. e BIBB, J. F. **Fitting Branch Locations Performance Standards, and Marketing Strategies: A Clarification**. Artigo. USA: Journal of Marketing, n. 38, 1974.

ANDRADE, F. F.; COELHO, J.; FRÖHLICH, A. A. M.; PIRES, R. P.; MOREIRA, W. S. C. e GUIMARÃES, V. L. **Gestão e Monitoração Remota de Transformadores em Redes de Distribuição de Energia Elétrica Subterrâneas**. Artigo Científico. Belém, PA: V WORKSPOT – International Workshop on Power Transformers, 2008, e CLADE 2008 – Congresso Latinoamericano de Distribucion Electrica, (Mar del Plata, Argentina) 2008.

ARAGÃO, A. P.; ALMEIDA, O. M.; NOTTINGHAM, A. C. S.; BRAGA, P. R. O.; AMORA, M. e FONTENELE, M. **Sistema Distribuído para Monitoramento e Modelagem de Parâmetros de Transformadores Imersos em Óleo**. Artigo Científico. Fortaleza, CE: VII SIMPASE – Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos, 2007.

AREVA T&D. **PC Control Under High Voltage**. Folheto. Alemanha: [s.d].

BARBETTA, P. A.; REIS, M. M. e BORNIA, A. C. **Estatística para Cursos de Engenharia e Informática**. São Paulo: Ed. Atlas, 2004. 410 p.

BRITO Jr., J. H. **Mitigação de Impactos Ambientais nas Subestações de 139 kV da Região de Ponta Grossa** – PR. Artigo Científico. Curitiba: XV Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica - XV SENDI , 2002.

CARDILLO, E. e FESER, K. **Monitoring System of Large Power Transformers Based on Up-to-date Information Technology**. Artigo Científico. Stuttgart, Alemanha: University of Stuttgart, Institute of Power Transmission and High Voltage Technology, 2004.

CHAPMAN, S. J. **Programação em MATLAB para Engenheiros**. São Paulo: Ed. Thomson, 2006. 482 p.

CHRISTIE, C. V. **Elementos de Eletrotécnica**. Porto Alegre: Ed. Globo, 1969. 822 p.

CLAWSON, C. J. **Fitting Branch Locations, Performance Standards, and Marketing Strategies to Local Conditions**. Artigo. USA: Journal of Marketing, n.38, 1974.

ECKHOLZ, K.; KNORR, W.; SCHÄFER, M.; FESER, K. e CARDILLO, E. **New Devel-**

opments in Transformer Cooling Calculations. Artigo Científico. Stuttgart, Alemanha: University of Stuttgart e Siemens AG, 2004.

ELY, F.; BIASOLI, P. K.; LAMBERT-TORRES, G. e MORAES, C. H. V. **Sistema Inteligente para Inspeção de Transformadores.** Artigo Científico. Fortaleza, CE: XXVI ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006.

FARIAS, A. P.; DELALLO, S. D.; BISTAFA, S. R. e GRIMONI, J. A. B. **Aplicação da Legislação Ambiental no Meio Urbano – Controle de Ruído em Subestação.** Publicação científica. Belém: XIV SNPTEE – XIV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 1997.

FERREIRA, D. **SimTrans: Simulador Térmico para Transformadores de Potência.** Monografia. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Curso de Engenharia Elétrica, 2004.

FERREIRA, D.; FERREIRA, J. L.; PFITSCHER, L. L. e TAMAGNA, A. **Modelagem de um Sistema de Apoio à Decisão para Determinação do Regime Térmico-operativo de Transformadores de Potência.** Artigo Científico. Novo Hamburgo: Revista Liberato, 2008.

FERREIRA, J. L. **Serviços de Manutenção em Transformadores.** Monografia. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 1978. 44 p.

FERREIRA, J. L. **Recuperação de Óleos Minerais Isolantes pelo Processo de Contato.** Monografia. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 1982. 64 p.

FERREIRA, J. L. **Manutenção Preventiva de Transformadores de Distribuição – Planejamento e Implantação.** Monografia. Porto Alegre: I Concurso de Contribuições Técnicas do Clube dos Engenheiros da CEEE – I CONTEC, 1988. 25 p.

FERREIRA, J. L. **Simulação do Comportamento Térmico de Estufas Agrícolas com Cobertura Plástica.** Dissertação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, 2002.

FERREIRA, J. L. **Propostas para Redução e Atenuação de Ruídos Originados e Transformadores e Subestações Elétricas de Alta Potência.** Artigo Científico. Novo Hamburgo: Revista Liberato, 2005.

FERREIRA, J.L. e TESSMER, H. **Dispositivos de Proteção para Circuitos Secundários em Redes Aéreas.** Monografia. Porto Alegre: I Concurso de Contribuições Técnicas do Clube dos Engenheiros da CEEE – I CONTEC, 1988.

FIROUZIFAR, S. e MAHMOUDI, J. **Assessment of Power Transformer Cooler With FEMLAB.** Artigo Científico. Vasteras, Suécia: SIMS 2007 – The 48th Scandinavian Conference on Simulation and Modeling, 2007.

GARCIA-SOUTO, J. A. e LAMELA-RIVERA, H. **Comparative Analysis of Optical-fibre Interferometric Sensors Versus Accelerometers: Application to Vibrations Inside High-power Transformers.** Artigo Científico. Madri, Espanha. Optoelectronics and Laser Technology Group, Department of Electronics, Universidad Carlos III, 2000.

GERGES, S. N. Y. **Ruído, Fundamentos e Controle.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Laboratório de Ruídos, 2000. 676 p.

GILAT, A. **MATLAB com Aplicações em Engenharia**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2006. 360 p.

GUARALDO, N.J.; MONTEIRO, C. L.; GRIMONI, J. A. B.; KIATAKE, L. G. G.; SAIDEL, M. A. e BISTAFA, S. R. **Avaliação do Ruído de Transformadores no Entorno de SE's – Aplicativo e Simulação**. Artigo Científica. Belém: XIV SNPTEE – XIV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 1997.

HAIR Jr, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. e BLACK, W. C. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2005. 593 p.

HAN, Y. S.; KIM, M. B.; CHOI, B. I.; LEE, D. C.; CHOI, Y. H. e NOH, S. C. **Experimental Study on the Fixed Water Mist System in a Power Transformer Romm**. Artigo Científico. Taejon, Coréia do Sul: Korea Institute of Machinery & Materials, Thermo-fluid System Department, 2004.

HANSELMAN, D. e LITTLEFIELD, B. **MATLAB 5 – Guia do Usuário**. São Paulo: Ed. Makron Books, 1999. 413 p.

HISE, R. T.; MYRON, G.; KELLY, J. P. e McDONALD, J. B. **Factors Affecting the Performance of Individual Chain Store Units: An Empirical Analysis**. Artigo. USA: Journal of Retailing, n. 59 (2), 1983.

HAYT Jr., W. H. **Eletromagnetismo**. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 1994. 404 p.

IEEE PES TRANSFORMERS COMMITTEE – INSULATION LIFE SUBCOMMITTEE. **Background Information on High Temperature Insulation for Liquid-immersed Power Transformers**. Working Group Report. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 9, no. 4, 1994.

JAIN, M. K.; SCHMIDT, S.; ONG, K. G.; MUNGLE, C. e GRIMES, C. A. **Magnetoacoustic Remote Query Temperature and Humidity Sensors**. Artigo Científico. Lexington – USA: Center for Micro-Magnetic and Electronic Devices, Department of Electrical Engineering, University of Kentucky, 2000.

JARDINI, J. A.; BRITTES, J. L. P.; MAGRINI, L. C.; BINI, M. A. e YASUOKA, J. **Power Transformer Temperature Evaluation for Overloading Conditions**. Artigo Científico. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 20, no. 1, 2005.

JORDÃO, R. G. **Transformadores**. São Paulo: Ed. Edgar Blücher, 2002. 197 p.

KOSOW, I. **Máquinas Elétricas e Transformadores**. São Paulo: Ed. Globo, 2005. 667 p.

LEON, F. de; GLADSTONE, B. e VEEN, M. van der. **Transformer Based Solution to Power Quality Problems**. Artigo Científico. Ontário, Canadá: Pliton Manufacturing Incorporation, 2001.

LESIEUTRE, B. C.; HAGMAN, W. H. e KIRTLEY JR., J. R. **An Improved Transformer Top Oil Temperature Model for Use in An On-line Monitoring and Diagnostic System**. Artigo Científico. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 18, no. 1, 1997.

MARCOALDI, S. A.; STEINMANN, I.; FERNANDÉZ, J. P. e GIMENEZ, W. **Método de Medicion de Ruido Audible em Estaciones Transformadoras**. Artigo Científico. Buenos

Aires, Argentina: VI Congreso Iberoamericano de Acústica, 2008.

MARINO, P.; POZA, F.; OTERO, S. e MACHADO, F. **Development of Condition Monitoring Instrumentation for Sensing Power Transformers.** Artigo Científico. Vigo, Espanha: University of Vigo, Electronic Technology Department, 2005.

MARTIGNONI, A. **Transformadores.** Porto Alegre: Ed. Globo, 1971. 322 p.

MATSUMOTO, E. Y. **MATLAB 6.5 – Fundamentos de Programação.** São Paulo: Ed. Érica, 2002. 342 p.

MEDEIROS, E. B. **Controle de Ruídos em Subestações Elétricas.** Artigo Científico. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.

MERCADO, E. C.; LIMA, R. G.; TAMAI, E. H.; BISTAFA, S.; FUJIMOTO, F. e BELARDO, C. **Metodologia para Projetar Absorvedores Dinâmicos Usando Métodos de Elementos Finitos.** Artigo Científico. Cusco, Peru: 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica, 2007.

MILASCH, M. **Manutenção de Transformadores em Líquido Isolante.** São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1984. 354 p.

NETER, J.; WASSERMAN, W. e KUTNER, M. H. **Applied Linear Statistical Models.** Artigo. Illinois, USA: IRWIN, 1990.

OHIS, V. e CZASZEJKO, T. **Techniques for Estimation of Hot Spot Temperatures in Transformers.** Artigo Científico. Melbourne, Austrália: AUPEC 2002 – Australasian Universities Power Engineering Conference, 2002.

OLIVEIRA, J. C.; COGO, J. R., e ABREU, J. P. G.- **Transformadores – Teoria e Ensaios.** Itajubá: Ed. Edgar Blücher, 1984. 174 p.

PAN, C.; CHEN, W.; YUN, Y.; WANG, Y e SUN, C. **Power Transformer Top-oil Temperature Model Based on Thermal-electric Analogy Theory.** Artigo Científico. Chongqing, China: State Key Laboratory of Safety and New Technology of Power Transmission & Distribution Equipment and System Chongqing University, 2006.

PRADHAN, M. K. e RAMU, T. S. **On-line Monitoring of Temperature in Power Transformers Using Optimal Linear Combination of ANNs.** Artigo Científico. Indianápolis, USA: Conference Record of the 2004 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, 2004.

RADAKOVIC, Z.; CARDILLO, E. e FESER, K. **Temperature Distribution in Windings of Transformers with Natural Oil Circulation.** Artigo Científico. Stuttgart, Alemanha: Institute for High Voltage Technology and Power Transmission, University of Stuttgart, 2002.

RADAKOVIC, Z.; CARDILLO, E.; FESER, K e SCHÄFER, M. **Thermal Behavior of Transformers with Natural Oil Convection Cooling.** Artigo Científico. Stuttgart, Alemanha: Institute for High Voltage Technology and Power Transmission, University of Stuttgart, 2002.

RADAKOVIC, Z. e FESER, K. **A New Method for the Calculation of the Hot-spot Temperature in Powers Transformers with ONAN Cooling.** Artigo Científico. IEEE Tran-

sactions on Power Delivery, vol. 18, no. 4, 2003.

RADAKOVIC, Z.; CARDILLO, E. e FESER, K. **The Influence of Transformer Loading to the Ageing of the Oil-paper Insulation.** Artigo Científico. Rotterdam, Holanda: XIII Symposium on High Voltage Engineering, 2003.

REQUENA, J. M. **Niveles de Ruido en Centrales Generadoras de Energia Eléctrica.** Artigo científico. Oviedo, Espanha: Tecniacustica, 1997. 4 p.

RIBEIRO, J. L. D. e ten CATEN, C. **Projeto de Experimentos.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, 2003. 132 p.

ROSA, E. S.; MAMEDE, G. L.; PELOGIA, H. R. T. e TEODORO, J. F. **Estudo do Ruído Gerado por Transformadores em Subestações.** Artigo Científico. Campinas, SP: Revista Ciências do Ambiente Online, vol. 2, num. 1, 2006.

SAN JUAN BLANCO, M.; PÉRES GARCÍA, A.; HERRÁEZ SÁNCHEZ, M. e MONTOYA MORENO, F. **Estudio Acústico de Los Centros de Transformación y su Entorno.** Artigo Científico. Valência, Espanha: Tecniacustica – Jornadas Nacionales de Acústica, 1994.

SCHMIDT, W. **Materiais Elétricos – Isolantes e Magnéticos – Vol. 2.** São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1979. 166 p.

SIEMENS Ltda. **Transformadores a Seco em Resina – GEAFOL.** Catálogo Técnico. São Paulo: 1978.

SIEMENS Ltda. **Transformadores de Força.** Catálogo Técnico. São Paulo: 2001.

SILVA, E. M. e SILVA, E. M. **Matemática e Estatística Aplicada.** São Paulo: Ed. Atlas, 1999. 167 p.

SILVA, J. R. **Modelagem para Monitoramento Térmico de Transformadores em Operação e Avaliação do Envelhecimento em Função do Perfil de Carregamento.** Dissertação. Florianópolis, SC: Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

SILVA, P. L. C. **Página sobre Simulação de Processos - UNIOESTE.** Disponível em: <<http://www.unioeste.br/agais/simulacao.html>>. Acesso em: setembro 2004.

SILVA, P. R. C. **Gerenciamento de Dados para o Monitoramento e Avaliação da Condição Operativa de Transformadores.** Artigo Científico. Recife, PE: Seminário “Transmissão de Energia Elétrica a Longa Distância, Toshiba do Brasil, 2007.

SIPPOLA, M. **Development for the High Frequency Power Transformer Design and Implementation.** Tese. Helsinki, Finlândia: Applied Electronics Laboratory, Helsinki University of Technology, 2003.

SPIEGEL, M. R.; SCHILLER, J. e SRINIVASAN, R. A. **Teoria e Problemas de Probabilidade e Estatística.** São Paulo: Ed. Bookman, 2004. 398 p.

SPRAGUE, R. H. e CARLSON, E. D. **Building Effective Decision Support Systems.** Artigo. USA: Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1982.

SPRAGUE, R. H. e WATSON, H. J. **Sistema de Apoio à Decisão**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1991.

STOCKBURGER, D. W. **Multivariate Statistics: concepts, models, and applications**. Artigo Científico. Missouri, USA: Sothwest Missouri State University, 1998.

SUSAN, D. **Dynamic Thermal Modelling of Power Transformers**. Tese. Helsinki, Finlândia: Department of Electrical and Communications Engineering, Helsinki University of Technology, 2005.

TAYLOR, H. R. **Data Acquisition for Sensor Systems**. Inglaterra: Chapman & Hall, 1997.

TAKAMI, K. M. e MAHMOUDI, J. **A Novel Device (Oil Spraying System) for Local Cooling of Hot Spot and High Temperature Areas In Power Transformers**. Artigo Científico. Vasteras, Suécia: Malardalen University, 2009.

TYLAVSKY, D. J.; HE, Q.; MCCULA, G. A. e HUNT, J. R. **Transformer Top-oil Temperature Modeling and Simulation**. Artigo Científico. IEEE Transaction on Industry Applications, vol. 36, no. 5, 2000.

TYLAVSKY, D. J.; XIAOLIN, M. e MCCULA, G. A. **Transformer Thermal Modeling: Improving Reliability Using Data Quality Control**. Artigo Científico (IEEE Members). Tempe, Arizona, USA: Arizona State University, 2005.

VASCONCELLOS, V; (Co-autores) ALVES, M. E. G. e MOURA, G. A. **Especificação de Sistemas de Monitoramento On-line para Transformadores de Potência Baseada em Arquitetura Descentralizada**. Artigo Científico. Mar del Plata, Argentina: CLADE 2008 – Congreso Latinoamericano de Distribucion Electrica, 2008.

VILATHONG, R.; TENBOHLEN, S. e STIRL, T. **Investigation of Different Top-oil Temperature Models On-line Monitoring System of Power Transformer**. Artigo Científico. Stuttgart, Alemanha: Institute of Power Transmission and High Voltage Technology, University of Stuttgart, 2006.

WEISBERG, S. **Applied Linear Regression**. New York, USA: Ed. John Wiley & Sons, 1985.

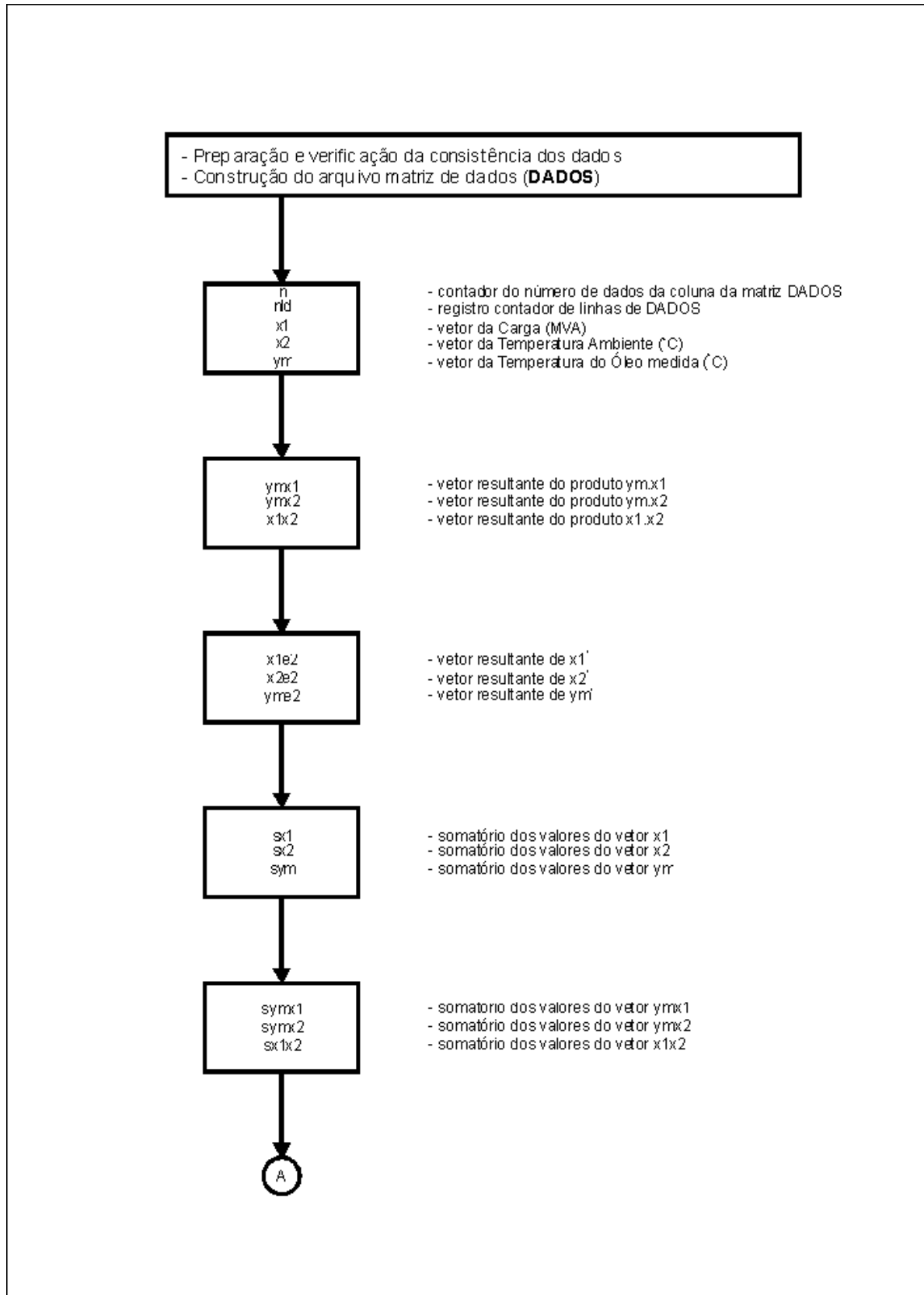
XUN, L. **Physical Systems for the Active Control of Transformer Noise**. Tese. Adelaide, Austrália: Department of Mechanical Engineering, University of Adelaide, 2000.

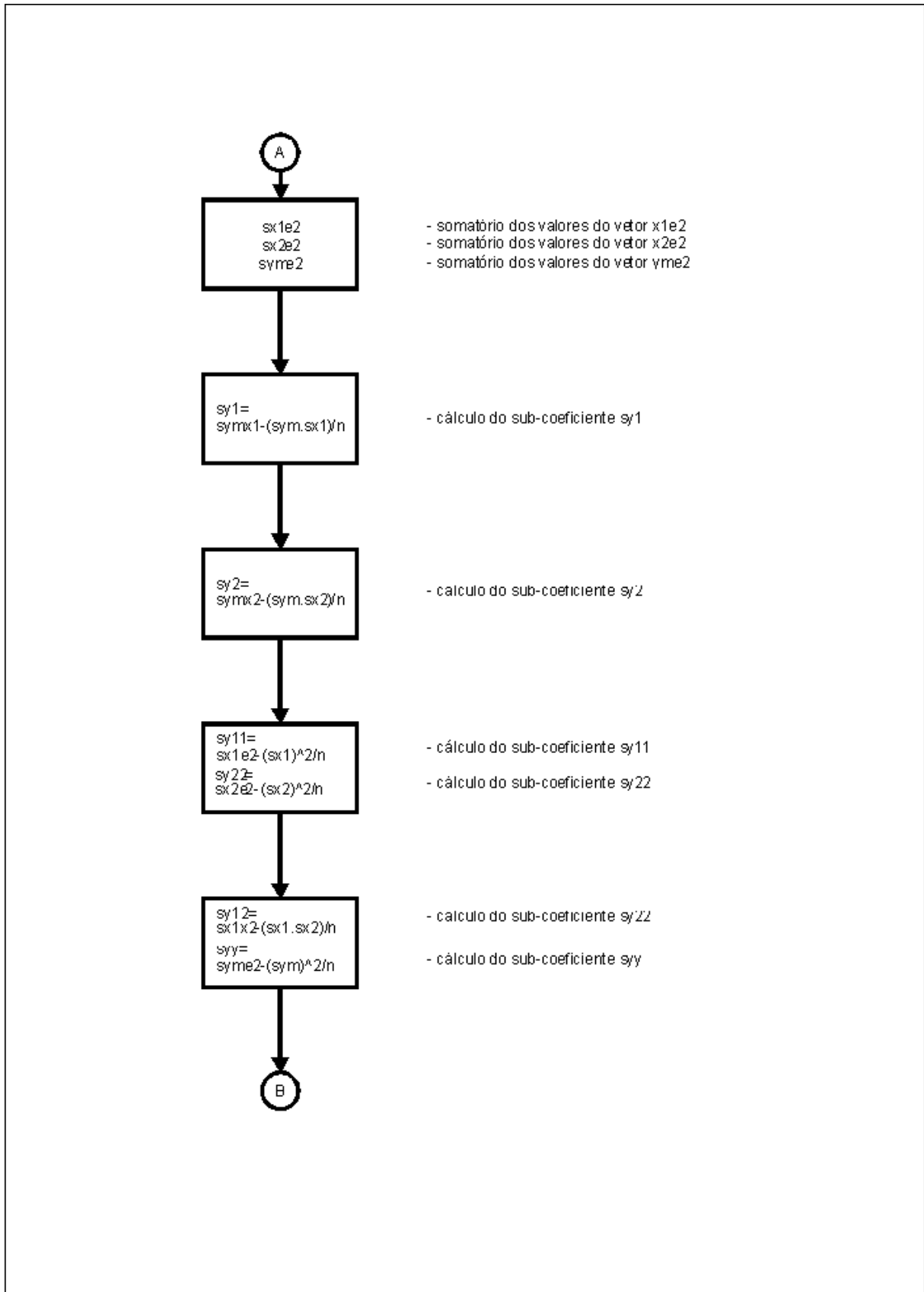
ANEXO 1

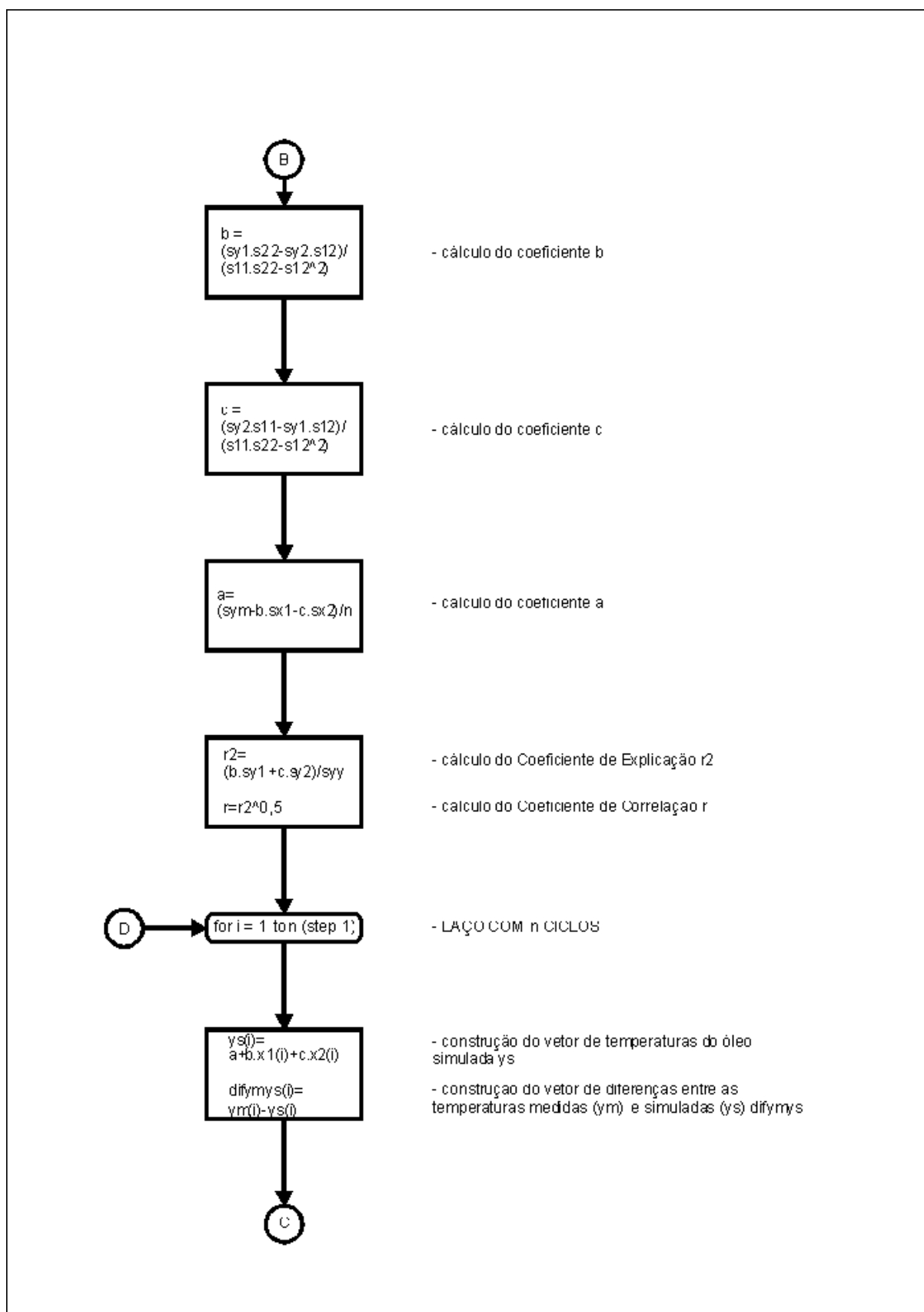
ALGORITMO DAS ROTINAS COMPUTACIONAIS

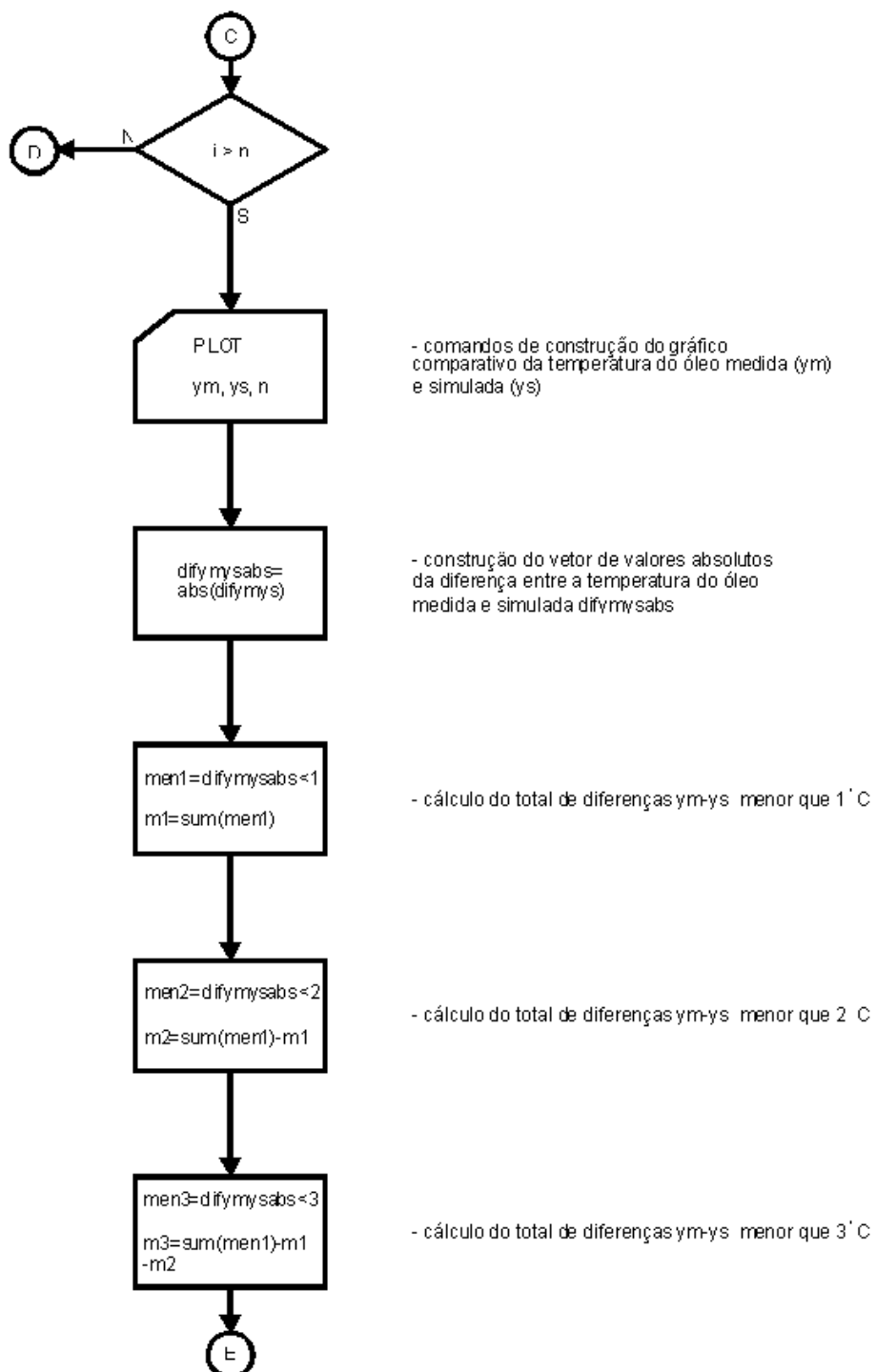
simul.m e simulit.m

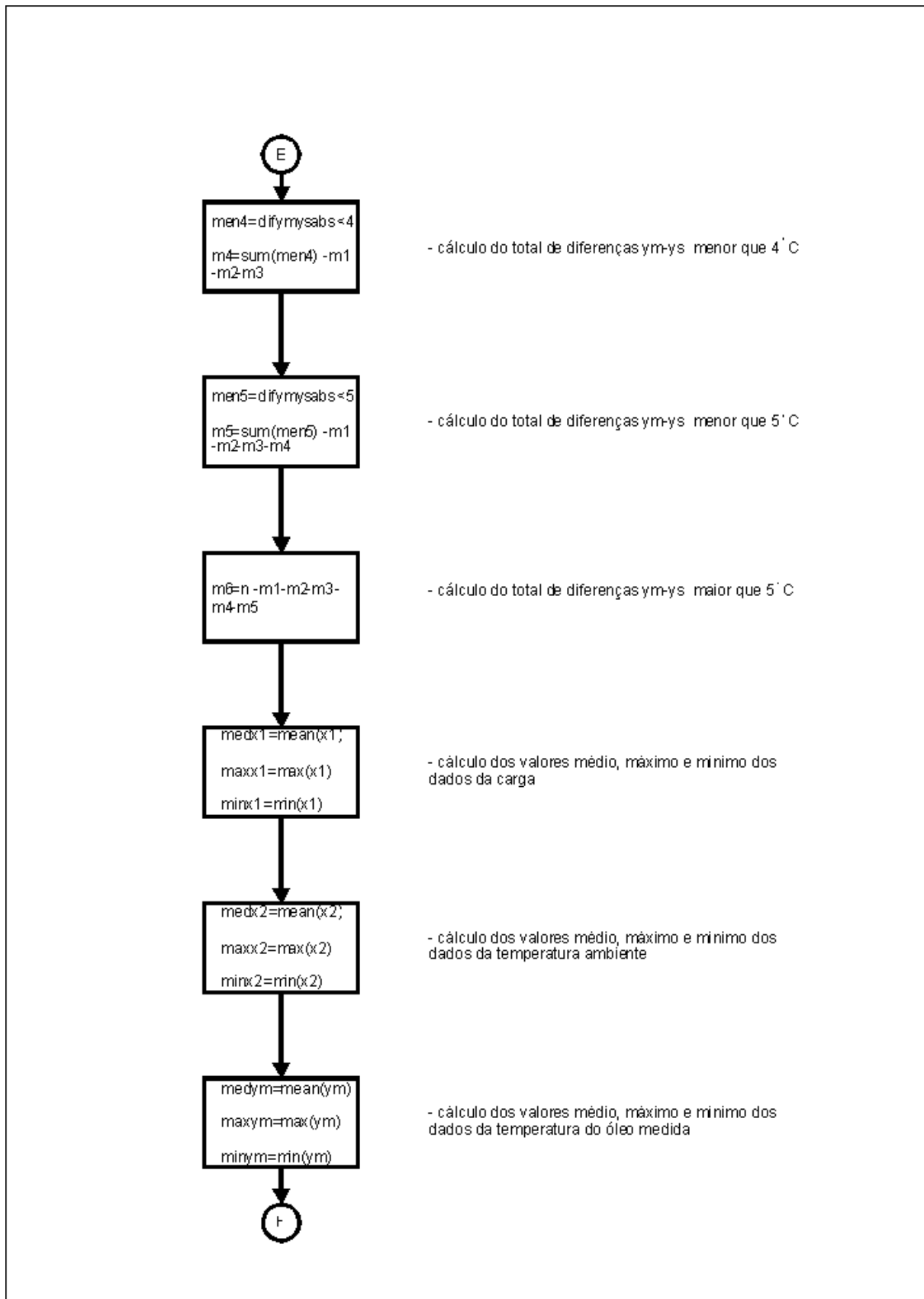
Algoritmo para rotina de simulação da temperatura do óleo e da imagem térmica

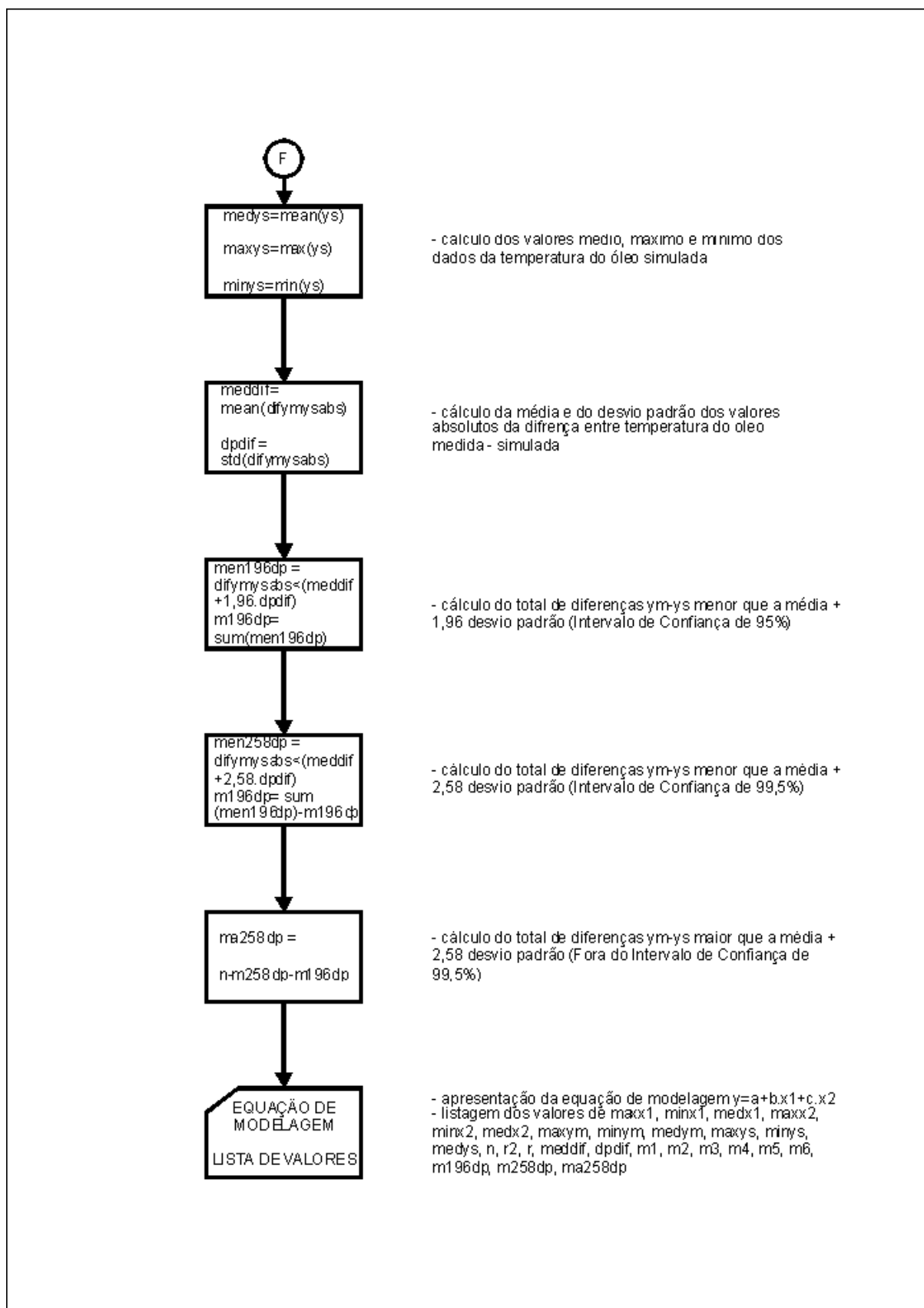












ANEXO 2

LISTAGEM DAS ROTINAS COMPUTACIONAIS DESENVOLVIDAS

NO MATLAB 6.5

%ROTINA simul.m

% PROGRAMA DE SIMULACAO DA TEMPERATURA DO OLEO EM FUNCAO DAS MEDICOES DA
% CARGA, DA TEMPERATURA AMBIENTE E DA TEMPERATURA DO OLEO

format short g

```
n=length(DADOS); %numero de registros por coluna
nld=DADOS(1:n,1); %contador de linhas de dados
x1=DADOS(1:n,2); %vetor da potencia em MVA
x2=DADOS(1:n,3); %vetor da temperatura do ambiente extreno em grau C
ym=DADOS(1:n,4); %vetor da temperatura do oleo em grau C
for i=1:n
    ymx1(i)=ym(i)*x1(i); % vetor produto de ym por x1
    ymx2(i)=ym(i)*x2(i); % vetor produto de ym por x2
    x1x2(i)=x1(i)*x2(i); % vetor produto de x1 por x2
    x1e2(i)=x1(i)*x1(i); % vetor x1 ao quadrado
    x2e2(i)=x2(i)*x2(i); % vetor x2 ao quadrado
    yme2(i)=ym(i)*ym(i); % vetor ym ao quadrado
end
ymx1;
ymx2;
x1x2;
x1e2;
x2e2;
yme2;
sx1=sum(x1); %somatorio do vetor x1
sx2=sum(x2); %somatorio do vetor x2
sym=sum(ym); %somatorio do vetor ym
symx1=sum(ymx1); %somatorio do produto do vetor ym pelo vetor x1
symx2=sum(ymx2); %somatorio do produto do vetor ym pelo vetor x2
sx1e2=sum(x1e2); %somatorio do quadrado do vetor x1
sx2e2=sum(x2e2); %somatorio do quadrado do vetor x2
syme2=sum(yme2); %somatorio do quadrado do vetor ym
sx1x2=sum(x1x2); %somatorio do produto do vetor x1 pelo vetor x2

sy1=symx1-(sym*sx1)/n; %subcoeficiente Sy1
sy2=symx2-(sym*sx2)/n; %subcoeficiente Sy2
s11=sx1e2-(sx1)^2/n; %subcoeficiente S11
s12=sx1x2-(sx1*sx2)/n; %subcoeficiente S12
s22=sx2e2-(sx2)^2/n; %subcoeficiente S22
syy=syme2-(sym)^2/n; %subcoeficiente Syy

b=(sy1*s22-sy2*s12)/(s11*s22-s12^2); %Coeficiente B
c=(sy2*s11-sy1*s12)/(s11*s22-s12^2); %Coeficiente C
a=(sym-b*sx1-c*sx2)/n; %Coeficiente A
r2=(b*sy1+c*sy2)/syy; %Coeficiente de Explicacao
r=r2^0.5; %Coeficiente de Correlacao

for i=1:n
    ys(i)=a+b*x1(i)+c*x2(i); %Vetor de temperaturas do oleo simulada
    difymys(i)=ym(i)-ys(i); %Vetor da diferenca entre a temperatura do oleo medida-simulada
    dif(i)=ym(i)-ys(i);
end
plot(nld,ym,'k',nld,ys,'r')
xlabel('dados')
ylabel('Temperatura do Oleo - grau C')
grid
```

```

title('Grafico comparativo da temperatura do oleo medida e simulada em funcao da carga e da
temperatura do ambiente externo')
legend('temperatura do oleo medida','temperatura do oleo simulada')
difymys;
difymysabs=abs(difymys); %Vetor da diferenca em valores absolutos entre a temp. oleo medida-
simulada

men1=difymysabs<1;
m1=sum(men1); % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor que 1
grau C
men2=difymysabs<2;
m2=sum(men2)-m1; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor que 2
grau C
men3=difymysabs<3;
m3=sum(men3)-m1-m2; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor que
3 grau C
men4=difymysabs<4;
m4=sum(men4)-m1-m2-m3; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor
que 4 grau C
men5=difymysabs<5;
m5=sum(men5)-m1-m2-m3-m4; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor
que 5 grau C
m6=n-m5-m4-m3-m2-m1; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada maior
que 5 grau C

medx1=mean(x1); %Media dos valores da carga em MVA
maxx1=max(x1); %Maximo valor da carga em MVA
minx1=min(x1); %Minimo valor da carga em MVA
medx2=mean(x2); %Media dos valores da temperatura ambiente em grau C
maxx2=max(x2); %Maximo valor da temperatura ambiente em grau C
minx2=min(x2); %Minimo valor daa temperatura ambiente em grau C
medym=mean(ym); %Media dos valores da temperatura do oleo medida em grau C
maxym=max(ym); %Maximo valor da temperatura do oleo medida em grau C
minym=min(ym); %Minimo valor daa temperatura do oleo medida em grau C
medys=mean(ys); %Media dos valores da temperatura do oleo simulada em grau C
maxys=max(ys); %Maximo valor da temperatura do oleo simulada em grau C
minys=min(ys); %Minimo valor daa temperatura do oleo simulada em grau C
meddif=mean(difymysabs); %Media da diferenca em valores absolutos entre a temp. oleo medida-
simulada
dpdif=std(difymysabs); %Desvio Padrao da diferenca em valores absolutos entre a temp. oleo
medida-simulada
maxdif=max(difymys); %Maximo valor positivo da diferenca em valores absolutos entre a temp.
oleo medida-simulada
mindif=min(difymys); %Maximo valor negativo da diferenca em valores absolutos entre a temp.
oleo medida-simulada
medabs=difymysabs<meddif;
mmedabs=sum(medabs);
men196dp=difymysabs<(meddif+1.96*dpdif);
m196dp=sum(men196dp)-mmedabs; % total das diferencas menor que a media + 1,96
Desvio Padrao
men258dp=difymysabs<(meddif+2.58*dpdif);
m258dp=sum(men258dp)-m196dp-mmedabs; % total das diferencas menor que a media +
2,58 Desvio Padrao
ma258dp=n-m258dp-m196dp-mmedabs; % total das diferencas maior que a media +
2,58 Desvio Padrao

```

```

carga=['COMPORTAMENTO DA CARGA (MVA) - MAX = ' num2str(maxx1) ' MIN = ' num2str(minx1) '
MEDIA = ' num2str(medx1) ];
tambi=['COMPORTAMENTO DA TEMP. AMB. (oC) - MAX = ' num2str(maxx2) ' MIN = '
num2str(minx2) ' MEDIA = ' num2str(medx2) ];
tolme=['COMPORTAMENTO DA TEMP. OLEO MEDIDA(oC) - MAX = ' num2str(maxym) ' MIN = '
num2str(minym) ' MEDIA = ' num2str(medym) ];
tolsi=['COMPORTAMENTO DA TEMP. OLEO SIMULADA(oC) - MAX = ' num2str(maxys) ' MIN = '
num2str(minys) ' MEDIA = ' num2str(medys) ];

```

%DADOS DE SAIDA DO SIMULADOR

```

valores1=['dados=' num2str(n) ' Coef. Explic.=' num2str(r2) ' Coef. Correl.=' num2str(r)];
valores2=['Media Dif.Abs=' num2str(meddif) '(oC) Desvio Padrao=' num2str(dpdif) '(oC)'];
valores3a=['Comparativo da Diferenca em grau C entre a Temperatura do Oleo Medida - Simulada -
resultados:'];
valores3b=['menor 1=' num2str(m1) ' menor 2=' num2str(m2) ' menor 3=' num2str(m3) ' menor 4='
num2str(m4) ' menor 5=' num2str(m5) ' maior5 = ' num2str(m6)];
valores4=['RESULTADOS OBTIDOS ATE A MEDIA DAS DIFERENCAS=' num2str(mmedabs)];
valores4a=['RESULTADOS OBTIDOS NO INTERVALO DE CONFIANCA DE 96%(Med+1,96DP)='
num2str(m196dp)];
valores4b=['RESULTADOS OBTIDOS NO INTERVALO DE CONFIANCA DE 99%(Med+2,58DP)='
num2str(m258dp)];
valores4c=['RESULTADOS OBTIDOS FORA DO INTERVALO DE CONFIANCA DE 99%='
num2str(ma258dp)];
equacao=['EQUACAO DE MODELAGEM Temp.Oleo(oC) = (' num2str(a) ') + (' num2str(b)
').Carga(MVA) + (' num2str(c) ').Temp.Ambiente(oC)'];

```

```

co=1;
for ii=1:n
    if dif(ii)<0
        difneg(co)=dif(ii);
        co=co+1;
    end
end
co=1;
for ii=1:n
    if dif(ii)>=0
        difpos(co)=dif(ii);
        co=co+1;
    end
end
difneg;
medifneg=mean(difneg);
dpdifneg=std(difneg);
neg=length(difneg);
difpos;
medifpos=mean(difpos);
dpdifpos=std(difpos);
pos=length(difpos);
valores5=['RESUMO DAS DIFERENCAS ENTRE A TEMPERATURA DO OLEO MEDIDA MENOS
SIMULADA'];
valores6=['dif.negativas=' num2str(neg) ' Media dif. negativas=' num2str(medifneg) ' Desvio Padrao
dif. negativas=' num2str(dpdifneg)];
valores7=['dif.positivas=' num2str(pos) ' Media dif. positivas=' num2str(medifpos) ' Desvio Padrao dif.
positivas=' num2str(dpdifpos)];
valores8=['RESUMO DAS DIFERENCAS ENTRE A TEMPERATURA DO OLEO MEDIDA MENOS
SIMULADA EM VALORES ABSOLUTOS'];
lb=[' '];
disp(equacao)

```

```
disp(lb)
disp(valores1)
disp(lb)
disp(valores5)
disp(valores6)
disp(valores7)
disp(lb)
disp(valores8)
disp(valores2)
disp(valores3a)
disp(valores3b)
disp(valores4)
disp(valores4a)
disp(valores4b)
disp(valores4c)
disp(lb)
disp(carga)
disp(tambi)
disp(tolme)
disp(tolsi)
```

%ROTINA simulit.m

% PROGRAMA DE SIMULACAO DA TEMPERATURA DA IMAGEM TERMICA EM FUNCAO DAS MEDICOES DA

% CARGA, DA TEMPERATURA AMBIENTE E DA TEMPERATURA DA IMAGEM TERMICA
format short g

```

n=length(DADOS); %numero de registros por coluna
nld=DADOS(1:n,1); %contador de linhas de dados
x1=DADOS(1:n,2); %vetor da potencia em MVA
x2=DADOS(1:n,3); %vetor da temperatura do ambiente extremo em grau C
ym=DADOS(1:n,4); %vetor da temperatura da Imagem Termica (IT) em grau C
for i=1:n
    ymx1(i)=ym(i)*x1(i); % vetor produto de ym por x1
    ymx2(i)=ym(i)*x2(i); % vetor produto de ym por x2
    x1x2(i)=x1(i)*x2(i); % vetor produto de x1 por x2
    x1e2(i)=x1(i)*x1(i); % vetor x1 ao quadrado
    x2e2(i)=x2(i)*x2(i); % vetor x2 ao quadrado
    yme2(i)=ym(i)*ym(i); % vetor ym ao quadrado
end
ymx1;
ymx2;
x1x2;
x1e2;
x2e2;
yme2;
sx1=sum(x1); %somatorio do vetor x1
sx2=sum(x2); %somatorio do vetor x2
sym=sum(ym); %somatorio do vetor ym
symx1=sum(ymx1); %somatorio do produto do vetor ym pelo vetor x1
symx2=sum(ymx2); %somatorio do produto do vetor ym pelo vetor x2
sx1e2=sum(x1e2); %somatorio do quadrado do vetor x1
sx2e2=sum(x2e2); %somatorio do quadrado do vetor x2
syme2=sum(yme2); %somatorio do quadrado do vetor ym
sx1x2=sum(x1x2); %somatorio do produto do vetor x1 pelo vetor x2

sy1=symx1-(sym*sx1)/n; %subcoeficiente Sy1
sy2=symx2-(sym*sx2)/n; %subcoeficiente Sy2
s11=sx1e2-(sx1)^2/n; %subcoeficiente S11
s12=sx1x2-(sx1*sx2)/n; %subcoeficiente S12
s22=sx2e2-(sx2)^2/n; %subcoeficiente S22
syy=syme2-(sym)^2/n; %subcoeficiente Syy

b=(sy1*s22-sy2*s12)/(s11*s22-s12^2); %Coeficiente B
c=(sy2*s11-sy1*s12)/(s11*s22-s12^2); %Coeficiente C
a=(sym-b*sx1-c*sx2)/n; %Coeficiente A
r2=(b*sy1+c*sy2)/syy; %Coeficiente de Explicacao
r=r2^0.5; %Coeficiente de Correlacao

for i=1:n
    ys(i)=a+b*x1(i)+c*x2(i); %Vetor de temperaturas da IT simulada
    difmys(i)=ym(i)-ys(i); %Vetor da diferenca entre a temperatura da IT medida-simulada
    dif(i)=ym(i)-ys(i);
end
plot(nld,ym,'k',nld,ys,'g')
xlabel('dados')
ylabel('Temperatura da imagem termica - grau C')
grid

```

```

title('Comparacao da temperatura da imagem termica medida e simulada em funcao da carga e da
temperatura do ambiente externo')
legend('temper.imagem termica medida','temper.imagem termica simulada')
difymys;
difymysabs=abs(difymys); %Vetor da diferenca em valores absolutos entre a IT medida-simulada

men1=difymysabs<1;
m1=sum(men1); % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor que 1
grau C
men2=difymysabs<2;
m2=sum(men2)-m1; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor que 2
grau C
men3=difymysabs<3;
m3=sum(men3)-m1-m2; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor que
3 grau C
men4=difymysabs<4;
m4=sum(men4)-m1-m2-m3; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor
que 4 grau C
men5=difymysabs<5;
m5=sum(men5)-m1-m2-m3-m4; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor
que 5 grau C
m6=n-m5-m4-m3-m2-m1; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada maior
que 5 grau C

medx1=mean(x1); %Media dos valores da carga em MVA
maxx1=max(x1); %Maximo valor da carga em MVA
minx1=min(x1); %Minimo valor da carga em MVA
medx2=mean(x2); %Media dos valores da temperatura ambiente em grau C
maxx2=max(x2); %Maximo valor da temperatura ambiente em grau C
minx2=min(x2); %Minimo valor daa temperatura ambiente em grau C
medym=mean(ym); %Media dos valores da temperatura da IT medida em grau C
maxym=max(ym); %Maximo valor da temperatura da IT medida em grau C
minym=min(ym); %Minimo valor da IT medida em grau C
medys=mean(ys); %Media dos valores da temperatura da IT simulada em grau C
maxys=max(ys); %Maximo valor da temperatura da IT em grau C
minys=min(ys); %Minimo valor daa temperatura da IT em grau C
meddif=mean(difymysabs); %Media da diferenca em valores absolutos entre a temp. IT medida-
simulada
dpdif=std(difymysabs); %Desvio Padrao da diferenca em valores absolutos entre a temp. IT
medida-simulada
maxdif=max(difymys); %Maximo valor positivo da diferenca em valores absolutos entre a temp.
IT medida-simulada
mindif=min(difymys); %Maximo valor negativo da diferenca em valores absolutos entre a temp.
IT medida-simulada
medabs=difymysabs<meddif;
mmedabs=sum(medabs);
men196dp=difymysabs<(meddif+1.96*dpdif);
m196dp=sum(men196dp)-mmedabs; % total das diferencas menor que a media + 1,96
Desvio Padrao
men258dp=difymysabs<(meddif+2.58*dpdif);
m258dp=sum(men258dp)-m196dp-mmedabs; % total das diferencas menor que a media +
2,58 Desvio Padrao
ma258dp=n-m258dp-m196dp-mmedabs; % total das diferencas maior que a media +
2,58 Desvio Padrao

carga=['COMPORTAMENTO DA CARGA (MVA) - MAX = ' num2str(maxx1) ' MIN = ' num2str(minx1) '
MEDIA = ' num2str(medx1) ];

```



```
tambi=['COMPORTAMENTO DA TEMP. AMB. (oC) - MAX = ' num2str(maxx2) ' MIN = '
num2str(minx2) ' MEDIA = ' num2str(medx2) ];
tolme=['COMPORTAMENTO DA TEMP. DA IMAGEM TERMICA MEDIDA(oC) - MAX = '
num2str(maxym) ' MIN = ' num2str(minym) ' MEDIA = ' num2str(medym) ];
tolsi=['COMPORTAMENTO DA TEMP. DA IMAGEM TERMICA(oC) - MAX = ' num2str(maxys) ' MIN
= ' num2str(minys) ' MEDIA = ' num2str(medys) ];
```

%DADOS DE SAIDA DO SIMULADOR

```
valores1=['dados=' num2str(n) ' Coef. Explic.=' num2str(r2) ' Coef. Correl.=' num2str(r)];
valores2=[' Media Dif.Abs=' num2str(meddif) '(oC) Desvio Padrao=' num2str(dpdif) '(oC)'];
valores3a=['Comparativo da Diferenca em grau C entre a Temperatura da Imgem Termica Medida -
Simulada - resultados:'];
valores3b=['menor 1=' num2str(m1) ' menor 2=' num2str(m2) ' menor 3=' num2str(m3) ' menor 4='
num2str(m4) ' menor 5=' num2str(m5) ' maior5 = ' num2str(m6)];
valores4=['RESULTADOS OBTIDOS ATE A MEDIA DAS DIFERENCAS=' num2str(mmedabs)];
valores4a=['RESULTADOS OBTIDOS NO INTERVALO DE CONFIANCA DE 96%(Med+1,96DP)='
num2str(m196dp)];
valores4b=['RESULTADOS OBTIDOS NO INTERVALO DE CONFIANCA DE 99%(Med+2,58DP)='
num2str(m258dp)];
valores4c=['RESULTADOS OBTIDOS FORA DO INTERVALO DE CONFIANCA DE 99%='
num2str(ma258dp)];
equacao=['EQUACAO DE MODELAGEM Temp.IT(oC) = ( ' num2str(a) ') + ( ' num2str(b)
').Carga(MVA) + ( ' num2str(c) ').Temp.Ambiente(oC)'];
```

```
co=1;
for ii=1:n
    if dif(ii)<0
        difneg(co)=dif(ii);
        co=co+1;
    end
end
co=1;
for ii=1:n
    if dif(ii)>=0
        difpos(co)=dif(ii);
        co=co+1;
    end
end
difneg;
medifneg=mean(difneg);
dpdifneg=std(difneg);
neg=length(difneg);
difpos;
medifpos=mean(difpos);
dpdifpos=std(difpos);
pos=length(difpos);
valores5=['RESUMO DAS DIFERENCAS ENTRE A TEMPERATURA DA IT MEDIDA MENOS
SIMULADA'];
valores6=['dif.negativas=' num2str(neg) ' Media dif. negativas=' num2str(medifneg) ' Desvio Padrao
dif. negativas=' num2str(dpdifneg)];
valores7=['dif.positivas=' num2str(pos) ' Media dif. positivas=' num2str(medifpos) ' Desvio Padrao dif.
positivas=' num2str(dpdifpos)];
valores8=['RESUMO DAS DIFERENCAS ENTRE A TEMPERATURA DA IT MENOS SIMULADA EM
VALORES ABSOLUTOS'];
lb=[' '];
disp(equacao)
disp(lb)
disp(valores1)
```

```
disp(lb)
disp(valores5)
disp(valores6)
disp(valores7)
disp(lb)
disp(valores8)
disp(valores2)
disp(valores3a)
disp(valores3b)
disp(valores4)
disp(valores4a)
disp(valores4b)
disp(valores4c)
disp(lb)
disp(carga)
disp(tambi)
disp(tolme)
disp(tolsi)
```

%ROTINA ordenada.m

```
% PROGRAMA DE ORDENACAO DO VETOR DE TEMPERATURAS MEDIDAS PARA
DEMONSTRACAO DA
% DISPERSAO DA TEMEPRATURA SIMULADA

for s=1:n
    A(s,1)=ym(s);
    A(s,2)=ys(s);
end
A;
B=sortrows(A);
B;
for s=1:n
    ymcresc(s)=B(s,1);
    ysinst(s)=B(s,2);
end
plot(nld,ysinst,'r',nld,ymcresc,'k')
xlabel('dados')
ylabel('temperaturas do oleo simulada e medida - grau C')
grid
legend('temperaturas simuladas','temperaturas medidas')
title('Dispersao da temperatura do oleo simulada comparativamente a temperatura do oleo medida e
ordenada na forma crescente')
```

%ROTINA comparacao.m

```
% PROGRAMA DE COMPARACAO DO VETOR DE TEMPERATURAS MEDIDAS E SIMULADAS  
PARA VERIFICACAO DA  
% APROXIMACAO DAS CURVAS
```

```
for s=1:n  
    A(s,1)=ym(s);  
    A(s,2)=ys(s);  
end  
A;  
B=sortrows(A);  
B;  
for s=1:n  
    ymcresc(s)=B(s,1);  
    ysinst(s)=B(s,2);  
end  
plot(nld,ysinst,'r',nld,ymcresc,'k')  
xlabel('dados')  
ylabel('temperaturas do oleo simulada e medida - grau C')  
grid  
legend('temperaturas simuladas','temperaturas medidas')  
title('Dispersao da temperatura do oleo simulada comparativamente a temperatura do oleo medida e  
ordenada na forma crescente')
```

```
ymcresc=sort(ym);  
yscresc=sort(ys);  
plot(nld,ymcresc,'k',nld,yscresc,'r')  
xlabel('dados')  
ylabel('temperaturas do oleo medida e simulada - grau C')  
grid  
legend('temperaturas medidas','temperaturas simuladas')  
title('Comparacao das temperaturas do oleo medida e simulada ordenadas de forma crescente')
```

%ROTINA abaco.m

% PROGRAMA DE CONSTRUÇÃO DO ABACO PARA SIMULACAO

%Construcao do Abaco

ta(1)=0;

potnom=input('Digite a potencia nominal do transformador em MVA = ')

for cont=2:13

 ta(cont)=ta(cont-1)+5;

end

for w=1:13

 p55(w)=(55-a-c*ta(w))/b;

 p60(w)=(60-a-c*ta(w))/b;

 p65(w)=(65-a-c*ta(w))/b;

 p70(w)=(70-a-c*ta(w))/b;

 p75(w)=(75-a-c*ta(w))/b;

 p80(w)=(80-a-c*ta(w))/b;

 pn(w)=potnom;

end

plot(ta,p55,'b',ta,p60,'y',ta,p65,'r',ta,p70,'m',ta,p75,'g',ta,p80,'c',ta,pn,'k')

xlabel('temperatura externa - grau C')

ylabel('potencia em MVA')

legend('temp. oleo 55 oC','temp. oleo 60 oC','temp. oleo 65 oC','temp. oleo 70 oC','temp. oleo 75 oC','temp. oleo 80 oC','Potencia nominal do Transformador')

grid

%ROTINA media60.m

% PROGRAMA DE CALCULO DAS MEDIAS DE MEDICOES DO PERIODO DE 60 MINUTOS A
% PARTIR DE DADOS DE MEDICAO A CADA MINUTO

```
ult=length(DADOS)
format short g
n=1;
nn=1;
cc=1;
ff=60;
for ci=1:60:ult
    Pmed=0; Tamed=0; Tomed=0;
    for c=cc:ff
        Pmed=Pmed+DADOS(c,2);
        Tamed=Tamed+DADOS(c,3);
        Tomed=Tomed+DADOS(c,4);
        n=n+1;
    end
    Pmed=Pmed/60;
    Tamed=Tamed/60;
    Tomed=Tomed/60;
    Dmed(nn,1)=n;
    Dmed(nn,2)=Pmed;
    Dmed(nn,3)=Tamed;
    Dmed(nn,4)=Tomed;
    nn=nn+1;
    cc=cc+60;
    ff=ff+60;
end
DADOS=Dmed;
```

%ROTINA media15.m

% PROGRAMA DE CALCULO DAS MEDIAS DE MEDICOES DO PERIODO DE 15 MINUTOS A
% PARTIR DE DADOS DE MEDICAO A CADA MINUTO

```
format short g
ult=length(DADOS)
n=1;
nn=1;
cc=1;
ff=15;
for ci=1:15:ult
    Pmed=0; Tamed=0; Tomed=0;
    for c=cc:ff
        Pmed=Pmed+DADOS(c,2);
        Tamed=Tamed+DADOS(c,3);
        Tomed=Tomed+DADOS(c,4);
        n=n+1;
    end
    Pmed=Pmed/15;
    Tamed=Tamed/15;
    Tomed=Tomed/15;
    Dmed(nn,1)=n;
    Dmed(nn,2)=Pmed;
    Dmed(nn,3)=Tamed;
    Dmed(nn,4)=Tomed;
    nn=nn+1;
    cc=cc+15;
    ff=ff+15;
end

DADOS=Dmed;
```

%ROTINA estimadorpotencia.m

```
% ROTINA DE INVERSAO DE VARIAVEIS
% DETERMINACAO DOS LIMITES DE POTENCIA EM MVA
ch1=('SIMULACAO DO LIMITE DE POTENCIA (EM MVA) A PARTIR DA ESTIMATIVA DA
TEMPERATURA DO OLEO E DO AMBIENTE EXTERNO');
VAZ=(' ');
disp(ch1)
disp(VAZ)
TOEST=input('Digite o valor estimado (em grau C) para a temperatura do oleo = ')
disp(VAZ)
TAEST=input('Digite o valor estimado (em grau C) para a temperatura ambiente = ')
disp(VAZ)
PCalc=(TOEST-a-c*TAEST)/b;
res=['A potencia simulada e ' num2str(PCalc) ' MVA'];
disp(res)
```


%ROTINA estimadortempambiente.m

```
% ROTINA DE INVERSAO DE VARIAVEIS
```

```
% DETERMINACAO DOS LIMITES DE TEMPERATURA AMBIENTE EM oC
```

```
ch1=('SIMULACAO DO LIMITE DE TEMPERATURA AMBIENTE (em graus C) A PARTIR DA  
ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO OLEO DA POTENCIA');
```

```
VAZ=(' ');
```

```
disp(ch1)
```

```
disp(VAZ)
```

```
TOEST=input('Digite o valor estimado para a temperatura do oleo (em grau C)? = ');
```

```
disp(VAZ)
```

```
POEST=input('Digite o valor estimado para a potencia (em MVA)? = ');
```

```
disp(VAZ)
```

```
TAlc=(TOEST-a-b*POEST)/c
```

```
res2=['A Temperatura ambiente maxima para as condicoes e ' num2str(TAlc) ' grau C'];
```

```
disp(res2)
```

%ROTINA ajuste.m

```

TEMP=[];
c=length(ys);

for i=1:c
    TEMP(i,1)=ym(i);
    TEMP(i,2)=ys(i);
end
cc1=0;cc2=0;cc3=0;cc4=0;cc5=0;cc6=0;cc7=0;cc8=0;
%T651=[];T601=[];T551=[];T501=[];T451=[];T401=[];T351=[];T341=[];
%T652=[];T602=[];T552=[];T502=[];T452=[];T402=[];T352=[];T342=[];
for i=1:c
    if TEMP(i,2)>=65
        cc1=cc1+1;
        T651(cc1)=TEMP(i,1);
        T652(cc1)=TEMP(i,2);
    elseif TEMP(i,2)>=60
        cc2=cc2+1;
        T601(cc2)=TEMP(i,1);
        T602(cc2)=TEMP(i,2);
    elseif TEMP(i,2)>=55
        cc3=cc3+1;
        T551(cc3)=TEMP(i,1);
        T552(cc3)=TEMP(i,2);
    elseif TEMP(i,2)>=50
        cc4=cc4+1;
        T501(cc4)=TEMP(i,1);
        T502(cc4)=TEMP(i,2);
    elseif TEMP(i,2)>=45
        cc5=cc5+1;
        T451(cc5)=TEMP(i,1);
        T452(cc5)=TEMP(i,2);
    elseif TEMP(i,2)>=40
        cc6=cc6+1;
        T401(cc6)=TEMP(i,1);
        T402(cc6)=TEMP(i,2);
    elseif TEMP(i,2)<40
        cc7=cc7+1;
        T391(cc7)=TEMP(i,1);
        T392(cc7)=TEMP(i,2);
    end
end
if cc1>1
    E11=[];E21=[];
    for i=1:cc1
        E11=T651(i)*T652(i);
        E21=T652(i)^2;
    end
    B65=(cc1*sum(E11)-sum(T651)*sum(T652))/(cc1*sum(E21)-(sum(T652)^2));
    A65=(sum(T651)-B65*sum(T652))/cc1;
else
    A65=0; B65=1;
end
if cc2>1
    E11=[];E21=[];
    for i=1:cc2

```

```

    E11=T601(i)*T602(i);
    E21=T602(i)^2;
end
B60=(cc2*sum(E11)-sum(T601)*sum(T602))/(cc2*sum(E21)-(sum(T602)^2));
A60=(sum(T601)-B60*sum(T602))/cc2;
else
    A60=0; B60=1;
end
if cc3>1
    E11=[];E21=[];
    for i=1:cc3
        E11=T551(i)*T552(i);
        E21=T552(i)^2;
    end
    B55=(cc3*sum(E11)-sum(T551)*sum(T552))/(cc3*sum(E21)-(sum(T552)^2));
    A55=(sum(T551)-B55*sum(T552))/cc3;
else
    A55=0; B55=1;
end
if cc4>1
    E11=[];E21=[];
    for i=1:cc4
        E11=T501(i)*T502(i);
        E21=T502(i)^2;
    end
    B50=(cc4*sum(E11)-sum(T501)*sum(T502))/(cc4*sum(E21)-(sum(T502)^2));
    A50=(sum(T501)-B50*sum(T502))/cc4;
else
    A50=0; B50=1;
end
if cc5>1
    E11=[];E21=[];
    for i=1:cc5
        E11=T451(i)*T452(i);
        E21=T452(i)^2;
    end
    B45=(cc5*sum(E11)-sum(T451)*sum(T452))/(cc5*sum(E21)-(sum(T452)^2));
    A45=(sum(T451)-B45*sum(T452))/cc5;
else
    A45=0; B45=1;
end
if cc6>1
    E11=[];E21=[];
    for i=1:cc6
        E11=T401(i)*T402(i);
        E21=T402(i)^2;
    end
    B40=(cc6*sum(E11)-sum(T401)*sum(T402))/(cc6*sum(E21)-(sum(T402)^2));
    A40=(sum(T401)-B40*sum(T402))/cc6;
else
    A40=0; B40=1;
end
if cc7>1
    E11=[];E21=[];
    for i=1:cc7
        E11=T391(i)*T392(i);
        E21=T392(i)^2;
    end
end

```

```

    B39=(cc7*sum(E11)-sum(T391)*sum(T392))/(cc7*sum(E21)-(sum(T392)^2));
    A39=(sum(T391)-B39*sum(T392))/cc7;
else
    A39=0; B39=1;
end

ys2=[ ];
for i=1:c
    if ys(i)>=65
        ys2(i)=A65+B65*ys(i);
    elseif ys(i)>=60
        ys2(i)=A60+B60*ys(i);
    elseif ys(i)>=55
        ys2(i)=A55+B55*ys(i);
    elseif ys(i)>=50
        ys2(i)=A50+B50*ys(i);
    elseif ys(i)>=45
        ys2(i)=A45+B45*ys(i);
    elseif ys(i)>=40
        ys2(i)=A40+B40*ys(i);
    elseif ys(i)<40
        ys2(i)=A39+B39*ys(i);
    end
end
plot(nld,ym,'k',nld,ys,'r',nld,ys2,'c')
xlabel('dados')
ylabel('Temperatura do Óleo - grau C')
grid
title('Gráfico comparativo das temperaturas do óleo medidas e simuladas')
legend('temperatura do óleo medida','temperatura do óleo simulada','temperatura do óleo simulada com ajuste')

```

%ROTINA separa.m

```
format short g
```

```
n=length(DADOS); %numero de registros por columna
```

```
nnn=0;DADOS2=[ ];
```

```
for i=1:n
```

```
    if DADOS(i,3)>=20
```

```
        nnn=nnn+1;
```

```
        DADOS2(nnn,1)=DADOS(i,1);
```

```
        DADOS2(nnn,2)=DADOS(i,2);
```

```
        DADOS2(nnn,3)=DADOS(i,3);
```

```
        DADOS2(nnn,4)=DADOS(i,4);
```

```
    end
```

```
end
```

```
DADOS=DADOS2
```

%ROTINA simulmet.m

```
% PROGRAMA DE SIMULACAO DA TEMPERATURA DO OLEO EM FUNCAO DAS MEDICOES DA
% CARGA, DA TEMPERATURA AMBIENTE E DA TEMPERATURA DO OLEO
format short g
```

```
a=input('a= ')
b=input('b= ')
c=input('c= ')
n=length(DADOS); %numero de registros por coluna
nld=DADOS(1:n,1); %contador de linhas de dados
x1=DADOS(1:n,2); %vetor da potencia em MVA
x2=DADOS(1:n,3); %vetor da temperatura do ambiente externo em grau C
ym=DADOS(1:n,4); %vetor da temperatura do oleo em grau C

ys=[ ];

for i=1:n
    ys(i)=a+b*x1(i)+c*x2(i); %Vetor de temperaturas do oleo simulada
    difymys(i)=ym(i)-ys(i); %Vetor da diferenca entre a temperatura do oleo medida-simulada
    dif(i)=ym(i)-ys(i);
end
plot(nld,ym,'k',nld,ys,'m')
xlabel('dados')
ylabel('Temperatura do Óleo - grau C')
grid
title('Gráfico comparativo da temperatura do óleo medida e simulada em funcao da carga e da
temperatura do ambiente externo')
legend('temperatura do óleo medida','temperatura do óleo simulada')
difymys;
difymysabs=abs(difymys); %Vetor da diferenca em valores absolutos entre a temp. oleo medida-
simulada
mediamed=mean(ym)
mediasim=mean(ys)

men1=difymysabs<1;
m1=sum(men1); % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor que 1
grau C
men2=difymysabs<2;
m2=sum(men2)-m1; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor que 2
grau C
men3=difymysabs<3;
m3=sum(men3)-m1-m2; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor que
3 grau C
men4=difymysabs<4;
m4=sum(men4)-m1-m2-m3; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor
que 4 grau C
men5=difymysabs<5;
m5=sum(men5)-m1-m2-m3-m4; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada menor
que 5 grau C
m6=n-m5-m4-m3-m2-m1; % total das diferencas entre temperatura medida e simulada maior
que 5 grau C

medym=mean(ym); %Media dos valores da temperatura do oleo medida em grau C
maxym=max(ym); %Maximo valor da temperatura do oleo medida em grau C
```

```

minym=min(ym);           %Minimo valor daa temperatura do oleo medida em grau C
medys=mean(ys);         %Media dos valores da temperatura do oleo simulada em grau C
maxys=max(ys);          %Maximo valor da temperatura do oleo simulada em grau C
minys=min(ys);          %Minimo valor daa temperatura do oleo simulada em grau C
meddif=mean(difymysabs); %Media da diferenca em valores absolutos entre a temp. oleo medida-
simulada
dpdif=std(difymysabs);  %Desvio Padrao da diferenca em valores absolutos entre a temp. oleo
medida-simulada
maxdif=max(difymys);    %Maximo valor positivo da diferenca em valores absolutos entre a temp.
oleo medida-simulada
mindif=min(difymys);    %Maximo valor negativo da diferenca em valores absolutos entre a temp.
oleo medida-simulada
medabs=difymysabs<meddif;
mmedabs=sum(medabs);
men196dp=difymysabs<(meddif+1.96*dpdif);
m196dp=sum(men196dp)-mmedabs;           % total das diferencas menor que a media + 1,96
Desvio Padrao
men258dp=difymysabs<(meddif+2.58*dpdif);
m258dp=sum(men258dp)-m196dp-mmedabs;   % total das diferencas menor que a media +
2,58 Desvio Padrao
ma258dp=n-m258dp-m196dp-mmedabs;      % total das diferencas maior que a media +
2,58 Desvio Padrao

%DADOS DE SAIDA DO SIMULADOR
valores1=['dados=' num2str(n)];
valores2=[ 'Media Dif.Abs=' num2str(meddif) '(oC) Desvio Padrao=' num2str(dpdif) '(oC)'];
valores3a=['Comparativo da Diferenca em grau C entre a Temperatura do Oleo Medida - Simulada -
resultados:'];
valores3b=['menor 1=' num2str(m1) ' menor 2=' num2str(m2) ' menor 3=' num2str(m3) ' menor 4='
num2str(m4) ' menor 5=' num2str(m5) ' maior5 =' num2str(m6)];
valores4=['RESULTADOS OBTIDOS ATE A MEDIA DAS DIFERENCAS=' num2str(mmedabs)];
valores4a=['RESULTADOS OBTIDOS NO INTERVALO DE CONFIANCA DE 96%(Med+1,96DP)='
num2str(m196dp)];
valores4b=['RESULTADOS OBTIDOS NO INTERVALO DE CONFIANCA DE 99%(Med+2,58DP)='
num2str(m258dp)];
valores4c=['RESULTADOS OBTIDOS FORA DO INTERVALO DE CONFIANCA DE 99%='
num2str(ma258dp)];
equacao=['EQUACAO DE MODELAGEM Temp.Oleo(oC) = (' num2str(a) ') + (' num2str(b)
').Carga(MVA) + (' num2str(c) ').Temp.Ambiente(oC)'];

co=1;
for ii=1:n
    if dif(ii)<0
        difneg(co)=dif(ii);
        co=co+1;
    end
end
co=1;
for ii=1:n
    if dif(ii)>=0
        difpos(co)=dif(ii);
        co=co+1;
    end
end
difneg;
medifneg=mean(difneg);
dpdifneg=std(difneg);

```

```
neg=length(difneg);
difpos;
medifpos=mean(difpos);
dpdifpos=std(difpos);
pos=length(difpos);
valores5=['RESUMO DAS DIFERENCAS ENTRE A TEMPERATURA DO OLEO MEDIDA MENOS
SIMULADA'];
valores6=['dif.negativas=' num2str(neg) ' Media dif. negativas=' num2str(medifneg) ' Desvio Padrao
dif. negativas=' num2str(dpdifneg)];
valores7=['dif.positivas=' num2str(pos) ' Media dif. positivas=' num2str(medifpos) ' Desvio Padrao dif.
positivas=' num2str(dpdifpos)];
valores8=['RESUMO DAS DIFERENCAS ENTRE A TEMPERATURA DO OLEO MEDIDA MENOS
SIMULADA EM VALORES ABSOLUTOS'];
lb=[' '];
disp(equacao)
disp(lb)
disp(valores1)
disp(lb)
disp(valores5)
disp(valores6)
disp(valores7)
disp(lb)
disp(valores8)
disp(valores2)
disp(valores3a)
disp(valores3b)
disp(valores4)
disp(valores4a)
disp(valores4b)
disp(valores4c)
disp(lb)
```


ANEXO 3

LISTAGEM DOS DADOS DA SE SÃO LEOPOLDO

MEDIÇÕES DA SE SÃO LEOPOLDO, PERÍODO DE 01 a 14/12/2005

Data (coluna 1), Hora (coluna 2), Carga (coluna 3), Temperatura Ambiente (coluna 4) e Temperatura do Óleo (coluna 5)

1/12/2005	00:00:00	49,82	26,53	58,55	1/12/2005	10:00:00	45,87	22,64	48,42	1/12/2005	20:00:00	36,09	22,41	49,78
1/12/2005	00:15:00	47,04	26,67	58,13	1/12/2005	10:15:00	47,41	21,94	47,86	1/12/2005	20:15:00	36,54	21,94	49,50
1/12/2005	00:30:00	46,29	27,14	57,94	1/12/2005	10:30:00	47,74	21,89	47,86	1/12/2005	20:30:00	36,79	22,31	49,22
1/12/2005	00:45:00	46,63	26,67	57,66	1/12/2005	10:45:00	48,20	21,80	48,33	1/12/2005	20:45:00	37,36	21,70	48,89
1/12/2005	01:00:00	44,87	26,30	57,23	1/12/2005	11:00:00	47,71	21,33	48,33	1/12/2005	21:00:00	37,97	21,42	48,56
1/12/2005	01:15:00	43,10	26,25	56,63	1/12/2005	11:15:00	48,72	21,00	47,58	1/12/2005	21:15:00	38,73	21,84	48,47
1/12/2005	01:30:00	43,26	26,53	56,02	1/12/2005	11:30:00	48,34	20,86	47,30	1/12/2005	21:30:00	41,59	21,52	48,33
1/12/2005	01:45:00	41,80	26,44	55,78	1/12/2005	11:45:00	47,76	21,80	48,61	1/12/2005	21:45:00	43,77	21,66	48,14
1/12/2005	02:00:00	40,98	26,53	55,17	1/12/2005	12:00:00	46,95	22,22	49,64	1/12/2005	22:00:00	43,59	21,38	48,33
1/12/2005	02:15:00	40,00	25,97	54,56	1/12/2005	12:15:00	46,54	22,03	50,48	1/12/2005	22:15:00	43,33	21,94	48,33
1/12/2005	02:30:00	39,73	25,92	54,00	1/12/2005	12:30:00	45,43	22,03	50,77	1/12/2005	22:30:00	42,51	21,52	48,47
1/12/2005	02:45:00	37,86	25,45	53,25	1/12/2005	12:45:00	43,88	22,03	51,09	1/12/2005	22:45:00	42,57	21,33	48,66
1/12/2005	03:00:00	36,64	25,50	52,88	1/12/2005	13:00:00	41,41	22,73	51,38	1/12/2005	23:00:00	41,36	20,81	48,42
1/12/2005	03:15:00	35,87	25,55	52,27	1/12/2005	13:15:00	41,57	23,06	51,38	1/12/2005	23:15:00	42,40	19,92	48,33
1/12/2005	03:30:00	36,01	25,55	51,94	1/12/2005	13:30:00	40,80	23,16	51,66	1/12/2005	23:30:00	41,24	19,97	48,14
1/12/2005	03:45:00	35,46	24,94	51,38	1/12/2005	13:45:00	40,92	23,02	51,66	1/12/2005	23:45:00	40,82	20,53	47,86
1/12/2005	04:00:00	35,25	25,17	50,77	1/12/2005	14:00:00	42,72	23,16	51,38	2/12/2005	00:00:00	40,80	20,16	47,58
1/12/2005	04:15:00	35,89	25,31	50,48	1/12/2005	14:15:00	47,20	22,36	51,14	2/12/2005	00:15:00	39,00	20,11	47,53
1/12/2005	04:30:00	36,20	24,89	50,20	1/12/2005	14:30:00	47,94	21,28	49,03	2/12/2005	00:30:00	37,90	20,30	47,58
1/12/2005	04:45:00	35,30	24,23	49,92	1/12/2005	14:45:00	47,00	21,23	48,14	2/12/2005	00:45:00	36,69	20,16	47,30
1/12/2005	05:00:00	34,70	24,75	49,45	1/12/2005	15:00:00	47,15	21,19	48,14	2/12/2005	01:00:00	35,37	19,73	47,25
1/12/2005	05:15:00	34,45	24,19	49,17	1/12/2005	15:15:00	46,49	21,52	48,94	2/12/2005	01:15:00	32,86	20,25	46,69
1/12/2005	05:30:00	34,80	24,33	48,98	1/12/2005	15:30:00	46,79	21,84	49,31	2/12/2005	01:30:00	32,47	20,25	46,41
1/12/2005	05:45:00	34,62	24,00	48,75	1/12/2005	15:45:00	47,02	21,56	49,64	2/12/2005	01:45:00	31,36	20,16	46,13
1/12/2005	06:00:00	34,74	24,19	48,47	1/12/2005	16:00:00	46,97	21,70	49,78	2/12/2005	02:00:00	30,77	19,64	45,84
1/12/2005	06:15:00	34,03	24,05	48,14	1/12/2005	16:15:00	45,35	22,03	49,78	2/12/2005	02:15:00	30,37	19,73	45,52
1/12/2005	06:30:00	34,47	24,14	48,14	1/12/2005	16:30:00	46,07	22,41	50,48	2/12/2005	02:30:00	29,63	20,06	45,09
1/12/2005	06:45:00	34,61	23,67	47,86	1/12/2005	16:45:00	46,58	21,80	50,81	2/12/2005	02:45:00	29,89	19,88	44,95
1/12/2005	07:00:00	35,10	23,67	47,58	1/12/2005	17:00:00	45,61	21,38	50,53	2/12/2005	03:00:00	28,44	19,45	44,63
1/12/2005	07:15:00	35,75	23,81	47,58	1/12/2005	17:15:00	46,04	21,56	50,25	2/12/2005	03:15:00	27,19	19,41	44,34
1/12/2005	07:30:00	37,69	23,63	47,58	1/12/2005	17:30:00	44,97	22,17	50,20	2/12/2005	03:30:00	26,99	19,41	44,06
1/12/2005	07:45:00	37,70	24,00	47,25	1/12/2005	17:45:00	44,56	22,55	50,53	2/12/2005	03:45:00	27,41	19,50	43,78
1/12/2005	08:00:00	36,75	23,58	47,30	1/12/2005	18:00:00	44,29	22,55	50,77	2/12/2005	04:00:00	27,17	20,16	43,45
1/12/2005	08:15:00	38,91	23,77	47,25	1/12/2005	18:15:00	42,96	22,50	50,81	2/12/2005	04:15:00	27,54	19,78	43,17
1/12/2005	08:30:00	40,78	23,16	46,97	1/12/2005	18:30:00	42,03	22,97	50,81	2/12/2005	04:30:00	27,63	19,69	42,89
1/12/2005	08:45:00	42,30	23,11	45,84	1/12/2005	18:45:00	41,31	22,88	50,77	2/12/2005	04:45:00	27,93	20,34	42,61
1/12/2005	09:00:00	42,40	22,36	45,84	1/12/2005	19:00:00	40,21	22,92	50,53	2/12/2005	05:00:00	27,58	20,48	42,61
1/12/2005	09:15:00	44,70	22,55	46,69	1/12/2005	19:15:00	39,61	22,64	50,53	2/12/2005	05:15:00	27,65	19,69	42,28
1/12/2005	09:30:00	45,11	23,30	47,25	1/12/2005	19:30:00	38,82	22,45	50,20	2/12/2005	05:30:00	27,90	19,22	42,00
1/12/2005	09:45:00	45,47	23,53	48,05	1/12/2005	19:45:00	37,31	22,50	49,88	2/12/2005	05:45:00	28,11	19,17	41,53

2/12/2005	06:00:00	28,17	19,55	41,44
2/12/2005	06:15:00	27,93	19,22	41,44
2/12/2005	06:30:00	28,38	18,89	41,30
2/12/2005	06:45:00	28,49	18,89	41,11
2/12/2005	07:00:00	29,36	18,61	41,11
2/12/2005	07:15:00	29,76	18,84	41,11
2/12/2005	07:30:00	29,95	18,94	40,92
2/12/2005	07:45:00	29,95	18,98	41,02
2/12/2005	08:00:00	32,65	19,27	40,83
2/12/2005	08:15:00	34,16	19,13	41,02
2/12/2005	08:30:00	36,08	19,13	41,16
2/12/2005	08:45:00	37,55	19,55	41,53
2/12/2005	09:00:00	39,63	20,06	42,05
2/12/2005	09:15:00	41,46	19,92	42,61
2/12/2005	09:30:00	41,97	20,44	42,89
2/12/2005	09:45:00	43,73	20,53	43,83
2/12/2005	10:00:00	43,32	21,05	44,53
2/12/2005	10:15:00	43,62	20,95	45,23
2/12/2005	10:30:00	44,65	21,61	45,80
2/12/2005	10:45:00	44,00	21,19	46,41
2/12/2005	11:00:00	45,11	21,94	47,02
2/12/2005	11:15:00	45,48	22,08	48,19
2/12/2005	11:30:00	45,63	22,50	48,89
2/12/2005	11:45:00	45,93	23,06	49,59
2/12/2005	12:00:00	44,69	24,33	50,48
2/12/2005	12:15:00	45,10	24,19	51,09
2/12/2005	12:30:00	43,63	23,44	51,42
2/12/2005	12:45:00	40,86	23,91	50,77
2/12/2005	13:00:00	39,98	24,80	51,09
2/12/2005	13:15:00	39,37	23,72	51,14
2/12/2005	13:30:00	39,79	24,05	51,09
2/12/2005	13:45:00	40,40	24,98	51,09
2/12/2005	14:00:00	40,60	25,92	51,38
2/12/2005	14:15:00	42,94	25,55	51,66
2/12/2005	14:30:00	44,45	26,58	51,70
2/12/2005	14:45:00	44,80	26,25	52,83
2/12/2005	15:00:00	44,65	26,86	53,16
2/12/2005	15:15:00	44,61	26,02	53,58
2/12/2005	15:30:00	45,87	27,05	54,05
2/12/2005	15:45:00	46,02	26,48	54,28
2/12/2005	16:00:00	45,35	27,28	54,61

2/12/2005	16:15:00	45,36	27,61	54,89
2/12/2005	16:30:00	46,29	27,33	55,17
2/12/2005	16:45:00	45,31	27,14	55,17
2/12/2005	17:00:00	45,54	27,47	54,61
2/12/2005	17:15:00	44,95	26,67	54,61
2/12/2005	17:30:00	43,47	26,30	54,00
2/12/2005	17:45:00	42,11	26,44	53,67
2/12/2005	18:00:00	40,91	26,30	53,44
2/12/2005	18:15:00	40,01	26,20	53,16
2/12/2005	18:30:00	39,08	26,25	52,83
2/12/2005	18:45:00	40,12	25,78	52,69
2/12/2005	19:00:00	38,77	26,39	52,36
2/12/2005	19:15:00	38,25	25,27	52,55
2/12/2005	19:30:00	36,43	24,52	52,27
2/12/2005	19:45:00	35,61	24,42	51,66
2/12/2005	20:00:00	34,64	23,63	51,09
2/12/2005	20:15:00	34,71	24,09	50,48
2/12/2005	20:30:00	34,76	23,44	49,92
2/12/2005	20:45:00	35,09	22,97	49,31
2/12/2005	21:00:00	36,12	22,50	48,75
2/12/2005	21:15:00	37,11	22,17	48,47
2/12/2005	21:30:00	40,21	21,75	48,33
2/12/2005	21:45:00	43,13	21,23	48,00
2/12/2005	22:00:00	43,02	21,33	47,86
2/12/2005	22:15:00	43,20	20,72	47,58
2/12/2005	22:30:00	42,16	20,39	47,86
2/12/2005	22:45:00	41,00	21,05	47,86
2/12/2005	23:00:00	40,72	20,44	47,58
2/12/2005	23:15:00	40,69	20,16	47,58
2/12/2005	23:30:00	40,30	20,11	47,30
2/12/2005	23:45:00	39,86	20,20	47,25
3/12/2005	00:00:00	38,49	19,83	47,02
3/12/2005	00:15:00	37,63	19,69	46,69
3/12/2005	00:30:00	36,88	19,50	46,69
3/12/2005	00:45:00	35,89	20,11	46,41
3/12/2005	01:00:00	35,56	20,06	46,13
3/12/2005	01:15:00	33,97	19,50	45,80
3/12/2005	01:30:00	33,44	19,22	45,38
3/12/2005	01:45:00	32,10	19,17	45,09
3/12/2005	02:00:00	30,71	18,89	44,81
3/12/2005	02:15:00	29,94	19,41	44,53

3/12/2005	02:30:00	29,77	18,94	44,20
3/12/2005	02:45:00	29,72	19,45	43,92
3/12/2005	03:00:00	29,64	20,06	43,64
3/12/2005	03:15:00	27,61	20,25	43,17
3/12/2005	03:30:00	27,42	19,69	42,89
3/12/2005	03:45:00	27,47	19,31	42,61
3/12/2005	04:00:00	27,00	19,55	42,28
3/12/2005	04:15:00	27,47	20,11	42,00
3/12/2005	04:30:00	27,54	19,50	41,39
3/12/2005	04:45:00	27,03	19,69	41,30
3/12/2005	05:00:00	27,30	19,59	41,11
3/12/2005	05:15:00	27,10	19,83	40,83
3/12/2005	05:30:00	26,81	18,80	40,50
3/12/2005	05:45:00	26,88	18,84	40,08
3/12/2005	06:00:00	26,92	18,75	39,98
3/12/2005	06:15:00	26,70	17,58	39,70
3/12/2005	06:30:00	26,15	17,63	39,38
3/12/2005	06:45:00	26,46	16,22	39,23
3/12/2005	07:00:00	26,92	16,22	39,09
3/12/2005	07:15:00	25,59	16,92	38,81
3/12/2005	07:30:00	25,16	17,02	38,77
3/12/2005	07:45:00	26,00	17,30	38,48
3/12/2005	08:00:00	25,97	17,25	38,20
3/12/2005	08:15:00	26,88	17,95	38,20
3/12/2005	08:30:00	28,21	18,33	38,20
3/12/2005	08:45:00	28,74	18,52	38,53
3/12/2005	09:00:00	28,26	17,91	38,77
3/12/2005	09:15:00	29,27	18,19	39,19
3/12/2005	09:30:00	30,60	18,47	39,52
3/12/2005	09:45:00	30,65	19,22	39,84
3/12/2005	10:00:00	31,65	19,92	40,22
3/12/2005	10:15:00	32,16	20,16	40,69
3/12/2005	10:30:00	33,27	20,63	41,16
3/12/2005	10:45:00	33,28	21,42	41,58
3/12/2005	11:00:00	33,96	21,75	42,33
3/12/2005	11:15:00	34,04	22,31	43,17
3/12/2005	11:30:00	34,90	22,88	43,92
3/12/2005	11:45:00	34,39	23,34	44,67
3/12/2005	12:00:00	33,77	23,72	45,05
3/12/2005	12:15:00	33,27	24,28	45,84
3/12/2005	12:30:00	32,68	24,47	46,13

3/12/2005	12:45:00	32,61	25,22	46,69
3/12/2005	13:00:00	32,49	25,50	47,30
3/12/2005	13:15:00	32,53	26,39	47,86
3/12/2005	13:30:00	32,13	26,67	48,42
3/12/2005	13:45:00	32,39	27,23	48,89
3/12/2005	14:00:00	32,94	26,91	49,17
3/12/2005	14:15:00	33,40	27,89	49,78
3/12/2005	14:30:00	32,90	28,45	50,20
3/12/2005	14:45:00	32,59	28,78	50,53
3/12/2005	15:00:00	32,61	29,16	51,09
3/12/2005	15:15:00	32,94	29,02	51,38
3/12/2005	15:30:00	32,60	29,77	51,66
3/12/2005	15:45:00	32,97	30,38	52,13
3/12/2005	16:00:00	32,54	31,08	52,41
3/12/2005	16:15:00	32,60	30,98	52,88
3/12/2005	16:30:00	32,50	31,36	53,11
3/12/2005	16:45:00	32,12	31,83	53,30
3/12/2005	17:00:00	31,56	31,13	53,44
3/12/2005	17:15:00	32,02	32,63	53,30
3/12/2005	17:30:00	31,56	32,02	52,97
3/12/2005	17:45:00	31,27	31,13	52,69
3/12/2005	18:00:00	31,87	31,50	52,55
3/12/2005	18:15:00	31,55	31,13	52,36
3/12/2005	18:30:00	31,47	30,80	52,41
3/12/2005	18:45:00	31,36	30,42	52,41
3/12/2005	19:00:00	30,47	30,70	52,45
3/12/2005	19:15:00	31,55	30,33	52,41
3/12/2005	19:30:00	31,04	29,63	52,36
3/12/2005	19:45:00	30,51	29,63	52,27
3/12/2005	20:00:00	30,29	29,44	52,13
3/12/2005	20:15:00	31,26	29,30	51,66
3/12/2005	20:30:00	30,57	29,20	51,66
3/12/2005	20:45:00	32,15	28,45	51,38
3/12/2005	21:00:00	32,87	28,17	50,77
3/12/2005	21:15:00	34,15	27,56	50,48
3/12/2005	21:30:00	38,36	27,38	50,53
3/12/2005	21:45:00	40,57	26,25	50,48
3/12/2005	22:00:00	40,45	26,58	50,48
3/12/2005	22:15:00	39,33	25,88	50,77
3/12/2005	22:30:00	39,26	26,39	50,81
3/12/2005	22:45:00	38,56	25,27	50,81

3/12/2005	23:00:00	37,29	25,17	50,48
3/12/2005	23:15:00	36,08	24,66	50,53
3/12/2005	23:30:00	35,82	24,28	50,20
3/12/2005	23:45:00	35,32	23,91	49,92
4/12/2005	00:00:00	34,09	24,05	49,59
4/12/2005	00:15:00	33,06	23,63	49,45
4/12/2005	00:30:00	31,78	23,30	49,22
4/12/2005	00:45:00	31,49	23,53	48,89
4/12/2005	01:00:00	30,32	23,39	48,56
4/12/2005	01:15:00	29,64	23,20	48,14
4/12/2005	01:30:00	28,14	22,88	47,53
4/12/2005	01:45:00	28,02	22,73	46,97
4/12/2005	02:00:00	26,73	22,97	46,69
4/12/2005	02:15:00	26,49	22,69	46,41
4/12/2005	02:30:00	25,63	22,69	46,13
4/12/2005	02:45:00	25,72	22,55	45,80
4/12/2005	03:00:00	25,01	22,36	45,38
4/12/2005	03:15:00	24,97	22,41	45,09
4/12/2005	03:30:00	24,64	22,36	44,91
4/12/2005	03:45:00	24,34	22,55	44,58
4/12/2005	04:00:00	23,67	22,88	44,48
4/12/2005	04:15:00	23,18	22,88	44,34
4/12/2005	04:30:00	22,87	22,83	44,06
4/12/2005	04:45:00	22,54	23,44	43,92
4/12/2005	05:00:00	22,64	23,39	43,78
4/12/2005	05:15:00	22,42	23,16	43,64
4/12/2005	05:30:00	22,99	22,88	43,17
4/12/2005	05:45:00	22,53	23,06	43,17
4/12/2005	06:00:00	22,27	22,88	42,84
4/12/2005	06:15:00	21,53	22,64	42,61
4/12/2005	06:30:00	22,06	23,06	42,61
4/12/2005	06:45:00	21,91	22,69	42,33
4/12/2005	07:00:00	21,53	22,36	42,28
4/12/2005	07:15:00	20,45	21,14	41,95
4/12/2005	07:30:00	19,55	20,72	42,00
4/12/2005	07:45:00	18,88	20,30	41,53
4/12/2005	08:00:00	19,11	19,41	41,25
4/12/2005	08:15:00	19,13	20,44	40,97
4/12/2005	08:30:00	19,14	20,86	40,83
4/12/2005	08:45:00	19,33	20,20	40,69
4/12/2005	09:00:00	20,25	20,86	40,69

4/12/2005	09:15:00	20,73	21,42	40,69
4/12/2005	09:30:00	21,30	22,50	40,83
4/12/2005	09:45:00	21,96	22,59	41,11
4/12/2005	10:00:00	22,53	22,97	41,39
4/12/2005	10:15:00	23,32	23,11	41,72
4/12/2005	10:30:00	23,75	23,72	42,28
4/12/2005	10:45:00	24,34	24,09	42,56
4/12/2005	11:00:00	24,34	24,80	42,89
4/12/2005	11:15:00	25,73	25,17	43,64
4/12/2005	11:30:00	25,49	25,36	43,92
4/12/2005	11:45:00	25,93	26,39	44,63
4/12/2005	12:00:00	25,69	26,67	44,91
4/12/2005	12:15:00	25,83	26,91	45,38
4/12/2005	12:30:00	26,26	27,14	45,38
4/12/2005	12:45:00	26,19	27,42	45,80
4/12/2005	13:00:00	25,98	28,69	46,08
4/12/2005	13:15:00	25,99	29,11	46,69
4/12/2005	13:30:00	25,97	29,48	47,30
4/12/2005	13:45:00	25,69	30,28	47,86
4/12/2005	14:00:00	25,31	31,27	48,47
4/12/2005	14:15:00	25,44	31,64	49,17
4/12/2005	14:30:00	25,79	32,20	49,92
4/12/2005	14:45:00	26,06	31,92	50,48
4/12/2005	15:00:00	26,71	32,53	50,77
4/12/2005	15:15:00	27,14	33,19	51,38
4/12/2005	15:30:00	27,52	33,56	51,94
4/12/2005	15:45:00	28,07	33,98	52,22
4/12/2005	16:00:00	28,27	33,89	52,55
4/12/2005	16:15:00	28,65	34,59	53,02
4/12/2005	16:30:00	28,81	34,83	53,30
4/12/2005	16:45:00	29,34	34,59	53,44
4/12/2005	17:00:00	29,81	35,02	53,77
4/12/2005	17:15:00	29,99	34,17	54,00
4/12/2005	17:30:00	29,45	34,73	54,00
4/12/2005	17:45:00	29,23	34,03	54,28
4/12/2005	18:00:00	30,18	34,03	54,33
4/12/2005	18:15:00	29,79	32,91	54,33
4/12/2005	18:30:00	29,31	32,16	53,72
4/12/2005	18:45:00	29,52	31,64	53,25
4/12/2005	19:00:00	29,08	31,83	52,83
4/12/2005	19:15:00	29,52	31,92	52,83

4/12/2005	19:30:00	28,96	31,64	52,97
4/12/2005	19:45:00	29,11	31,59	53,02
4/12/2005	20:00:00	28,75	30,98	52,83
4/12/2005	20:15:00	28,93	31,03	52,69
4/12/2005	20:30:00	28,68	30,00	52,55
4/12/2005	20:45:00	29,31	28,92	52,13
4/12/2005	21:00:00	30,28	28,69	51,70
4/12/2005	21:15:00	32,00	28,22	51,38
4/12/2005	21:30:00	36,47	28,41	51,09
4/12/2005	21:45:00	40,00	27,89	51,09
4/12/2005	22:00:00	40,48	27,61	51,05
4/12/2005	22:15:00	41,38	27,33	51,33
4/12/2005	22:30:00	40,04	26,91	51,38
4/12/2005	22:45:00	40,41	26,77	51,42
4/12/2005	23:00:00	40,28	26,63	51,66
4/12/2005	23:15:00	39,16	26,63	51,66
4/12/2005	23:30:00	39,14	26,48	51,89
4/12/2005	23:45:00	38,49	26,44	51,66
5/12/2005	00:00:00	38,66	26,25	51,61
5/12/2005	00:15:00	38,09	26,06	51,66
5/12/2005	00:30:00	37,06	25,27	51,70
5/12/2005	00:45:00	36,30	25,27	51,38
5/12/2005	01:00:00	35,79	25,31	51,38
5/12/2005	01:15:00	34,93	25,41	51,05
5/12/2005	01:30:00	34,67	25,73	50,77
5/12/2005	01:45:00	33,62	25,08	50,48
5/12/2005	02:00:00	33,39	24,89	50,44
5/12/2005	02:15:00	32,46	24,38	49,92
5/12/2005	02:30:00	31,79	24,38	49,45
5/12/2005	02:45:00	31,86	24,19	49,17
5/12/2005	03:00:00	30,57	24,19	48,75
5/12/2005	03:15:00	30,03	23,91	48,56
5/12/2005	03:30:00	30,53	23,58	48,28
5/12/2005	03:45:00	29,60	23,67	48,00
5/12/2005	04:00:00	29,97	23,39	48,00
5/12/2005	04:15:00	29,88	23,67	47,86
5/12/2005	04:30:00	30,49	23,81	47,53
5/12/2005	04:45:00	30,19	23,91	47,25
5/12/2005	05:00:00	30,22	23,86	47,30
5/12/2005	05:15:00	29,85	24,89	47,06
5/12/2005	05:30:00	30,61	24,14	46,97

5/12/2005	05:45:00	30,79	24,14	46,41
5/12/2005	06:00:00	30,17	24,14	46,13
5/12/2005	06:15:00	30,65	23,77	45,80
5/12/2005	06:30:00	31,43	23,20	46,08
5/12/2005	06:45:00	31,50	22,88	46,08
5/12/2005	07:00:00	31,96	22,83	45,84
5/12/2005	07:15:00	33,82	23,02	45,80
5/12/2005	07:30:00	34,12	23,48	45,80
5/12/2005	07:45:00	33,75	22,78	45,80
5/12/2005	08:00:00	34,34	24,09	46,08
5/12/2005	08:15:00	36,63	24,33	46,13
5/12/2005	08:30:00	39,32	24,89	46,36
5/12/2005	08:45:00	40,90	24,56	46,69
5/12/2005	09:00:00	41,06	24,00	46,97
5/12/2005	09:15:00	42,86	24,00	46,97
5/12/2005	09:30:00	44,42	24,23	47,30
5/12/2005	09:45:00	46,31	24,56	47,58
5/12/2005	10:00:00	45,89	24,84	48,61
5/12/2005	10:15:00	47,16	25,08	49,78
5/12/2005	10:30:00	48,71	25,08	50,81
5/12/2005	10:45:00	48,61	24,75	51,66
5/12/2005	11:00:00	48,35	24,61	52,13
5/12/2005	11:15:00	50,09	24,38	52,55
5/12/2005	11:30:00	51,13	23,91	52,73
5/12/2005	11:45:00	50,93	23,72	53,16
5/12/2005	12:00:00	50,06	23,63	53,44
5/12/2005	12:15:00	49,30	24,00	53,86
5/12/2005	12:30:00	47,73	24,19	54,33
5/12/2005	12:45:00	46,20	23,95	54,61
5/12/2005	13:00:00	43,37	23,81	54,56
5/12/2005	13:15:00	43,04	23,34	54,28
5/12/2005	13:30:00	43,72	22,73	53,58
5/12/2005	13:45:00	43,33	22,03	52,97
5/12/2005	14:00:00	44,03	22,22	52,55
5/12/2005	14:15:00	47,13	22,45	52,41
5/12/2005	14:30:00	48,12	23,06	52,69
5/12/2005	14:45:00	48,90	23,02	53,25
5/12/2005	15:00:00	49,08	23,16	53,58
5/12/2005	15:15:00	48,94	22,97	53,58
5/12/2005	15:30:00	47,92	24,14	53,44
5/12/2005	15:45:00	48,08	22,78	53,58

5/12/2005	16:00:00	48,62	23,44	53,86
5/12/2005	16:15:00	46,97	23,11	54,33
5/12/2005	16:30:00	47,35	23,81	54,28
5/12/2005	16:45:00	47,44	23,72	54,56
5/12/2005	17:00:00	47,64	23,77	54,89
5/12/2005	17:15:00	48,77	23,81	54,61
5/12/2005	17:30:00	46,84	23,30	54,61
5/12/2005	17:45:00	45,96	23,34	54,89
5/12/2005	18:00:00	45,48	23,34	54,89
5/12/2005	18:15:00	44,71	23,77	54,89
5/12/2005	18:30:00	44,62	23,39	54,61
5/12/2005	18:45:00	42,90	23,48	54,00
5/12/2005	19:00:00	41,20	23,39	53,91
5/12/2005	19:15:00	40,46	22,78	53,77
5/12/2005	19:30:00	39,28	23,11	53,44
5/12/2005	19:45:00	38,44	23,06	52,97
5/12/2005	20:00:00	36,06	23,06	52,41
5/12/2005	20:15:00	36,59	22,92	52,27
5/12/2005	20:30:00	36,67	22,13	51,61
5/12/2005	20:45:00	38,61	22,27	51,38
5/12/2005	21:00:00	39,57	22,88	50,48
5/12/2005	21:15:00	40,35	22,45	49,73
5/12/2005	21:30:00	43,13	22,50	49,73
5/12/2005	21:45:00	45,89	22,50	49,64
5/12/2005	22:00:00	46,01	22,88	49,78
5/12/2005	22:15:00	46,16	22,88	50,48
5/12/2005	22:30:00	46,97	23,30	50,81
5/12/2005	22:45:00	44,36	22,55	51,38
5/12/2005	23:00:00	43,41	22,92	51,70
5/12/2005	23:15:00	43,98	23,02	51,66
5/12/2005	23:30:00	43,80	22,59	51,98
5/12/2005	23:45:00	42,87	22,59	51,66
6/12/2005	00:00:00	41,93	22,69	51,66
6/12/2005	00:15:00	40,65	22,31	51,38
6/12/2005	00:30:00	39,35	22,59	51,38
6/12/2005	00:45:00	38,76	22,50	51,09
6/12/2005	01:00:00	36,77	23,16	50,81
6/12/2005	01:15:00	35,77	23,06	50,44
6/12/2005	01:30:00	35,18	22,55	50,44
6/12/2005	01:45:00	34,01	22,92	50,20
6/12/2005	02:00:00	33,38	22,88	49,45

6/12/2005	02:15:00	32,61	23,06	49,03
6/12/2005	02:30:00	32,21	22,88	48,75
6/12/2005	02:45:00	32,39	22,64	48,47
6/12/2005	03:00:00	30,73	22,41	48,00
6/12/2005	03:15:00	29,13	22,36	47,30
6/12/2005	03:30:00	28,84	22,17	46,97
6/12/2005	03:45:00	28,87	21,94	46,69
6/12/2005	04:00:00	28,64	22,17	46,08
6/12/2005	04:15:00	28,48	21,33	45,80
6/12/2005	04:30:00	29,40	22,27	45,80
6/12/2005	04:45:00	29,53	22,27	45,52
6/12/2005	05:00:00	28,76	21,52	45,38
6/12/2005	05:15:00	29,29	21,00	44,95
6/12/2005	05:30:00	29,07	21,52	44,67
6/12/2005	05:45:00	28,61	21,47	44,48
6/12/2005	06:00:00	28,94	21,66	44,48
6/12/2005	06:15:00	29,05	21,19	44,39
6/12/2005	06:30:00	29,17	21,33	44,39
6/12/2005	06:45:00	30,00	21,19	44,06
6/12/2005	07:00:00	30,42	20,95	43,88
6/12/2005	07:15:00	32,97	20,77	43,69
6/12/2005	07:30:00	33,80	20,11	41,02
6/12/2005	07:45:00	32,99	20,72	40,69
6/12/2005	08:00:00	34,58	20,44	40,55
6/12/2005	08:15:00	37,66	20,95	40,22
6/12/2005	08:30:00	38,87	21,19	41,30
6/12/2005	08:45:00	40,66	21,09	42,33
6/12/2005	09:00:00	40,31	21,56	43,17
6/12/2005	09:15:00	42,62	21,23	43,92
6/12/2005	09:30:00	44,88	20,53	44,53
6/12/2005	09:45:00	45,70	20,58	44,81
6/12/2005	10:00:00	45,78	20,25	45,38
6/12/2005	10:15:00	45,38	20,20	45,84
6/12/2005	10:30:00	46,23	20,95	46,36
6/12/2005	10:45:00	44,17	21,09	47,02
6/12/2005	11:00:00	45,59	21,61	47,63
6/12/2005	11:15:00	47,32	21,80	48,19
6/12/2005	11:30:00	46,79	21,61	48,61
6/12/2005	11:45:00	47,86	21,75	48,89
6/12/2005	12:00:00	46,24	22,50	49,36
6/12/2005	12:15:00	46,31	23,16	49,92

6/12/2005	12:30:00	45,22	22,97	50,77
6/12/2005	12:45:00	42,52	23,77	50,77
6/12/2005	13:00:00	41,51	23,81	51,38
6/12/2005	13:15:00	41,70	24,00	51,38
6/12/2005	13:30:00	41,15	24,61	51,70
6/12/2005	13:45:00	42,27	25,08	51,70
6/12/2005	14:00:00	43,31	25,13	52,13
6/12/2005	14:15:00	45,29	25,17	52,55
6/12/2005	14:30:00	47,44	25,78	52,88
6/12/2005	14:45:00	48,46	26,06	53,58
6/12/2005	15:00:00	47,87	26,30	54,33
6/12/2005	15:15:00	49,35	26,77	54,94
6/12/2005	15:30:00	47,99	26,95	55,17
6/12/2005	15:45:00	50,09	27,19	56,06
6/12/2005	16:00:00	48,03	27,33	56,39
6/12/2005	16:15:00	48,71	27,28	56,95
6/12/2005	16:30:00	49,36	26,95	57,09
6/12/2005	16:45:00	49,53	27,23	57,61
6/12/2005	17:00:00	49,48	27,89	57,80
6/12/2005	17:15:00	49,72	27,61	57,70
6/12/2005	17:30:00	48,66	28,41	57,56
6/12/2005	17:45:00	48,13	28,36	57,70
6/12/2005	18:00:00	47,19	28,55	58,08
6/12/2005	18:15:00	46,74	27,42	57,66
6/12/2005	18:30:00	44,91	26,81	57,14
6/12/2005	18:45:00	44,22	27,23	56,53
6/12/2005	19:00:00	42,68	27,75	56,53
6/12/2005	19:15:00	42,78	26,48	56,34
6/12/2005	19:30:00	41,19	24,80	55,45
6/12/2005	19:45:00	39,47	23,91	54,33
6/12/2005	20:00:00	37,31	24,28	53,16
6/12/2005	20:15:00	36,90	23,44	52,55
6/12/2005	20:30:00	36,94	23,30	51,66
6/12/2005	20:45:00	38,32	23,30	51,09
6/12/2005	21:00:00	39,95	22,88	50,81
6/12/2005	21:15:00	40,59	22,73	50,48
6/12/2005	21:30:00	42,90	22,36	49,88
6/12/2005	21:45:00	46,55	22,36	49,59
6/12/2005	22:00:00	47,96	22,22	49,78
6/12/2005	22:15:00	45,42	21,28	49,92
6/12/2005	22:30:00	45,07	21,61	50,20

6/12/2005	22:45:00	44,67	20,81	49,92
6/12/2005	23:00:00	43,83	21,05	50,20
6/12/2005	23:15:00	42,76	21,47	50,20
6/12/2005	23:30:00	43,18	21,00	49,73
6/12/2005	23:45:00	41,92	20,63	49,50
7/12/2005	00:00:00	41,02	20,48	49,31
7/12/2005	00:15:00	38,97	19,92	48,89
7/12/2005	00:30:00	38,09	20,25	48,61
7/12/2005	00:45:00	37,32	20,20	48,33
7/12/2005	01:00:00	35,71	19,64	48,00
7/12/2005	01:15:00	34,26	20,20	47,58
7/12/2005	01:30:00	33,08	20,20	47,30
7/12/2005	01:45:00	32,74	20,11	46,73
7/12/2005	02:00:00	31,70	19,88	46,13
7/12/2005	02:15:00	30,67	20,63	45,84
7/12/2005	02:30:00	30,50	19,83	45,23
7/12/2005	02:45:00	29,23	20,02	44,81
7/12/2005	03:00:00	28,82	19,08	44,34
7/12/2005	03:15:00	27,77	19,88	44,06
7/12/2005	03:30:00	27,00	20,72	43,59
7/12/2005	03:45:00	26,75	19,83	43,17
7/12/2005	04:00:00	26,97	19,97	42,94
7/12/2005	04:15:00	27,35	19,88	42,61
7/12/2005	04:30:00	28,09	19,36	42,33
7/12/2005	04:45:00	27,37	19,08	42,00
7/12/2005	05:00:00	27,07	18,09	41,72
7/12/2005	05:15:00	27,84	17,30	41,44
7/12/2005	05:30:00	28,04	18,09	41,11
7/12/2005	05:45:00	28,24	17,30	40,83
7/12/2005	06:00:00	28,04	17,63	40,55
7/12/2005	06:15:00	28,34	19,31	40,27
7/12/2005	06:30:00	28,43	17,44	40,08
7/12/2005	06:45:00	27,74	16,92	39,84
7/12/2005	07:00:00	28,71	16,41	39,38
7/12/2005	07:15:00	29,92	16,27	39,09
7/12/2005	07:30:00	29,81	16,50	38,77
7/12/2005	07:45:00	30,98	16,22	38,53
7/12/2005	08:00:00	31,51	17,11	38,48
7/12/2005	08:15:00	33,51	16,64	38,48
7/12/2005	08:30:00	35,58	16,50	38,53
7/12/2005	08:45:00	38,32	16,83	39,09

7/12/2005	09:00:00	37,89	16,83	39,70
7/12/2005	09:15:00	39,75	16,92	40,27
7/12/2005	09:30:00	40,88	17,86	40,97
7/12/2005	09:45:00	41,60	17,86	41,44
7/12/2005	10:00:00	42,29	18,75	42,00
7/12/2005	10:15:00	42,17	19,08	42,61
7/12/2005	10:30:00	43,06	19,73	43,50
7/12/2005	10:45:00	44,55	20,53	44,20
7/12/2005	11:00:00	44,81	21,00	45,09
7/12/2005	11:15:00	45,30	21,38	46,13
7/12/2005	11:30:00	45,19	21,89	47,02
7/12/2005	11:45:00	45,25	22,59	48,05
7/12/2005	12:00:00	44,10	22,64	48,61
7/12/2005	12:15:00	44,14	22,83	49,17
7/12/2005	12:30:00	42,07	23,77	49,78
7/12/2005	12:45:00	41,57	24,14	50,53
7/12/2005	13:00:00	40,02	24,23	50,86
7/12/2005	13:15:00	40,84	24,14	51,09
7/12/2005	13:30:00	41,14	23,63	51,38
7/12/2005	13:45:00	40,96	25,22	51,38
7/12/2005	14:00:00	41,93	25,83	51,94
7/12/2005	14:15:00	44,54	25,73	52,27
7/12/2005	14:30:00	45,69	26,25	52,73
7/12/2005	14:45:00	46,14	26,58	53,30
7/12/2005	15:00:00	46,20	26,72	53,91
7/12/2005	15:15:00	45,86	26,81	54,61
7/12/2005	15:30:00	46,72	27,84	54,94
7/12/2005	15:45:00	46,75	27,66	55,55
7/12/2005	16:00:00	46,67	27,28	55,78
7/12/2005	16:15:00	46,24	27,66	56,39
7/12/2005	16:30:00	47,94	27,94	56,67
7/12/2005	16:45:00	47,00	28,17	56,86
7/12/2005	17:00:00	47,13	26,63	56,72
7/12/2005	17:15:00	47,15	26,67	56,11
7/12/2005	17:30:00	46,91	27,80	55,83
7/12/2005	17:45:00	45,83	27,05	55,78
7/12/2005	18:00:00	45,30	27,75	55,50
7/12/2005	18:15:00	42,88	27,28	55,83
7/12/2005	18:30:00	41,97	27,56	55,78
7/12/2005	18:45:00	42,11	26,81	55,55
7/12/2005	19:00:00	41,40	26,39	55,27

7/12/2005	19:15:00	39,77	26,34	54,89
7/12/2005	19:30:00	38,69	25,83	54,33
7/12/2005	19:45:00	37,11	24,94	53,91
7/12/2005	20:00:00	36,16	24,80	53,30
7/12/2005	20:15:00	36,57	24,98	52,69
7/12/2005	20:30:00	36,33	24,33	52,08
7/12/2005	20:45:00	37,18	23,81	51,33
7/12/2005	21:00:00	37,97	22,88	50,77
7/12/2005	21:15:00	39,90	23,34	50,48
7/12/2005	21:30:00	41,97	22,50	50,20
7/12/2005	21:45:00	45,20	22,08	49,59
7/12/2005	22:00:00	47,26	22,03	49,64
7/12/2005	22:15:00	46,89	21,80	49,64
7/12/2005	22:30:00	46,00	21,47	49,73
7/12/2005	22:45:00	44,40	21,33	49,92
7/12/2005	23:00:00	42,95	21,00	49,78
7/12/2005	23:15:00	42,20	20,86	49,78
7/12/2005	23:30:00	44,20	21,14	49,64
7/12/2005	23:45:00	41,52	20,77	49,36
8/12/2005	00:00:00	41,00	20,67	49,17
8/12/2005	00:15:00	39,36	20,81	48,94
8/12/2005	00:30:00	38,15	20,67	48,61
8/12/2005	00:45:00	37,56	20,16	48,33
8/12/2005	01:00:00	35,55	20,25	48,05
8/12/2005	01:15:00	33,16	19,64	47,58
8/12/2005	01:30:00	34,52	19,59	47,25
8/12/2005	01:45:00	33,82	20,06	46,97
8/12/2005	02:00:00	32,14	20,11	46,69
8/12/2005	02:15:00	30,81	20,06	46,13
8/12/2005	02:30:00	30,92	19,55	45,84
8/12/2005	02:45:00	30,29	19,36	45,23
8/12/2005	03:00:00	29,69	18,84	44,95
8/12/2005	03:15:00	27,60	18,84	44,63
8/12/2005	03:30:00	27,94	18,75	44,25
8/12/2005	03:45:00	27,42	18,56	43,78
8/12/2005	04:00:00	26,86	18,75	43,50
8/12/2005	04:15:00	27,00	18,52	42,89
8/12/2005	04:30:00	28,36	18,42	42,56
8/12/2005	04:45:00	27,56	18,19	42,33
8/12/2005	05:00:00	27,93	18,61	42,00
8/12/2005	05:15:00	27,51	18,80	41,72

8/12/2005	05:30:00	27,55	18,75	41,39
8/12/2005	05:45:00	28,06	18,84	41,30
8/12/2005	06:00:00	27,64	19,83	40,97
8/12/2005	06:15:00	28,09	19,83	40,83
8/12/2005	06:30:00	28,43	20,16	40,69
8/12/2005	06:45:00	29,03	19,59	40,55
8/12/2005	07:00:00	28,62	19,97	40,69
8/12/2005	07:15:00	29,64	19,13	40,36
8/12/2005	07:30:00	29,16	18,61	40,27
8/12/2005	07:45:00	29,10	18,33	40,08
8/12/2005	08:00:00	29,81	18,47	40,13
8/12/2005	08:15:00	32,54	18,19	40,13
8/12/2005	08:30:00	34,54	18,61	40,27
8/12/2005	08:45:00	36,38	18,89	40,41
8/12/2005	09:00:00	36,40	19,17	40,88
8/12/2005	09:15:00	37,48	19,64	41,58
8/12/2005	09:30:00	39,63	20,11	42,33
8/12/2005	09:45:00	39,22	20,20	42,89
8/12/2005	10:00:00	39,50	20,77	43,17
8/12/2005	10:15:00	40,32	21,47	44,06
8/12/2005	10:30:00	41,89	22,22	44,86
8/12/2005	10:45:00	43,03	22,55	45,80
8/12/2005	11:00:00	43,24	23,25	46,45
8/12/2005	11:15:00	44,11	23,81	47,63
8/12/2005	11:30:00	43,24	24,75	48,47
8/12/2005	11:45:00	43,81	25,22	49,64
8/12/2005	12:00:00	42,40	25,92	50,53
8/12/2005	12:15:00	43,03	26,58	51,38
8/12/2005	12:30:00	42,69	27,33	51,98
8/12/2005	12:45:00	40,72	27,66	52,59
8/12/2005	13:00:00	39,42	27,66	53,02
8/12/2005	13:15:00	39,91	28,97	53,39
8/12/2005	13:30:00	39,27	29,16	53,86
8/12/2005	13:45:00	39,49	29,34	54,33
8/12/2005	14:00:00	41,43	29,95	54,94
8/12/2005	14:15:00	45,18	30,52	55,22
8/12/2005	14:30:00	45,53	30,28	55,83
8/12/2005	14:45:00	46,44	30,70	56,81
8/12/2005	15:00:00	46,44	31,64	57,56
8/12/2005	15:15:00	45,63	31,69	58,59
8/12/2005	15:30:00	47,89	31,45	59,30

8/12/2005	15:45:00	46,95	31,73	59,91
8/12/2005	16:00:00	47,26	32,95	60,52
8/12/2005	16:15:00	45,96	33,05	61,27
8/12/2005	16:30:00	46,04	33,14	61,78
8/12/2005	16:45:00	48,12	33,19	62,11
8/12/2005	17:00:00	47,61	33,66	62,11
8/12/2005	17:15:00	47,46	33,66	61,78
8/12/2005	17:30:00	46,81	33,52	61,83
8/12/2005	17:45:00	45,91	33,80	61,78
8/12/2005	18:00:00	45,62	33,94	62,11
8/12/2005	18:15:00	44,13	33,52	62,34
8/12/2005	18:30:00	44,77	33,56	62,39
8/12/2005	18:45:00	43,21	33,66	62,39
8/12/2005	19:00:00	42,74	33,80	62,34
8/12/2005	19:15:00	42,42	33,98	62,67
8/12/2005	19:30:00	40,41	33,80	62,34
8/12/2005	19:45:00	40,68	33,28	62,06
8/12/2005	20:00:00	39,09	32,72	61,22
8/12/2005	20:15:00	38,84	32,44	60,66
8/12/2005	20:30:00	38,43	32,39	60,14
8/12/2005	20:45:00	38,97	31,69	59,58
8/12/2005	21:00:00	40,20	31,13	59,20
8/12/2005	21:15:00	40,84	30,66	58,73
8/12/2005	21:30:00	43,68	29,95	58,45
8/12/2005	21:45:00	47,95	29,48	58,27
8/12/2005	22:00:00	49,76	29,30	58,59
8/12/2005	22:15:00	50,06	29,39	58,69
8/12/2005	22:30:00	49,91	28,83	59,06
8/12/2005	22:45:00	48,69	28,22	59,44
8/12/2005	23:00:00	48,66	28,13	59,30
8/12/2005	23:15:00	47,55	28,13	59,16
8/12/2005	23:30:00	48,58	28,22	59,06
8/12/2005	23:45:00	48,18	27,84	58,88
9/12/2005	00:00:00	46,49	27,19	58,73
9/12/2005	00:15:00	46,16	27,66	58,59
9/12/2005	00:30:00	45,41	27,61	57,98
9/12/2005	00:45:00	44,17	27,19	57,70
9/12/2005	01:00:00	42,86	26,53	57,38
9/12/2005	01:15:00	41,64	26,44	57,00
9/12/2005	01:30:00	39,35	25,88	56,20
9/12/2005	01:45:00	38,43	26,11	55,45

9/12/2005	02:00:00	36,87	25,78	55,22
9/12/2005	02:15:00	36,41	25,88	54,61
9/12/2005	02:30:00	36,06	25,13	54,05
9/12/2005	02:45:00	34,27	24,33	53,63
9/12/2005	03:00:00	33,97	24,38	53,16
9/12/2005	03:15:00	33,72	23,95	52,41
9/12/2005	03:30:00	32,80	24,00	51,70
9/12/2005	03:45:00	32,96	23,91	50,81
9/12/2005	04:00:00	31,57	23,39	50,25
9/12/2005	04:15:00	32,09	23,53	49,78
9/12/2005	04:30:00	33,18	23,34	49,50
9/12/2005	04:45:00	32,67	23,77	49,08
9/12/2005	05:00:00	31,93	23,48	48,89
9/12/2005	05:15:00	32,50	24,00	48,66
9/12/2005	05:30:00	32,58	24,28	48,33
9/12/2005	05:45:00	32,54	24,19	48,05
9/12/2005	06:00:00	32,32	24,33	47,58
9/12/2005	06:15:00	32,61	23,86	47,63
9/12/2005	06:30:00	33,27	23,30	47,34
9/12/2005	06:45:00	33,25	23,30	47,02
9/12/2005	07:00:00	33,22	23,95	47,02
9/12/2005	07:15:00	33,37	23,72	46,73
9/12/2005	07:30:00	33,21	23,11	46,69
9/12/2005	07:45:00	34,05	23,58	46,45
9/12/2005	08:00:00	33,98	23,25	46,41
9/12/2005	08:15:00	37,06	23,02	46,13
9/12/2005	08:30:00	37,70	23,39	45,84
9/12/2005	08:45:00	40,23	22,36	46,41
9/12/2005	09:00:00	41,23	22,55	46,73
9/12/2005	09:15:00	44,27	23,25	47,30
9/12/2005	09:30:00	45,03	23,63	47,91
9/12/2005	09:45:00	46,13	24,52	48,66
9/12/2005	10:00:00	47,22	24,23	49,22
9/12/2005	10:15:00	48,39	24,84	49,97
9/12/2005	10:30:00	48,26	25,97	50,81
9/12/2005	10:45:00	49,37	26,44	51,98
9/12/2005	11:00:00	49,75	26,48	53,02
9/12/2005	11:15:00	49,80	27,19	54,28
9/12/2005	11:30:00	50,06	27,14	55,22
9/12/2005	11:45:00	50,79	27,66	56,11
9/12/2005	12:00:00	47,93	28,55	57,09

9/12/2005	12:15:00	49,60	28,50	57,80
9/12/2005	12:30:00	49,51	29,30	58,55
9/12/2005	12:45:00	47,08	29,91	59,20
9/12/2005	13:00:00	46,20	30,75	59,77
9/12/2005	13:15:00	45,99	30,52	60,23
9/12/2005	13:30:00	45,63	31,22	60,66
9/12/2005	13:45:00	46,53	31,78	60,94
9/12/2005	14:00:00	47,85	32,16	61,50
9/12/2005	14:15:00	51,13	32,63	61,83
9/12/2005	14:30:00	51,74	32,81	62,63
9/12/2005	14:45:00	53,85	33,14	63,38
9/12/2005	15:00:00	54,48	33,89	64,08
9/12/2005	15:15:00	54,68	33,70	64,83
9/12/2005	15:30:00	53,67	34,27	65,58
9/12/2005	15:45:00	54,17	34,17	65,86
9/12/2005	16:00:00	53,86	34,31	66,47
9/12/2005	16:15:00	53,66	34,69	67,17
9/12/2005	16:30:00	53,70	34,73	67,31
9/12/2005	16:45:00	54,10	34,55	67,64
9/12/2005	17:00:00	54,49	34,78	67,78
9/12/2005	17:15:00	53,08	33,84	67,45
9/12/2005	17:30:00	52,86	34,41	67,17
9/12/2005	17:45:00	51,21	34,92	67,17
9/12/2005	18:00:00	49,44	34,55	67,31
9/12/2005	18:15:00	48,98	34,17	67,17
9/12/2005	18:30:00	47,60	33,14	66,33
9/12/2005	18:45:00	47,79	32,86	65,25
9/12/2005	19:00:00	45,45	32,77	64,50
9/12/2005	19:15:00	45,03	31,50	63,84
9/12/2005	19:30:00	43,26	30,80	63,05
9/12/2005	19:45:00	42,16	29,91	62,34
9/12/2005	20:00:00	40,06	29,91	61,45
9/12/2005	20:15:00	40,43	28,97	60,23
9/12/2005	20:30:00	39,52	28,59	59,77
9/12/2005	20:45:00	39,88	27,98	59,02
9/12/2005	21:00:00	40,76	28,13	58,27
9/12/2005	21:15:00	41,32	27,56	57,75
9/12/2005	21:30:00	45,09	26,91	57,33
9/12/2005	21:45:00	47,76	27,00	56,91
9/12/2005	22:00:00	48,06	27,28	56,77
9/12/2005	22:15:00	47,77	27,19	56,77

9/12/2005	22:30:00	47,53	26,77	56,67
9/12/2005	22:45:00	46,58	26,30	56,63
9/12/2005	23:00:00	45,67	26,02	56,48
9/12/2005	23:15:00	45,21	26,30	56,02
9/12/2005	23:30:00	45,34	26,34	56,06
9/12/2005	23:45:00	45,61	25,92	55,45
10/12/2005	00:00:00	45,12	25,55	55,17
10/12/2005	00:15:00	45,01	25,97	55,17
10/12/2005	00:30:00	44,68	25,92	54,89
10/12/2005	00:45:00	43,62	25,59	54,84
10/12/2005	01:00:00	43,57	26,63	54,61
10/12/2005	01:15:00	41,75	25,73	54,56
10/12/2005	01:30:00	40,42	25,92	54,28
10/12/2005	01:45:00	39,37	25,97	53,67
10/12/2005	02:00:00	38,44	25,45	53,44
10/12/2005	02:15:00	37,64	25,88	53,02
10/12/2005	02:30:00	36,28	26,30	52,55
10/12/2005	02:45:00	36,37	25,41	52,22
10/12/2005	03:00:00	36,21	24,94	51,70
10/12/2005	03:15:00	34,05	25,83	49,78
10/12/2005	03:30:00	34,11	24,42	49,64
10/12/2005	03:45:00	33,65	24,80	49,78
10/12/2005	04:00:00	33,13	24,23	49,45
10/12/2005	04:15:00	33,03	23,86	49,03
10/12/2005	04:30:00	33,65	23,81	46,97
10/12/2005	04:45:00	32,95	23,91	46,13
10/12/2005	05:00:00	33,06	24,14	45,84
10/12/2005	05:15:00	33,06	22,78	45,23
10/12/2005	05:30:00	33,06	22,92	45,47
10/12/2005	05:45:00	31,33	23,77	46,08
10/12/2005	06:00:00	31,47	24,61	46,31
10/12/2005	06:15:00	31,50	22,50	46,08
10/12/2005	06:30:00	31,75	23,34	45,84
10/12/2005	06:45:00	31,23	22,27	44,91
10/12/2005	07:00:00	30,68	22,59	43,45
10/12/2005	07:15:00	31,92	21,98	42,00
10/12/2005	07:30:00	31,62	21,56	41,53
10/12/2005	07:45:00	30,67	20,63	42,28
10/12/2005	08:00:00	30,00	20,48	42,89
10/12/2005	08:15:00	31,82	20,72	43,78
10/12/2005	08:30:00	31,88	21,28	43,92

10/12/2005	08:45:00	32,57	21,14	44,06
10/12/2005	09:00:00	33,10	21,84	44,06
10/12/2005	09:15:00	33,76	21,89	44,02
10/12/2005	09:30:00	34,95	22,92	44,20
10/12/2005	09:45:00	36,06	22,78	44,63
10/12/2005	10:00:00	36,22	23,20	45,09
10/12/2005	10:15:00	36,59	23,44	45,80
10/12/2005	10:30:00	37,34	23,48	46,08
10/12/2005	10:45:00	38,39	23,91	46,69
10/12/2005	11:00:00	38,35	24,14	47,25
10/12/2005	11:15:00	39,01	25,22	47,95
10/12/2005	11:30:00	38,52	24,89	48,75
10/12/2005	11:45:00	38,68	25,55	49,50
10/12/2005	12:00:00	37,56	25,22	49,78
10/12/2005	12:15:00	37,28	25,97	49,59
10/12/2005	12:30:00	37,71	26,34	49,88
10/12/2005	12:45:00	37,00	26,67	50,20
10/12/2005	13:00:00	36,08	25,97	50,48
10/12/2005	13:15:00	36,43	26,20	50,20
10/12/2005	13:30:00	36,52	26,44	50,20
10/12/2005	13:45:00	36,14	27,14	50,20
10/12/2005	14:00:00	36,14	26,44	50,48
10/12/2005	14:15:00	36,39	27,38	50,53
10/12/2005	14:30:00	37,02	27,61	51,09
10/12/2005	14:45:00	36,79	28,08	51,38
10/12/2005	15:00:00	37,03	27,66	51,66
10/12/2005	15:15:00	35,87	27,75	51,38
10/12/2005	15:30:00	36,04	27,47	51,09
10/12/2005	15:45:00	36,16	27,52	51,09
10/12/2005	16:00:00	35,98	27,14	50,81
10/12/2005	16:15:00	35,94	26,39	51,09
10/12/2005	16:30:00	36,31	26,30	50,53
10/12/2005	16:45:00	35,65	26,72	50,16
10/12/2005	17:00:00	35,08	26,81	50,20
10/12/2005	17:15:00	34,73	27,42	49,88
10/12/2005	17:30:00	34,92	27,33	49,73
10/12/2005	17:45:00	34,17	28,17	49,73
10/12/2005	18:00:00	33,72	26,81	49,88
10/12/2005	18:15:00	33,51	27,00	49,64
10/12/2005	18:30:00	33,60	26,48	49,45
10/12/2005	18:45:00	33,84	25,31	49,31

10/12/2005	19:00:00	33,99	25,08	49,03
10/12/2005	19:15:00	33,90	24,94	48,56
10/12/2005	19:30:00	32,35	24,80	48,33
10/12/2005	19:45:00	31,68	24,33	48,19
10/12/2005	20:00:00	32,45	23,95	47,86
10/12/2005	20:15:00	33,25	23,77	47,30
10/12/2005	20:30:00	34,30	23,25	46,97
10/12/2005	20:45:00	34,53	23,11	46,69
10/12/2005	21:00:00	35,69	22,64	46,69
10/12/2005	21:15:00	36,33	22,83	46,41
10/12/2005	21:30:00	38,29	22,22	46,41
10/12/2005	21:45:00	39,61	21,89	46,13
10/12/2005	22:00:00	39,42	22,55	46,13
10/12/2005	22:15:00	39,45	21,80	46,41
10/12/2005	22:30:00	39,11	22,27	46,41
10/12/2005	22:45:00	38,15	21,56	46,41
10/12/2005	23:00:00	36,34	21,66	46,69
10/12/2005	23:15:00	35,10	20,72	46,69
10/12/2005	23:30:00	34,68	21,05	46,41
10/12/2005	23:45:00	34,08	21,00	46,08
11/12/2005	00:00:00	33,18	21,56	45,80
11/12/2005	00:15:00	32,50	21,38	45,52
11/12/2005	00:30:00	31,29	20,58	45,38
11/12/2005	00:45:00	30,48	21,66	45,05
11/12/2005	01:00:00	29,44	22,03	44,77
11/12/2005	01:15:00	28,32	21,23	44,63
11/12/2005	01:30:00	28,43	21,14	44,34
11/12/2005	01:45:00	27,27	20,95	44,06
11/12/2005	02:00:00	26,79	20,72	43,73
11/12/2005	02:15:00	25,92	20,58	43,45
11/12/2005	02:30:00	24,96	20,86	43,22
11/12/2005	02:45:00	24,86	20,02	42,84
11/12/2005	03:00:00	23,94	19,69	42,28
11/12/2005	03:15:00	23,98	19,59	41,53
11/12/2005	03:30:00	23,69	19,59	41,11
11/12/2005	03:45:00	23,12	19,69	40,83
11/12/2005	04:00:00	23,14	19,36	40,69
11/12/2005	04:15:00	22,71	19,64	40,50
11/12/2005	04:30:00	23,13	20,16	40,55
11/12/2005	04:45:00	22,97	19,13	40,27
11/12/2005	05:00:00	21,91	18,23	39,94

11/12/2005	05:15:00	21,99	19,36	39,66
11/12/2005	05:30:00	21,89	19,08	39,56
11/12/2005	05:45:00	21,89	18,89	39,38
11/12/2005	06:00:00	22,03	18,42	39,05
11/12/2005	06:15:00	21,92	18,09	39,09
11/12/2005	06:30:00	21,82	18,47	38,77
11/12/2005	06:45:00	21,03	18,05	38,77
11/12/2005	07:00:00	21,57	19,27	38,48
11/12/2005	07:15:00	20,28	18,05	38,48
11/12/2005	07:30:00	18,80	17,95	38,16
11/12/2005	07:45:00	18,53	16,97	37,92
11/12/2005	08:00:00	18,63	17,30	37,92
11/12/2005	08:15:00	18,81	16,83	37,59
11/12/2005	08:30:00	19,41	16,41	37,64
11/12/2005	08:45:00	20,03	16,88	37,64
11/12/2005	09:00:00	20,78	17,53	37,88
11/12/2005	09:15:00	21,10	17,30	37,92
11/12/2005	09:30:00	21,75	17,77	38,16
11/12/2005	09:45:00	22,79	19,03	38,16
11/12/2005	10:00:00	23,87	19,41	38,48
11/12/2005	10:15:00	24,33	20,16	38,81
11/12/2005	10:30:00	24,84	20,63	39,23
11/12/2005	10:45:00	25,10	21,14	39,84
11/12/2005	11:00:00	25,95	21,75	40,41
11/12/2005	11:15:00	26,37	22,36	40,88
11/12/2005	11:30:00	26,71	22,50	41,44
11/12/2005	11:45:00	26,71	22,78	42,05
11/12/2005	12:00:00	26,44	23,53	42,28
11/12/2005	12:15:00	26,38	23,77	42,84
11/12/2005	12:30:00	26,72	24,09	43,45
11/12/2005	12:45:00	27,04	23,30	43,64
11/12/2005	13:00:00	27,41	24,75	43,88
11/12/2005	13:15:00	26,70	24,75	44,16
11/12/2005	13:30:00	26,26	25,31	44,48
11/12/2005	13:45:00	26,34	25,64	44,91
11/12/2005	14:00:00	26,67	25,92	45,23
11/12/2005	14:15:00	25,54	26,02	45,80
11/12/2005	14:30:00	25,50	27,33	46,13
11/12/2005	14:45:00	25,54	27,00	46,36
11/12/2005	15:00:00	26,40	26,81	46,73
11/12/2005	15:15:00	26,26	27,23	46,73

11/12/2005	15:30:00	26,95	27,23	46,97
11/12/2005	15:45:00	26,69	28,27	47,30
11/12/2005	16:00:00	27,35	27,75	47,58
11/12/2005	16:15:00	27,19	27,61	47,86
11/12/2005	16:30:00	27,29	28,88	48,00
11/12/2005	16:45:00	27,27	28,08	48,00
11/12/2005	17:00:00	26,84	28,08	48,05
11/12/2005	17:15:00	27,38	27,80	47,86
11/12/2005	17:30:00	27,59	27,66	47,53
11/12/2005	17:45:00	27,73	28,13	47,30
11/12/2005	18:00:00	26,92	27,19	47,30
11/12/2005	18:15:00	27,33	27,94	47,25
11/12/2005	18:30:00	26,95	27,23	47,25
11/12/2005	18:45:00	27,79	26,72	47,25
11/12/2005	19:00:00	27,81	26,72	47,25
11/12/2005	19:15:00	28,27	25,64	47,25
11/12/2005	19:30:00	28,24	25,36	46,97
11/12/2005	19:45:00	28,32	25,41	46,69
11/12/2005	20:00:00	28,27	25,03	46,41
11/12/2005	20:15:00	28,33	24,61	46,13
11/12/2005	20:30:00	28,79	23,91	45,84
11/12/2005	20:45:00	29,09	23,34	45,33
11/12/2005	21:00:00	29,91	22,69	45,05
11/12/2005	21:15:00	30,78	22,88	44,81
11/12/2005	21:30:00	34,35	22,69	44,67
11/12/2005	21:45:00	37,45	22,41	44,48
11/12/2005	22:00:00	37,95	22,22	44,67
11/12/2005	22:15:00	38,14	21,75	44,81
11/12/2005	22:30:00	38,33	21,47	44,95
11/12/2005	22:45:00	36,62	21,38	45,09
11/12/2005	23:00:00	35,97	21,09	45,05
11/12/2005	23:15:00	36,14	21,09	45,05
11/12/2005	23:30:00	35,31	20,77	45,05
11/12/2005	23:45:00	33,42	20,81	45,09
12/12/2005	00:00:00	33,50	20,77	45,09
12/12/2005	00:15:00	31,94	20,77	44,91
12/12/2005	00:30:00	30,80	20,72	44,81
12/12/2005	00:45:00	29,77	20,72	44,63
12/12/2005	01:00:00	29,20	20,63	44,39
12/12/2005	01:15:00	27,91	20,20	44,11
12/12/2005	01:30:00	27,82	20,20	43,73

12/12/2005	01:45:00	28,07	19,97	43,64
12/12/2005	02:00:00	26,91	19,97	43,13
12/12/2005	02:15:00	26,40	20,11	42,89
12/12/2005	02:30:00	27,06	19,97	42,89
12/12/2005	02:45:00	25,97	20,02	42,61
12/12/2005	03:00:00	25,83	19,92	42,33
12/12/2005	03:15:00	24,89	19,83	41,95
12/12/2005	03:30:00	24,49	19,73	42,00
12/12/2005	03:45:00	24,34	20,30	41,58
12/12/2005	04:00:00	24,32	20,06	41,39
12/12/2005	04:15:00	24,50	19,13	41,11
12/12/2005	04:30:00	24,81	19,92	41,16
12/12/2005	04:45:00	25,16	20,02	41,02
12/12/2005	05:00:00	25,22	19,27	40,97
12/12/2005	05:15:00	25,37	19,17	40,64
12/12/2005	05:30:00	25,42	19,59	40,50
12/12/2005	05:45:00	25,37	18,98	40,55
12/12/2005	06:00:00	25,17	19,36	40,41
12/12/2005	06:15:00	26,13	19,59	40,27
12/12/2005	06:30:00	26,44	19,64	40,27
12/12/2005	06:45:00	27,04	19,78	40,13
12/12/2005	07:00:00	28,47	19,88	40,13
12/12/2005	07:15:00	29,21	19,50	39,98
12/12/2005	07:30:00	29,76	18,80	39,98
12/12/2005	07:45:00	30,18	18,66	40,13
12/12/2005	08:00:00	32,45	18,00	40,08
12/12/2005	08:15:00	34,91	19,17	40,17
12/12/2005	08:30:00	36,22	19,27	40,41
12/12/2005	08:45:00	37,84	19,59	40,83
12/12/2005	09:00:00	38,60	20,06	41,25
12/12/2005	09:15:00	40,27	20,30	42,00
12/12/2005	09:30:00	40,95	20,63	42,61
12/12/2005	09:45:00	42,40	21,19	43,50
12/12/2005	10:00:00	43,33	21,56	44,06
12/12/2005	10:15:00	43,58	21,98	44,81
12/12/2005	10:30:00	45,04	22,50	45,56
12/12/2005	10:45:00	45,23	23,39	46,73
12/12/2005	11:00:00	46,10	23,25	47,53
12/12/2005	11:15:00	45,75	24,05	48,75
12/12/2005	11:30:00	46,75	24,61	49,78
12/12/2005	11:45:00	46,44	24,94	50,81

12/12/2005	12:00:00	45,39	25,55	51,70
12/12/2005	12:15:00	46,07	25,97	52,41
12/12/2005	12:30:00	46,10	25,92	53,02
12/12/2005	12:45:00	44,40	27,28	53,58
12/12/2005	13:00:00	43,02	27,09	54,33
12/12/2005	13:15:00	42,79	27,47	54,94
12/12/2005	13:30:00	42,10	28,50	55,17
12/12/2005	13:45:00	43,04	28,88	55,50
12/12/2005	14:00:00	44,38	29,06	55,78
12/12/2005	14:15:00	48,16	29,77	56,06
12/12/2005	14:30:00	48,29	29,81	56,77
12/12/2005	14:45:00	49,06	29,72	57,70
12/12/2005	15:00:00	49,14	30,28	58,27
12/12/2005	15:15:00	49,54	30,09	58,88
12/12/2005	15:30:00	49,71	30,52	58,97
12/12/2005	15:45:00	50,18	30,80	59,58
12/12/2005	16:00:00	49,71	29,86	60,14
12/12/2005	16:15:00	49,45	29,58	59,91
12/12/2005	16:30:00	49,73	29,63	60,05
12/12/2005	16:45:00	49,91	30,84	60,14
12/12/2005	17:00:00	50,40	30,66	60,14
12/12/2005	17:15:00	50,51	30,80	60,19
12/12/2005	17:30:00	49,58	31,31	60,14
12/12/2005	17:45:00	48,41	30,47	60,19
12/12/2005	18:00:00	47,99	30,42	60,28
12/12/2005	18:15:00	47,42	30,00	60,23
12/12/2005	18:30:00	47,71	29,81	59,91
12/12/2005	18:45:00	43,97	29,58	59,72
12/12/2005	19:00:00	43,09	29,16	59,58
12/12/2005	19:15:00	42,86	28,92	59,16
12/12/2005	19:30:00	41,15	29,39	58,55
12/12/2005	19:45:00	39,99	28,45	57,98
12/12/2005	20:00:00	37,98	28,03	57,52
12/12/2005	20:15:00	37,31	27,52	56,63
12/12/2005	20:30:00	37,49	27,28	55,78
12/12/2005	20:45:00	37,82	26,48	55,22
12/12/2005	21:00:00	39,36	25,97	54,56
12/12/2005	21:15:00	39,54	25,45	53,86
12/12/2005	21:30:00	42,25	25,45	53,48
12/12/2005	21:45:00	45,93	25,13	53,16
12/12/2005	22:00:00	47,24	24,66	53,02

12/12/2005	22:15:00	48,34	24,52	53,16
12/12/2005	22:30:00	47,66	24,38	53,30
12/12/2005	22:45:00	45,93	24,23	53,58
12/12/2005	23:00:00	44,96	24,14	53,53
12/12/2005	23:15:00	44,19	23,67	53,58
12/12/2005	23:30:00	44,45	24,19	53,44
12/12/2005	23:45:00	43,37	23,44	52,97
13/12/2005	00:00:00	40,54	23,48	52,55
13/12/2005	00:15:00	39,74	23,48	52,08
13/12/2005	00:30:00	38,72	22,78	51,66
13/12/2005	00:45:00	37,91	23,20	51,09
13/12/2005	01:00:00	36,57	22,83	50,81
13/12/2005	01:15:00	35,20	22,69	50,20
13/12/2005	01:30:00	34,43	22,50	49,78
13/12/2005	01:45:00	33,90	22,17	49,17
13/12/2005	02:00:00	33,08	22,31	48,75
13/12/2005	02:15:00	31,67	22,36	48,42
13/12/2005	02:30:00	31,28	22,13	48,14
13/12/2005	02:45:00	30,84	22,41	47,58
13/12/2005	03:00:00	30,36	22,22	47,25
13/12/2005	03:15:00	28,64	22,31	46,97
13/12/2005	03:30:00	28,18	21,98	46,69
13/12/2005	03:45:00	27,86	21,89	46,41
13/12/2005	04:00:00	27,53	21,94	46,08
13/12/2005	04:15:00	27,97	21,61	45,80
13/12/2005	04:30:00	28,58	21,47	45,47
13/12/2005	04:45:00	28,03	21,89	45,09
13/12/2005	05:00:00	28,36	21,89	44,91
13/12/2005	05:15:00	27,64	21,56	44,72
13/12/2005	05:30:00	28,50	21,84	44,48
13/12/2005	05:45:00	28,05	21,89	44,39
13/12/2005	06:00:00	27,83	21,61	44,20
13/12/2005	06:15:00	27,93	21,84	44,06
13/12/2005	06:30:00	28,76	21,66	43,73
13/12/2005	06:45:00	28,95	21,42	43,59
13/12/2005	07:00:00	30,29	21,47	43,45
13/12/2005	07:15:00	31,08	21,52	43,45
13/12/2005	07:30:00	31,29	21,14	43,50
13/12/2005	07:45:00	31,47	20,81	43,50
13/12/2005	08:00:00	33,65	20,63	43,45
13/12/2005	08:15:00	34,61	20,53	43,45

13/12/2005	08:30:00	35,82	20,95	43,59
13/12/2005	08:45:00	38,26	21,19	43,78
13/12/2005	09:00:00	38,37	21,42	44,20
13/12/2005	09:15:00	41,06	21,98	44,81
13/12/2005	09:30:00	42,74	22,36	45,19
13/12/2005	09:45:00	42,93	22,64	46,13
13/12/2005	10:00:00	43,11	23,39	46,41
13/12/2005	10:15:00	44,32	23,77	47,30
13/12/2005	10:30:00	45,87	23,91	48,05
13/12/2005	10:45:00	45,97	24,52	48,89
13/12/2005	11:00:00	46,52	25,45	49,64
13/12/2005	11:15:00	46,98	25,92	50,77
13/12/2005	11:30:00	47,24	25,64	51,66
13/12/2005	11:45:00	48,15	26,48	52,55
13/12/2005	12:00:00	46,69	26,48	52,97
13/12/2005	12:15:00	46,72	27,28	53,72
13/12/2005	12:30:00	46,07	27,28	54,61
13/12/2005	12:45:00	44,19	28,03	54,94
13/12/2005	13:00:00	42,72	27,52	55,17
13/12/2005	13:15:00	41,66	27,38	55,17
13/12/2005	13:30:00	41,74	28,59	55,50
13/12/2005	13:45:00	43,18	29,02	55,78
13/12/2005	14:00:00	44,41	29,86	56,34
13/12/2005	14:15:00	47,61	31,08	56,77
13/12/2005	14:30:00	48,49	30,56	57,42
13/12/2005	14:45:00	49,18	30,19	57,98
13/12/2005	15:00:00	49,36	30,28	58,88
13/12/2005	15:15:00	48,73	30,70	59,30
13/12/2005	15:30:00	49,53	30,61	59,53
13/12/2005	15:45:00	50,27	30,66	60,14
13/12/2005	16:00:00	49,67	30,80	60,47
13/12/2005	16:15:00	49,19	30,84	60,66
13/12/2005	16:30:00	49,86	30,42	60,89
13/12/2005	16:45:00	49,33	30,89	60,89
13/12/2005	17:00:00	49,86	30,28	60,56
13/12/2005	17:15:00	49,58	30,00	60,24
13/12/2005	17:30:00	49,30	29,72	59,91
13/12/2005	17:45:00	48,75	28,97	59,72
13/12/2005	18:00:00	47,69	29,53	59,58
13/12/2005	18:15:00	45,49	29,81	59,25
13/12/2005	18:30:00	45,66	28,97	59,11

13/12/2005	18:45:00	43,92	29,11	58,97
13/12/2005	19:00:00	42,27	28,13	58,50
13/12/2005	19:15:00	41,68	27,80	57,80
13/12/2005	19:30:00	40,19	27,56	57,38
13/12/2005	19:45:00	37,87	27,38	56,63
13/12/2005	20:00:00	36,28	26,86	56,02
13/12/2005	20:15:00	36,64	26,95	55,17
13/12/2005	20:30:00	36,19	26,02	54,61
13/12/2005	20:45:00	37,01	25,78	53,63
13/12/2005	21:00:00	37,57	25,22	52,97
13/12/2005	21:15:00	38,06	24,75	52,41
13/12/2005	21:30:00	41,90	24,61	52,13
13/12/2005	21:45:00	45,22	24,05	51,66
13/12/2005	22:00:00	45,69	24,09	51,38
13/12/2005	22:15:00	45,54	23,81	51,38
13/12/2005	22:30:00	45,12	23,72	51,66
13/12/2005	22:45:00	44,41	23,39	51,66
13/12/2005	23:00:00	43,18	23,02	51,38
13/12/2005	23:15:00	43,07	23,16	51,38
13/12/2005	23:30:00	43,39	22,92	51,38
13/12/2005	23:45:00	42,64	22,88	51,09
14/12/2005	00:00:00	41,10	23,06	50,81
14/12/2005	00:15:00	40,79	23,02	50,81
14/12/2005	00:30:00	39,13	22,73	50,25
14/12/2005	00:45:00	36,66	22,97	49,92
14/12/2005	01:00:00	35,83	22,69	49,78
14/12/2005	01:15:00	34,70	22,45	49,31
14/12/2005	01:30:00	33,72	22,45	49,03
14/12/2005	01:45:00	32,92	22,45	48,47
14/12/2005	02:00:00	32,16	22,41	48,00
14/12/2005	02:15:00	31,40	22,17	47,53
14/12/2005	02:30:00	30,80	22,69	46,97
14/12/2005	02:45:00	30,84	22,50	47,02
14/12/2005	03:00:00	29,83	22,55	46,69
14/12/2005	03:15:00	28,81	22,55	46,41
14/12/2005	03:30:00	28,44	22,27	46,41
14/12/2005	03:45:00	28,97	22,13	46,13
14/12/2005	04:00:00	29,11	21,70	45,84
14/12/2005	04:15:00	28,75	22,03	45,33
14/12/2005	04:30:00	28,81	21,33	45,09
14/12/2005	04:45:00	29,93	21,33	44,77

14/12/2005	05:00:00	28,50	21,89	44,48
14/12/2005	05:15:00	28,75	21,47	44,34
14/12/2005	05:30:00	29,67	21,56	44,06
14/12/2005	05:45:00	29,49	21,23	44,02
14/12/2005	06:00:00	29,35	20,53	43,73
14/12/2005	06:15:00	29,45	21,05	43,73
14/12/2005	06:30:00	29,50	22,17	43,64
14/12/2005	06:45:00	30,67	21,33	43,17
14/12/2005	07:00:00	30,14	21,42	43,17
14/12/2005	07:15:00	31,87	20,95	42,89
14/12/2005	07:30:00	31,36	20,30	43,17
14/12/2005	07:45:00	32,00	20,44	43,17
14/12/2005	08:00:00	32,89	21,09	43,17
14/12/2005	08:15:00	35,72	21,00	43,45
14/12/2005	08:30:00	35,83	21,00	43,45
14/12/2005	08:45:00	39,48	21,33	43,78
14/12/2005	09:00:00	41,20	22,13	44,16
14/12/2005	09:15:00	40,82	22,27	44,67
14/12/2005	09:30:00	42,33	22,59	45,38
14/12/2005	09:45:00	44,90	22,92	46,13
14/12/2005	10:00:00	44,20	23,63	46,73
14/12/2005	10:15:00	45,71	23,91	47,30
14/12/2005	10:30:00	45,96	24,52	48,14
14/12/2005	10:45:00	46,12	24,66	48,94
14/12/2005	11:00:00	47,09	25,08	49,92
14/12/2005	11:15:00	47,37	25,31	51,05
14/12/2005	11:30:00	47,32	26,06	51,84
14/12/2005	11:45:00	47,62	26,77	52,83
14/12/2005	12:00:00	46,29	26,63	53,72
14/12/2005	12:15:00	45,47	27,38	54,33
14/12/2005	12:30:00	44,97	27,84	54,89
14/12/2005	12:45:00	44,34	27,84	55,17
14/12/2005	13:00:00	41,63	28,13	55,50
14/12/2005	13:15:00	42,60	28,36	56,02
14/12/2005	13:30:00	41,88	29,16	56,34
14/12/2005	13:45:00	42,70	30,42	56,53
14/12/2005	14:00:00	43,84	29,86	56,63
14/12/2005	14:15:00	46,15	30,52	56,95
14/12/2005	14:30:00	48,97	31,45	57,38
14/12/2005	14:45:00	51,33	31,27	58,13
14/12/2005	15:00:00	50,19	30,75	58,83

14/12/2005	15:15:00	50,45	31,22	59,44
14/12/2005	15:30:00	49,99	31,31	60,00
14/12/2005	15:45:00	50,03	31,36	60,33
14/12/2005	16:00:00	50,78	31,83	60,84
14/12/2005	16:15:00	49,97	31,88	61,22
14/12/2005	16:30:00	50,76	30,70	61,17
14/12/2005	16:45:00	51,39	30,70	61,17
14/12/2005	17:00:00	50,80	31,45	61,17
14/12/2005	17:15:00	50,91	31,27	60,89
14/12/2005	17:30:00	49,50	30,70	60,61
14/12/2005	17:45:00	48,22	30,42	60,61
14/12/2005	18:00:00	46,46	29,63	60,61
14/12/2005	18:15:00	46,19	29,25	60,28
14/12/2005	18:30:00	45,81	29,16	59,67
14/12/2005	18:45:00	45,10	29,16	59,16
14/12/2005	19:00:00	42,10	28,55	58,88
14/12/2005	19:15:00	40,93	28,64	58,08
14/12/2005	19:30:00	40,10	28,36	57,84
14/12/2005	19:45:00	37,55	27,61	57,05
14/12/2005	20:00:00	37,30	27,52	56,53
14/12/2005	20:15:00	37,71	27,23	55,45
14/12/2005	20:30:00	37,64	27,00	54,89
14/12/2005	20:45:00	38,23	26,02	54,28
14/12/2005	21:00:00	39,75	25,45	53,72
14/12/2005	21:15:00	40,18	25,03	53,25
14/12/2005	21:30:00	43,00	24,84	52,83
14/12/2005	21:45:00	45,33	24,23	52,55
14/12/2005	22:00:00	46,25	24,61	52,27
14/12/2005	22:15:00	46,84	24,42	52,41
14/12/2005	22:30:00	46,39	24,42	52,55
14/12/2005	22:45:00	45,79	24,19	52,55
14/12/2005	23:00:00	44,66	24,33	52,69
14/12/2005	23:15:00	43,60	23,81	52,55
14/12/2005	23:30:00	43,61	24,23	52,41
14/12/2005	23:45:00	42,84	24,00	52,13

MEDIÇÕES DA SE SÃO LEOPOLDO, PERÍODO DE 01 a 14/12/2005

Data (coluna 1), Hora (coluna 2), Registro (coluna 3), Carga (coluna 4), Temperatura Ambiente (coluna 5) e Temperatura da Imagem Térmica (coluna 6)

1/12/2005	00:00:00	1	49,82	26,53	71,39	1/12/2005	10:00:00	41	45,87	22,64	59,77	1/12/2005	20:00:00	81	36,09	22,41	57,33
1/12/2005	00:15:00	2	47,04	26,67	70,22	1/12/2005	10:15:00	42	47,41	21,94	59,53	1/12/2005	20:15:00	82	36,54	21,94	56,58
1/12/2005	00:30:00	3	46,29	27,14	69,98	1/12/2005	10:30:00	43	47,74	21,89	60,09	1/12/2005	20:30:00	83	36,79	22,31	56,39
1/12/2005	00:45:00	4	46,63	26,67	69,14	1/12/2005	10:45:00	44	48,20	21,80	60,52	1/12/2005	20:45:00	84	37,36	21,70	56,16
1/12/2005	01:00:00	5	44,87	26,30	68,63	1/12/2005	11:00:00	45	47,71	21,33	60,56	1/12/2005	21:00:00	85	37,97	21,42	56,16
1/12/2005	01:15:00	6	43,10	26,25	67,22	1/12/2005	11:15:00	46	48,72	21,00	59,95	1/12/2005	21:15:00	86	38,73	21,84	56,30
1/12/2005	01:30:00	7	43,26	26,53	66,42	1/12/2005	11:30:00	47	48,34	20,86	60,05	1/12/2005	21:30:00	87	41,59	21,52	56,86
1/12/2005	01:45:00	8	41,80	26,44	65,95	1/12/2005	11:45:00	48	47,76	21,80	61,13	1/12/2005	21:45:00	88	43,77	21,66	57,75
1/12/2005	02:00:00	9	40,98	26,53	64,92	1/12/2005	12:00:00	49	46,95	22,22	62,16	1/12/2005	22:00:00	89	43,59	21,38	58,08
1/12/2005	02:15:00	10	40,00	25,97	63,75	1/12/2005	12:15:00	50	46,54	22,03	62,44	1/12/2005	22:15:00	90	43,33	21,94	58,03
1/12/2005	02:30:00	11	39,73	25,92	62,86	1/12/2005	12:30:00	51	45,43	22,03	62,44	1/12/2005	22:30:00	91	42,51	21,52	58,22
1/12/2005	02:45:00	12	37,86	25,45	61,83	1/12/2005	12:45:00	52	43,88	22,03	61,55	1/12/2005	22:45:00	92	42,57	21,33	58,17
1/12/2005	03:00:00	13	36,64	25,50	60,98	1/12/2005	13:00:00	53	41,41	22,73	61,22	1/12/2005	23:00:00	93	41,36	20,81	57,89
1/12/2005	03:15:00	14	35,87	25,55	59,95	1/12/2005	13:15:00	54	41,57	23,06	60,98	1/12/2005	23:15:00	94	42,40	19,92	57,52
1/12/2005	03:30:00	15	36,01	25,55	59,34	1/12/2005	13:30:00	55	40,80	23,16	61,13	1/12/2005	23:30:00	95	41,24	19,97	57,47
1/12/2005	03:45:00	16	35,46	24,94	58,73	1/12/2005	13:45:00	56	40,92	23,02	61,08	1/12/2005	23:45:00	96	40,82	20,53	57,05
1/12/2005	04:00:00	17	35,25	25,17	58,17	1/12/2005	14:00:00	57	42,72	23,16	60,80	2/12/2005	00:00:00	97	40,80	20,16	57,00
1/12/2005	04:15:00	18	35,89	25,31	57,75	1/12/2005	14:15:00	58	47,20	22,36	62,44	2/12/2005	00:15:00	98	39,00	20,11	56,39
1/12/2005	04:30:00	19	36,20	24,89	57,42	1/12/2005	14:30:00	59	47,94	21,28	60,80	2/12/2005	00:30:00	99	37,90	20,30	55,83
1/12/2005	04:45:00	20	35,30	24,23	57,00	1/12/2005	14:45:00	60	47,00	21,23	59,81	2/12/2005	00:45:00	100	36,69	20,16	54,98
1/12/2005	05:00:00	21	34,70	24,75	56,48	1/12/2005	15:00:00	61	47,15	21,19	59,77	2/12/2005	01:00:00	101	35,37	19,73	54,70
1/12/2005	05:15:00	22	34,45	24,19	56,16	1/12/2005	15:15:00	62	46,49	21,52	60,52	2/12/2005	01:15:00	102	32,86	20,25	53,39
1/12/2005	05:30:00	23	34,80	24,33	55,83	1/12/2005	15:30:00	63	46,79	21,84	60,94	2/12/2005	01:30:00	103	32,47	20,25	52,45
1/12/2005	05:45:00	24	34,62	24,00	55,59	1/12/2005	15:45:00	64	47,02	21,56	61,17	2/12/2005	01:45:00	104	31,36	20,16	51,89
1/12/2005	06:00:00	25	34,74	24,19	55,27	1/12/2005	16:00:00	65	46,97	21,70	61,45	2/12/2005	02:00:00	105	30,77	19,64	51,80
1/12/2005	06:15:00	26	34,03	24,05	54,80	1/12/2005	16:15:00	66	45,35	22,03	61,27	2/12/2005	02:15:00	106	30,37	19,73	50,91
1/12/2005	06:30:00	27	34,47	24,14	54,80	1/12/2005	16:30:00	67	46,07	22,41	61,83	2/12/2005	02:30:00	107	29,63	20,06	50,53
1/12/2005	06:45:00	28	34,61	23,67	54,52	1/12/2005	16:45:00	68	46,58	21,80	62,16	2/12/2005	02:45:00	108	29,89	19,88	50,02
1/12/2005	07:00:00	29	35,10	23,67	54,52	1/12/2005	17:00:00	69	45,61	21,38	61,88	2/12/2005	03:00:00	109	28,44	19,45	49,55
1/12/2005	07:15:00	30	35,75	23,81	54,52	1/12/2005	17:15:00	70	46,04	21,56	61,55	2/12/2005	03:15:00	110	27,19	19,41	48,98
1/12/2005	07:30:00	31	37,69	23,63	54,70	1/12/2005	17:30:00	71	44,97	22,17	61,41	2/12/2005	03:30:00	111	26,99	19,41	48,70
1/12/2005	07:45:00	32	37,70	24,00	54,66	1/12/2005	17:45:00	72	44,56	22,55	61,55	2/12/2005	03:45:00	112	27,41	19,50	48,38
1/12/2005	08:00:00	33	36,75	23,58	54,66	1/12/2005	18:00:00	73	44,29	22,55	61,59	2/12/2005	04:00:00	113	27,17	20,16	48,09
1/12/2005	08:15:00	34	38,91	23,77	55,31	1/12/2005	18:15:00	74	42,96	22,50	61,13	2/12/2005	04:15:00	114	27,54	19,78	47,67
1/12/2005	08:30:00	35	40,78	23,16	55,92	1/12/2005	18:30:00	75	42,03	22,97	60,70	2/12/2005	04:30:00	115	27,63	19,69	47,53
1/12/2005	08:45:00	36	42,30	23,11	54,94	1/12/2005	18:45:00	76	41,31	22,88	60,23	2/12/2005	04:45:00	116	27,93	20,34	47,30
1/12/2005	09:00:00	37	42,40	22,36	55,41	1/12/2005	19:00:00	77	40,21	22,92	59,77	2/12/2005	05:00:00	117	27,58	20,48	47,06
1/12/2005	09:15:00	38	44,70	22,55	56,72	1/12/2005	19:15:00	78	39,61	22,64	59,20	2/12/2005	05:15:00	118	27,65	19,69	46,97
1/12/2005	09:30:00	39	45,11	23,30	58,03	1/12/2005	19:30:00	79	38,82	22,45	58,78	2/12/2005	05:30:00	119	27,90	19,22	46,64
1/12/2005	09:45:00	40	45,47	23,53	59,06	1/12/2005	19:45:00	80	37,31	22,50	58,03	2/12/2005	05:45:00	120	28,11	19,17	46,17

2/12/2005	06:00:00	121	28,17	19,55	46,03	2/12/2005	16:15:00	162	45,36	27,61	65,81	3/12/2005	02:30:00	203	29,77	18,94	49,55
2/12/2005	06:15:00	122	27,93	19,22	46,08	2/12/2005	16:30:00	163	46,29	27,33	66,28	3/12/2005	02:45:00	204	29,72	19,45	48,98
2/12/2005	06:30:00	123	28,38	18,89	45,89	2/12/2005	16:45:00	164	45,31	27,14	65,95	3/12/2005	03:00:00	205	29,64	20,06	48,42
2/12/2005	06:45:00	124	28,49	18,89	45,75	2/12/2005	17:00:00	165	45,54	27,47	65,53	3/12/2005	03:15:00	206	27,61	20,25	47,91
2/12/2005	07:00:00	125	29,36	18,61	45,80	2/12/2005	17:15:00	166	44,95	26,67	65,34	3/12/2005	03:30:00	207	27,42	19,69	47,67
2/12/2005	07:15:00	126	29,76	18,84	45,89	2/12/2005	17:30:00	167	43,47	26,30	64,31	3/12/2005	03:45:00	208	27,47	19,31	47,34
2/12/2005	07:30:00	127	29,95	18,94	45,61	2/12/2005	17:45:00	168	42,11	26,44	63,66	3/12/2005	04:00:00	209	27,00	19,55	46,92
2/12/2005	07:45:00	128	29,95	18,98	45,94	2/12/2005	18:00:00	169	40,91	26,30	62,72	3/12/2005	04:15:00	210	27,47	20,11	46,50
2/12/2005	08:00:00	129	32,65	19,27	46,03	2/12/2005	18:15:00	170	40,01	26,20	62,16	3/12/2005	04:30:00	211	27,54	19,50	45,89
2/12/2005	08:15:00	130	34,16	19,13	47,39	2/12/2005	18:30:00	171	39,08	26,25	61,59	3/12/2005	04:45:00	212	27,03	19,69	45,75
2/12/2005	08:30:00	131	36,08	19,13	48,14	2/12/2005	18:45:00	172	40,12	25,78	61,31	3/12/2005	05:00:00	213	27,30	19,59	45,61
2/12/2005	08:45:00	132	37,55	19,55	49,13	2/12/2005	19:00:00	173	38,77	26,39	61,03	3/12/2005	05:15:00	214	27,10	19,83	45,33
2/12/2005	09:00:00	133	39,63	20,06	50,30	2/12/2005	19:15:00	174	38,25	25,27	60,80	3/12/2005	05:30:00	215	26,81	18,80	45,05
2/12/2005	09:15:00	134	41,46	19,92	51,47	2/12/2005	19:30:00	175	36,43	24,52	59,95	3/12/2005	05:45:00	216	26,88	18,84	44,58
2/12/2005	09:30:00	135	41,97	20,44	52,22	2/12/2005	19:45:00	176	35,61	24,42	59,11	3/12/2005	06:00:00	217	26,92	18,75	44,44
2/12/2005	09:45:00	136	43,73	20,53	53,30	2/12/2005	20:00:00	177	34,64	23,63	58,08	3/12/2005	06:15:00	218	26,70	17,58	44,16
2/12/2005	10:00:00	137	43,32	21,05	54,14	2/12/2005	20:15:00	178	34,71	24,09	57,19	3/12/2005	06:30:00	219	26,15	17,63	43,88
2/12/2005	10:15:00	138	43,62	20,95	54,98	2/12/2005	20:30:00	179	34,76	23,44	56,63	3/12/2005	06:45:00	220	26,46	16,22	43,41
2/12/2005	10:30:00	139	44,65	21,61	56,02	2/12/2005	20:45:00	180	35,09	22,97	55,88	3/12/2005	07:00:00	221	26,92	16,22	43,27
2/12/2005	10:45:00	140	44,00	21,19	56,91	2/12/2005	21:00:00	181	36,12	22,50	55,59	3/12/2005	07:15:00	222	25,59	16,92	42,84
2/12/2005	11:00:00	141	45,11	21,94	57,75	2/12/2005	21:15:00	182	37,11	22,17	55,41	3/12/2005	07:30:00	223	25,16	17,02	42,84
2/12/2005	11:15:00	142	45,48	22,08	58,92	2/12/2005	21:30:00	183	40,21	21,75	56,48	3/12/2005	07:45:00	224	26,00	17,30	42,52
2/12/2005	11:30:00	143	45,63	22,50	59,81	2/12/2005	21:45:00	184	43,13	21,23	57,19	3/12/2005	08:00:00	225	25,97	17,25	42,28
2/12/2005	11:45:00	144	45,93	23,06	60,80	2/12/2005	22:00:00	185	43,02	21,33	57,42	3/12/2005	08:15:00	226	26,88	17,95	42,05
2/12/2005	12:00:00	145	44,69	24,33	61,59	2/12/2005	22:15:00	186	43,20	20,72	57,33	3/12/2005	08:30:00	227	28,21	18,33	42,42
2/12/2005	12:15:00	146	45,10	24,19	61,83	2/12/2005	22:30:00	187	42,16	20,39	57,47	3/12/2005	08:45:00	228	28,74	18,52	42,94
2/12/2005	12:30:00	147	43,63	23,44	61,88	2/12/2005	22:45:00	188	41,00	21,05	57,28	3/12/2005	09:00:00	229	28,26	17,91	43,27
2/12/2005	12:45:00	148	40,86	23,91	60,66	2/12/2005	23:00:00	189	40,72	20,44	57,05	3/12/2005	09:15:00	230	29,27	18,19	43,88
2/12/2005	13:00:00	149	39,98	24,80	60,09	2/12/2005	23:15:00	190	40,69	20,16	56,72	3/12/2005	09:30:00	231	30,60	18,47	44,63
2/12/2005	13:15:00	150	39,37	23,72	59,95	2/12/2005	23:30:00	191	40,30	20,11	56,58	3/12/2005	09:45:00	232	30,65	19,22	45,00
2/12/2005	13:30:00	151	39,79	24,05	59,81	2/12/2005	23:45:00	192	39,86	20,20	56,44	3/12/2005	10:00:00	233	31,65	19,92	45,47
2/12/2005	13:45:00	152	40,40	24,98	59,81	3/12/2005	00:00:00	193	38,49	19,83	55,73	3/12/2005	10:15:00	234	32,16	20,16	46,03
2/12/2005	14:00:00	153	40,60	25,92	60,14	3/12/2005	00:15:00	194	37,63	19,69	54,98	3/12/2005	10:30:00	235	33,27	20,63	46,78
2/12/2005	14:15:00	154	42,94	25,55	61,41	3/12/2005	00:30:00	195	36,88	19,50	54,70	3/12/2005	10:45:00	236	33,28	21,42	47,48
2/12/2005	14:30:00	155	44,45	26,58	61,88	3/12/2005	00:45:00	196	35,89	20,11	53,67	3/12/2005	11:00:00	237	33,96	21,75	48,38
2/12/2005	14:45:00	156	44,80	26,25	63,47	3/12/2005	01:00:00	197	35,56	20,06	53,34	3/12/2005	11:15:00	238	34,04	22,31	48,98
2/12/2005	15:00:00	157	44,65	26,86	63,89	3/12/2005	01:15:00	198	33,97	19,50	52,50	3/12/2005	11:30:00	239	34,90	22,88	50,16
2/12/2005	15:15:00	158	44,61	26,02	64,31	3/12/2005	01:30:00	199	33,44	19,22	52,17	3/12/2005	11:45:00	240	34,39	23,34	50,91
2/12/2005	15:30:00	159	45,87	27,05	64,92	3/12/2005	01:45:00	200	32,10	19,17	51,33	3/12/2005	12:00:00	241	33,77	23,72	51,52
2/12/2005	15:45:00	160	46,02	26,48	65,39	3/12/2005	02:00:00	201	30,71	18,89	50,58	3/12/2005	12:15:00	242	33,27	24,28	52,08
2/12/2005	16:00:00	161	45,35	27,28	65,77	3/12/2005	02:15:00	202	29,94	19,41	50,02	3/12/2005	12:30:00	243	32,68	24,47	52,50

3/12/2005	12:45:00	244	32,61	25,22	52,97	3/12/2005	23:00:00	285	37,29	25,17	58,45	4/12/2005	09:15:00	326	20,73	21,42	42,98
3/12/2005	13:00:00	245	32,49	25,50	53,39	3/12/2005	23:15:00	286	36,08	24,66	57,70	4/12/2005	09:30:00	327	21,30	22,50	43,27
3/12/2005	13:15:00	246	32,53	26,39	53,95	3/12/2005	23:30:00	287	35,82	24,28	57,47	4/12/2005	09:45:00	328	21,96	22,59	43,55
3/12/2005	13:30:00	247	32,13	26,67	54,56	3/12/2005	23:45:00	288	35,32	23,91	56,91	4/12/2005	10:00:00	329	22,53	22,97	43,97
3/12/2005	13:45:00	248	32,39	27,23	54,98	4/12/2005	00:00:00	289	34,09	24,05	56,30	4/12/2005	10:15:00	330	23,32	23,11	44,48
3/12/2005	14:00:00	249	32,94	26,91	55,27	4/12/2005	00:15:00	290	33,06	23,63	55,59	4/12/2005	10:30:00	331	23,75	23,72	45,19
3/12/2005	14:15:00	250	33,40	27,89	55,69	4/12/2005	00:30:00	291	31,78	23,30	54,98	4/12/2005	10:45:00	332	24,34	24,09	45,75
3/12/2005	14:30:00	251	32,90	28,45	56,25	4/12/2005	00:45:00	292	31,49	23,53	54,33	4/12/2005	11:00:00	333	24,34	24,80	46,03
3/12/2005	14:45:00	252	32,59	28,78	56,63	4/12/2005	01:00:00	293	30,32	23,39	53,95	4/12/2005	11:15:00	334	25,73	25,17	47,06
3/12/2005	15:00:00	253	32,61	29,16	57,19	4/12/2005	01:15:00	294	29,64	23,20	53,11	4/12/2005	11:30:00	335	25,49	25,36	47,39
3/12/2005	15:15:00	254	32,94	29,02	57,47	4/12/2005	01:30:00	295	28,14	22,88	52,50	4/12/2005	11:45:00	336	25,93	26,39	48,42
3/12/2005	15:30:00	255	32,60	29,77	57,80	4/12/2005	01:45:00	296	28,02	22,73	51,89	4/12/2005	12:00:00	337	25,69	26,67	48,70
3/12/2005	15:45:00	256	32,97	30,38	58,36	4/12/2005	02:00:00	297	26,73	22,97	51,28	4/12/2005	12:15:00	338	25,83	26,91	48,98
3/12/2005	16:00:00	257	32,54	31,08	58,36	4/12/2005	02:15:00	298	26,49	22,69	50,86	4/12/2005	12:30:00	339	26,26	27,14	49,27
3/12/2005	16:15:00	258	32,60	30,98	58,92	4/12/2005	02:30:00	299	25,63	22,69	50,30	4/12/2005	12:45:00	340	26,19	27,42	49,27
3/12/2005	16:30:00	259	32,50	31,36	59,25	4/12/2005	02:45:00	300	25,72	22,55	49,83	4/12/2005	13:00:00	341	25,98	28,69	49,83
3/12/2005	16:45:00	260	32,12	31,83	59,39	4/12/2005	03:00:00	301	25,01	22,36	49,41	4/12/2005	13:15:00	342	25,99	29,11	50,63
3/12/2005	17:00:00	261	31,56	31,13	59,39	4/12/2005	03:15:00	302	24,97	22,41	48,98	4/12/2005	13:30:00	343	25,97	29,48	51,19
3/12/2005	17:15:00	262	32,02	32,63	59,06	4/12/2005	03:30:00	303	24,64	22,36	48,42	4/12/2005	13:45:00	344	25,69	30,28	51,75
3/12/2005	17:30:00	263	31,56	32,02	58,78	4/12/2005	03:45:00	304	24,34	22,55	48,23	4/12/2005	14:00:00	345	25,31	31,27	52,36
3/12/2005	17:45:00	264	31,27	31,13	58,36	4/12/2005	04:00:00	305	23,67	22,88	48,09	4/12/2005	14:15:00	346	25,44	31,64	53,06
3/12/2005	18:00:00	265	31,87	31,50	58,31	4/12/2005	04:15:00	306	23,18	22,88	47,67	4/12/2005	14:30:00	347	25,79	32,20	53,81
3/12/2005	18:15:00	266	31,55	31,13	58,03	4/12/2005	04:30:00	307	22,87	22,83	47,39	4/12/2005	14:45:00	348	26,06	31,92	54,38
3/12/2005	18:30:00	267	31,47	30,80	58,08	4/12/2005	04:45:00	308	22,54	23,44	47,06	4/12/2005	15:00:00	349	26,71	32,53	54,84
3/12/2005	18:45:00	268	31,36	30,42	58,08	4/12/2005	05:00:00	309	22,64	23,39	46,92	4/12/2005	15:15:00	350	27,14	33,19	55,55
3/12/2005	19:00:00	269	30,47	30,70	57,89	4/12/2005	05:15:00	310	22,42	23,16	46,78	4/12/2005	15:30:00	351	27,52	33,56	56,16
3/12/2005	19:15:00	270	31,55	30,33	57,89	4/12/2005	05:30:00	311	22,99	22,88	46,50	4/12/2005	15:45:00	352	28,07	33,98	56,77
3/12/2005	19:30:00	271	31,04	29,63	57,89	4/12/2005	05:45:00	312	22,53	23,06	46,31	4/12/2005	16:00:00	353	28,27	33,89	57,05
3/12/2005	19:45:00	272	30,51	29,63	57,75	4/12/2005	06:00:00	313	22,27	22,88	46,03	4/12/2005	16:15:00	354	28,65	34,59	57,52
3/12/2005	20:00:00	273	30,29	29,44	57,61	4/12/2005	06:15:00	314	21,53	22,64	45,75	4/12/2005	16:30:00	355	28,81	34,83	57,70
3/12/2005	20:15:00	274	31,26	29,30	57,19	4/12/2005	06:30:00	315	22,06	23,06	45,75	4/12/2005	16:45:00	356	29,34	34,59	58,03
3/12/2005	20:30:00	275	30,57	29,20	57,05	4/12/2005	06:45:00	316	21,91	22,69	45,47	4/12/2005	17:00:00	357	29,81	35,02	58,36
3/12/2005	20:45:00	276	32,15	28,45	56,58	4/12/2005	07:00:00	317	21,53	22,36	45,28	4/12/2005	17:15:00	358	29,99	34,17	58,97
3/12/2005	21:00:00	277	32,87	28,17	56,44	4/12/2005	07:15:00	318	20,45	21,14	44,91	4/12/2005	17:30:00	359	29,45	34,73	59,06
3/12/2005	21:15:00	278	34,15	27,56	56,58	4/12/2005	07:30:00	319	19,55	20,72	44,44	4/12/2005	17:45:00	360	29,23	34,03	59,11
3/12/2005	21:30:00	279	38,36	27,38	57,61	4/12/2005	07:45:00	320	18,88	20,30	44,02	4/12/2005	18:00:00	361	30,18	34,03	59,25
3/12/2005	21:45:00	280	40,57	26,25	58,92	4/12/2005	08:00:00	321	19,11	19,41	43,59	4/12/2005	18:15:00	362	29,79	32,91	59,34
3/12/2005	22:00:00	281	40,45	26,58	59,34	4/12/2005	08:15:00	322	19,13	20,44	43,27	4/12/2005	18:30:00	363	29,31	32,16	58,78
3/12/2005	22:15:00	282	39,33	25,88	59,48	4/12/2005	08:30:00	323	19,14	20,86	43,13	4/12/2005	18:45:00	364	29,52	31,64	58,36
3/12/2005	22:30:00	283	39,26	26,39	59,48	4/12/2005	08:45:00	324	19,33	20,20	42,98	4/12/2005	19:00:00	365	29,08	31,83	57,75
3/12/2005	22:45:00	284	38,56	25,27	59,39	4/12/2005	09:00:00	325	20,25	20,86	42,98	4/12/2005	19:15:00	366	29,52	31,92	57,80

4/12/2005	19:30:00	367	28,96	31,64	58,03	5/12/2005	05:45:00	408	30,79	24,14	51,75	5/12/2005	16:00:00	449	48,62	23,44	66,52
4/12/2005	19:45:00	368	29,11	31,59	57,89	5/12/2005	06:00:00	409	30,17	24,14	51,33	5/12/2005	16:15:00	450	46,97	23,11	66,23
4/12/2005	20:00:00	369	28,75	30,98	57,89	5/12/2005	06:15:00	410	30,65	23,77	51,05	5/12/2005	16:30:00	451	47,35	23,81	66,38
4/12/2005	20:15:00	370	28,93	31,03	57,61	5/12/2005	06:30:00	411	31,43	23,20	51,19	5/12/2005	16:45:00	452	47,44	23,72	66,52
4/12/2005	20:30:00	371	28,68	30,00	57,47	5/12/2005	06:45:00	412	31,50	22,88	51,42	5/12/2005	17:00:00	453	47,64	23,77	67,13
4/12/2005	20:45:00	372	29,31	28,92	57,05	5/12/2005	07:00:00	413	31,96	22,83	51,47	5/12/2005	17:15:00	454	48,77	23,81	67,17
4/12/2005	21:00:00	373	30,28	28,69	56,86	5/12/2005	07:15:00	414	33,82	23,02	51,89	5/12/2005	17:30:00	455	46,84	23,30	66,98
4/12/2005	21:15:00	374	32,00	28,22	56,72	5/12/2005	07:30:00	415	34,12	23,48	52,08	5/12/2005	17:45:00	456	45,96	23,34	66,84
4/12/2005	21:30:00	375	36,47	28,41	57,75	5/12/2005	07:45:00	416	33,75	22,78	52,17	5/12/2005	18:00:00	457	45,48	23,34	66,47
4/12/2005	21:45:00	376	40,00	27,89	59,39	5/12/2005	08:00:00	417	34,34	24,09	52,31	5/12/2005	18:15:00	458	44,71	23,77	65,95
4/12/2005	22:00:00	377	40,48	27,61	59,91	5/12/2005	08:15:00	418	36,63	24,33	53,06	5/12/2005	18:30:00	459	44,62	23,39	65,06
4/12/2005	22:15:00	378	41,38	27,33	60,28	5/12/2005	08:30:00	419	39,32	24,89	54,52	5/12/2005	18:45:00	460	42,90	23,48	64,36
4/12/2005	22:30:00	379	40,04	26,91	60,42	5/12/2005	08:45:00	420	40,90	24,56	55,73	5/12/2005	19:00:00	461	41,20	23,39	63,75
4/12/2005	22:45:00	380	40,41	26,77	60,38	5/12/2005	09:00:00	421	41,06	24,00	56,16	5/12/2005	19:15:00	462	40,46	22,78	63,47
4/12/2005	23:00:00	381	40,28	26,63	60,52	5/12/2005	09:15:00	422	42,86	24,00	56,72	5/12/2005	19:30:00	463	39,28	23,11	62,77
4/12/2005	23:15:00	382	39,16	26,63	60,52	5/12/2005	09:30:00	423	44,42	24,23	57,47	5/12/2005	19:45:00	464	38,44	23,06	61,59
4/12/2005	23:30:00	383	39,14	26,48	60,52	5/12/2005	09:45:00	424	46,31	24,56	59,06	5/12/2005	20:00:00	465	36,06	23,06	60,23
4/12/2005	23:45:00	384	38,49	26,44	60,23	5/12/2005	10:00:00	425	45,89	24,84	60,23	5/12/2005	20:15:00	466	36,59	22,92	59,48
5/12/2005	00:00:00	385	38,66	26,25	59,95	5/12/2005	10:15:00	426	47,16	25,08	61,69	5/12/2005	20:30:00	467	36,67	22,13	59,06
5/12/2005	00:15:00	386	38,09	26,06	59,95	5/12/2005	10:30:00	427	48,71	25,08	63,19	5/12/2005	20:45:00	468	38,61	22,27	59,02
5/12/2005	00:30:00	387	37,06	25,27	59,48	5/12/2005	10:45:00	428	48,61	24,75	64,31	5/12/2005	21:00:00	469	39,57	22,88	58,83
5/12/2005	00:45:00	388	36,30	25,27	59,06	5/12/2005	11:00:00	429	48,35	24,61	64,92	5/12/2005	21:15:00	470	40,35	22,45	58,22
5/12/2005	01:00:00	389	35,79	25,31	58,73	5/12/2005	11:15:00	430	50,09	24,38	65,53	5/12/2005	21:30:00	471	43,13	22,50	59,02
5/12/2005	01:15:00	390	34,93	25,41	58,08	5/12/2005	11:30:00	431	51,13	23,91	66,09	5/12/2005	21:45:00	472	45,89	22,50	60,19
5/12/2005	01:30:00	391	34,67	25,73	57,75	5/12/2005	11:45:00	432	50,93	23,72	66,84	5/12/2005	22:00:00	473	46,01	22,88	60,70
5/12/2005	01:45:00	392	33,62	25,08	57,14	5/12/2005	12:00:00	433	50,06	23,63	67,13	5/12/2005	22:15:00	474	46,16	22,88	61,88
5/12/2005	02:00:00	393	33,39	24,89	56,72	5/12/2005	12:15:00	434	49,30	24,00	67,13	5/12/2005	22:30:00	475	46,97	23,30	62,16
5/12/2005	02:15:00	394	32,46	24,38	56,16	5/12/2005	12:30:00	435	47,73	24,19	67,08	5/12/2005	22:45:00	476	44,36	22,55	62,16
5/12/2005	02:30:00	395	31,79	24,38	55,55	5/12/2005	12:45:00	436	46,20	23,95	66,38	5/12/2005	23:00:00	477	43,41	22,92	62,16
5/12/2005	02:45:00	396	31,86	24,19	54,98	5/12/2005	13:00:00	437	43,37	23,81	65,53	5/12/2005	23:15:00	478	43,98	23,02	62,02
5/12/2005	03:00:00	397	30,57	24,19	54,47	5/12/2005	13:15:00	438	43,04	23,34	64,59	5/12/2005	23:30:00	479	43,80	22,59	62,11
5/12/2005	03:15:00	398	30,03	23,91	53,95	5/12/2005	13:30:00	439	43,72	22,73	63,75	5/12/2005	23:45:00	480	42,87	22,59	61,88
5/12/2005	03:30:00	399	30,53	23,58	53,63	5/12/2005	13:45:00	440	43,33	22,03	63,19	6/12/2005	00:00:00	481	41,93	22,69	61,27
5/12/2005	03:45:00	400	29,60	23,67	53,34	5/12/2005	14:00:00	441	44,03	22,22	62,86	6/12/2005	00:15:00	482	40,65	22,31	60,98
5/12/2005	04:00:00	401	29,97	23,39	53,34	5/12/2005	14:15:00	442	47,13	22,45	63,75	6/12/2005	00:30:00	483	39,35	22,59	60,23
5/12/2005	04:15:00	402	29,88	23,67	53,06	5/12/2005	14:30:00	443	48,12	23,06	64,78	6/12/2005	00:45:00	484	38,76	22,50	59,53
5/12/2005	04:30:00	403	30,49	23,81	52,73	5/12/2005	14:45:00	444	48,90	23,02	65,63	6/12/2005	01:00:00	485	36,77	23,16	58,31
5/12/2005	04:45:00	404	30,19	23,91	52,50	5/12/2005	15:00:00	445	49,08	23,16	66,28	6/12/2005	01:15:00	486	35,77	23,06	57,89
5/12/2005	05:00:00	405	30,22	23,86	52,45	5/12/2005	15:15:00	446	48,94	22,97	66,23	6/12/2005	01:30:00	487	35,18	22,55	57,75
5/12/2005	05:15:00	406	29,85	24,89	52,22	5/12/2005	15:30:00	447	47,92	24,14	65,95	6/12/2005	01:45:00	488	34,01	22,92	56,91
5/12/2005	05:30:00	407	30,61	24,14	52,22	5/12/2005	15:45:00	448	48,08	22,78	66,00	6/12/2005	02:00:00	489	33,38	22,88	56,16

6/12/2005	02:15:00	490	32,61	23,06	55,27	6/12/2005	12:30:00	531	45,22	22,97	63,23	6/12/2005	22:45:00	572	44,67	20,81	61,55
6/12/2005	02:30:00	491	32,21	22,88	54,84	6/12/2005	12:45:00	532	42,52	23,77	62,44	6/12/2005	23:00:00	573	43,83	21,05	61,69
6/12/2005	02:45:00	492	32,39	22,64	54,38	6/12/2005	13:00:00	533	41,51	23,81	62,20	6/12/2005	23:15:00	574	42,76	21,47	61,27
6/12/2005	03:00:00	493	30,73	22,41	53,63	6/12/2005	13:15:00	534	41,70	24,00	62,11	6/12/2005	23:30:00	575	43,18	21,00	60,70
6/12/2005	03:15:00	494	29,13	22,36	52,45	6/12/2005	13:30:00	535	41,15	24,61	62,44	6/12/2005	23:45:00	576	41,92	20,63	60,42
6/12/2005	03:30:00	495	28,84	22,17	51,75	6/12/2005	13:45:00	536	42,27	25,08	62,44	7/12/2005	00:00:00	577	41,02	20,48	59,81
6/12/2005	03:45:00	496	28,87	21,94	51,47	6/12/2005	14:00:00	537	43,31	25,13	62,91	7/12/2005	00:15:00	578	38,97	19,92	58,69
6/12/2005	04:00:00	497	28,64	22,17	51,14	6/12/2005	14:15:00	538	45,29	25,17	64,64	7/12/2005	00:30:00	579	38,09	20,25	57,80
6/12/2005	04:15:00	498	28,48	21,33	51,00	6/12/2005	14:30:00	539	47,44	25,78	66,09	7/12/2005	00:45:00	580	37,32	20,20	57,00
6/12/2005	04:30:00	499	29,40	22,27	50,91	6/12/2005	14:45:00	540	48,46	26,06	67,41	7/12/2005	01:00:00	581	35,71	19,64	56,30
6/12/2005	04:45:00	500	29,53	22,27	50,58	6/12/2005	15:00:00	541	47,87	26,30	68,63	7/12/2005	01:15:00	582	34,26	20,20	55,22
6/12/2005	05:00:00	501	28,76	21,52	50,44	6/12/2005	15:15:00	542	49,35	26,77	69,00	7/12/2005	01:30:00	583	33,08	20,20	54,38
6/12/2005	05:15:00	502	29,29	21,00	49,97	6/12/2005	15:30:00	543	47,99	26,95	69,61	7/12/2005	01:45:00	584	32,74	20,11	53,67
6/12/2005	05:30:00	503	29,07	21,52	49,59	6/12/2005	15:45:00	544	50,09	27,19	70,22	7/12/2005	02:00:00	585	31,70	19,88	52,78
6/12/2005	05:45:00	504	28,61	21,47	49,36	6/12/2005	16:00:00	545	48,03	27,33	70,88	7/12/2005	02:15:00	586	30,67	20,63	52,22
6/12/2005	06:00:00	505	28,94	21,66	49,41	6/12/2005	16:15:00	546	48,71	27,28	70,97	7/12/2005	02:30:00	587	30,50	19,83	51,19
6/12/2005	06:15:00	506	29,05	21,19	49,27	6/12/2005	16:30:00	547	49,36	26,95	71,39	7/12/2005	02:45:00	588	29,23	20,02	50,44
6/12/2005	06:30:00	507	29,17	21,33	49,27	6/12/2005	16:45:00	548	49,53	27,23	71,95	7/12/2005	03:00:00	589	28,82	19,08	50,02
6/12/2005	06:45:00	508	30,00	21,19	49,22	6/12/2005	17:00:00	549	49,48	27,89	72,19	7/12/2005	03:15:00	590	27,77	19,88	49,59
6/12/2005	07:00:00	509	30,42	20,95	48,98	6/12/2005	17:15:00	550	49,72	27,61	72,14	7/12/2005	03:30:00	591	27,00	20,72	48,84
6/12/2005	07:15:00	510	32,97	20,77	49,31	6/12/2005	17:30:00	551	48,66	28,41	71,95	7/12/2005	03:45:00	592	26,75	19,83	48,38
6/12/2005	07:30:00	511	33,80	20,11	47,06	6/12/2005	17:45:00	552	48,13	28,36	72,05	7/12/2005	04:00:00	593	26,97	19,97	47,95
6/12/2005	07:45:00	512	32,99	20,72	46,78	6/12/2005	18:00:00	553	47,19	28,55	71,58	7/12/2005	04:15:00	594	27,35	19,88	47,67
6/12/2005	08:00:00	513	34,58	20,44	46,83	6/12/2005	18:15:00	554	46,74	27,42	71,06	7/12/2005	04:30:00	595	28,09	19,36	47,34
6/12/2005	08:15:00	514	37,66	20,95	47,34	6/12/2005	18:30:00	555	44,91	26,81	69,94	7/12/2005	04:45:00	596	27,37	19,08	47,11
6/12/2005	08:30:00	515	38,87	21,19	49,27	6/12/2005	18:45:00	556	44,22	27,23	68,44	7/12/2005	05:00:00	597	27,07	18,09	46,64
6/12/2005	08:45:00	516	40,66	21,09	50,86	6/12/2005	19:00:00	557	42,68	27,75	67,73	7/12/2005	05:15:00	598	27,84	17,30	46,45
6/12/2005	09:00:00	517	40,31	21,56	52,17	6/12/2005	19:15:00	558	42,78	26,48	67,13	7/12/2005	05:30:00	599	28,04	18,09	46,22
6/12/2005	09:15:00	518	42,62	21,23	53,39	6/12/2005	19:30:00	559	41,19	24,80	66,09	7/12/2005	05:45:00	600	28,24	17,30	45,94
6/12/2005	09:30:00	519	44,88	20,53	55,13	6/12/2005	19:45:00	560	39,47	23,91	64,31	7/12/2005	06:00:00	601	28,04	17,63	45,61
6/12/2005	09:45:00	520	45,70	20,58	55,59	6/12/2005	20:00:00	561	37,31	24,28	62,48	7/12/2005	06:15:00	602	28,34	19,31	45,28
6/12/2005	10:00:00	521	45,78	20,25	57,75	6/12/2005	20:15:00	562	36,90	23,44	61,31	7/12/2005	06:30:00	603	28,43	17,44	45,19
6/12/2005	10:15:00	522	45,38	20,20	58,08	6/12/2005	20:30:00	563	36,94	23,30	60,28	7/12/2005	06:45:00	604	27,74	16,92	44,86
6/12/2005	10:30:00	523	46,23	20,95	59,11	6/12/2005	20:45:00	564	38,32	23,30	59,95	7/12/2005	07:00:00	605	28,71	16,41	44,44
6/12/2005	10:45:00	524	44,17	21,09	59,67	6/12/2005	21:00:00	565	39,95	22,88	59,95	7/12/2005	07:15:00	606	29,92	16,27	44,25
6/12/2005	11:00:00	525	45,59	21,61	60,23	6/12/2005	21:15:00	566	40,59	22,73	60,09	7/12/2005	07:30:00	607	29,81	16,50	44,30
6/12/2005	11:15:00	526	47,32	21,80	61,31	6/12/2005	21:30:00	567	42,90	22,36	60,23	7/12/2005	07:45:00	608	30,98	16,22	44,30
6/12/2005	11:30:00	527	46,79	21,61	61,88	6/12/2005	21:45:00	568	46,55	22,36	61,55	7/12/2005	08:00:00	609	31,51	17,11	44,25
6/12/2005	11:45:00	528	47,86	21,75	61,97	6/12/2005	22:00:00	569	47,96	22,22	62,39	7/12/2005	08:15:00	610	33,51	16,64	45,19
6/12/2005	12:00:00	529	46,24	22,50	62,53	6/12/2005	22:15:00	570	45,42	21,28	62,58	7/12/2005	08:30:00	611	35,58	16,50	46,45
6/12/2005	12:15:00	530	46,31	23,16	62,86	6/12/2005	22:30:00	571	45,07	21,61	62,30	7/12/2005	08:45:00	612	38,32	16,83	47,34

7/12/2005	09:00:00	613	37,89	16,83	48,70	7/12/2005	19:15:00	654	39,77	26,34	64,69	8/12/2005	05:30:00	695	27,55	18,75	46,50
7/12/2005	09:15:00	614	39,75	16,92	49,69	7/12/2005	19:30:00	655	38,69	25,83	64,08	8/12/2005	05:45:00	696	28,06	18,84	46,31
7/12/2005	09:30:00	615	40,88	17,86	51,05	7/12/2005	19:45:00	656	37,11	24,94	63,05	8/12/2005	06:00:00	697	27,64	19,83	46,03
7/12/2005	09:45:00	616	41,60	17,86	51,75	7/12/2005	20:00:00	657	36,16	24,80	61,88	8/12/2005	06:15:00	698	28,09	19,83	45,89
7/12/2005	10:00:00	617	42,29	18,75	52,64	7/12/2005	20:15:00	658	36,57	24,98	61,03	8/12/2005	06:30:00	699	28,43	20,16	45,80
7/12/2005	10:15:00	618	42,17	19,08	53,39	7/12/2005	20:30:00	659	36,33	24,33	60,28	8/12/2005	06:45:00	700	29,03	19,59	45,75
7/12/2005	10:30:00	619	43,06	19,73	54,38	7/12/2005	20:45:00	660	37,18	23,81	59,67	8/12/2005	07:00:00	701	28,62	19,97	45,56
7/12/2005	10:45:00	620	44,55	20,53	55,55	7/12/2005	21:00:00	661	37,97	22,88	59,67	8/12/2005	07:15:00	702	29,64	19,13	45,61
7/12/2005	11:00:00	621	44,81	21,00	57,14	7/12/2005	21:15:00	662	39,90	23,34	59,53	8/12/2005	07:30:00	703	29,16	18,61	45,42
7/12/2005	11:15:00	622	45,30	21,38	58,08	7/12/2005	21:30:00	663	41,97	22,50	60,00	8/12/2005	07:45:00	704	29,10	18,33	45,33
7/12/2005	11:30:00	623	45,19	21,89	59,06	7/12/2005	21:45:00	664	45,20	22,08	61,36	8/12/2005	08:00:00	705	29,81	18,47	45,47
7/12/2005	11:45:00	624	45,25	22,59	60,19	7/12/2005	22:00:00	665	47,26	22,03	62,30	8/12/2005	08:15:00	706	32,54	18,19	46,17
7/12/2005	12:00:00	625	44,10	22,64	61,31	7/12/2005	22:15:00	666	46,89	21,80	62,25	8/12/2005	08:30:00	707	34,54	18,61	46,97
7/12/2005	12:15:00	626	44,14	22,83	61,13	7/12/2005	22:30:00	667	46,00	21,47	62,44	8/12/2005	08:45:00	708	36,38	18,89	47,81
7/12/2005	12:30:00	627	42,07	23,77	61,41	7/12/2005	22:45:00	668	44,40	21,33	61,88	8/12/2005	09:00:00	709	36,40	19,17	48,70
7/12/2005	12:45:00	628	41,57	24,14	61,27	7/12/2005	23:00:00	669	42,95	21,00	61,17	8/12/2005	09:15:00	710	37,48	19,64	49,83
7/12/2005	13:00:00	629	40,02	24,23	61,59	7/12/2005	23:15:00	670	42,20	20,86	60,56	8/12/2005	09:30:00	711	39,63	20,11	51,28
7/12/2005	13:15:00	630	40,84	24,14	61,55	7/12/2005	23:30:00	671	44,20	21,14	60,70	8/12/2005	09:45:00	712	39,22	20,20	52,22
7/12/2005	13:30:00	631	41,14	23,63	61,69	7/12/2005	23:45:00	672	41,52	20,77	60,09	8/12/2005	10:00:00	713	39,50	20,77	52,83
7/12/2005	13:45:00	632	40,96	25,22	61,55	8/12/2005	00:00:00	673	41,00	20,67	59,67	8/12/2005	10:15:00	714	40,32	21,47	53,53
7/12/2005	14:00:00	633	41,93	25,83	62,20	8/12/2005	00:15:00	674	39,36	20,81	58,78	8/12/2005	10:30:00	715	41,89	22,22	54,98
7/12/2005	14:15:00	634	44,54	25,73	63,52	8/12/2005	00:30:00	675	38,15	20,67	57,61	8/12/2005	10:45:00	716	43,03	22,55	56,44
7/12/2005	14:30:00	635	45,69	26,25	65,34	8/12/2005	00:45:00	676	37,56	20,16	57,00	8/12/2005	11:00:00	717	43,24	23,25	57,33
7/12/2005	14:45:00	636	46,14	26,58	66,00	8/12/2005	01:00:00	677	35,55	20,25	56,58	8/12/2005	11:15:00	718	44,11	23,81	58,92
7/12/2005	15:00:00	637	46,20	26,72	66,66	8/12/2005	01:15:00	678	33,16	19,64	55,13	8/12/2005	11:30:00	719	43,24	24,75	59,77
7/12/2005	15:15:00	638	45,86	26,81	67,13	8/12/2005	01:30:00	679	34,52	19,59	54,70	8/12/2005	11:45:00	720	43,81	25,22	60,98
7/12/2005	15:30:00	639	46,72	27,84	67,97	8/12/2005	01:45:00	680	33,82	20,06	54,38	8/12/2005	12:00:00	721	42,40	25,92	61,73
7/12/2005	15:45:00	640	46,75	27,66	68,63	8/12/2005	02:00:00	681	32,14	20,11	53,39	8/12/2005	12:15:00	722	43,03	26,58	62,20
7/12/2005	16:00:00	641	46,67	27,28	69,09	8/12/2005	02:15:00	682	30,81	20,06	52,50	8/12/2005	12:30:00	723	42,69	27,33	62,72
7/12/2005	16:15:00	642	46,24	27,66	69,47	8/12/2005	02:30:00	683	30,92	19,55	52,22	8/12/2005	12:45:00	724	40,72	27,66	63,19
7/12/2005	16:30:00	643	47,94	27,94	69,94	8/12/2005	02:45:00	684	30,29	19,36	51,19	8/12/2005	13:00:00	725	39,42	27,66	63,23
7/12/2005	16:45:00	644	47,00	28,17	70,03	8/12/2005	03:00:00	685	29,69	18,84	50,63	8/12/2005	13:15:00	726	39,91	28,97	63,42
7/12/2005	17:00:00	645	47,13	26,63	70,08	8/12/2005	03:15:00	686	27,60	18,84	50,02	8/12/2005	13:30:00	727	39,27	29,16	63,75
7/12/2005	17:15:00	646	47,15	26,67	69,47	8/12/2005	03:30:00	687	27,94	18,75	49,41	8/12/2005	13:45:00	728	39,49	29,34	64,03
7/12/2005	17:30:00	647	46,91	27,80	69,23	8/12/2005	03:45:00	688	27,42	18,56	48,98	8/12/2005	14:00:00	729	41,43	29,95	64,92
7/12/2005	17:45:00	648	45,83	27,05	69,05	8/12/2005	04:00:00	689	26,86	18,75	48,70	8/12/2005	14:15:00	730	45,18	30,52	66,56
7/12/2005	18:00:00	649	45,30	27,75	67,92	8/12/2005	04:15:00	690	27,00	18,52	47,95	8/12/2005	14:30:00	731	45,53	30,28	68,02
7/12/2005	18:15:00	650	42,88	27,28	67,55	8/12/2005	04:30:00	691	28,36	18,42	47,67	8/12/2005	14:45:00	732	46,44	30,70	69,33
7/12/2005	18:30:00	651	41,97	27,56	66,98	8/12/2005	04:45:00	692	27,56	18,19	47,39	8/12/2005	15:00:00	733	46,44	31,64	70,22
7/12/2005	18:45:00	652	42,11	26,81	66,47	8/12/2005	05:00:00	693	27,93	18,61	47,06	8/12/2005	15:15:00	734	45,63	31,69	71,25
7/12/2005	19:00:00	653	41,40	26,39	65,95	8/12/2005	05:15:00	694	27,51	18,80	46,78	8/12/2005	15:30:00	735	47,89	31,45	72,28

8/12/2005	15:45:00	736	46,95	31,73	73,17	9/12/2005	02:00:00	777	36,87	25,78	64,69	9/12/2005	12:15:00	818	49,60	28,50	72,70
8/12/2005	16:00:00	737	47,26	32,95	73,73	9/12/2005	02:15:00	778	36,41	25,88	63,33	9/12/2005	12:30:00	819	49,51	29,30	73,41
8/12/2005	16:15:00	738	45,96	33,05	74,25	9/12/2005	02:30:00	779	36,06	25,13	62,58	9/12/2005	12:45:00	820	47,08	29,91	73,13
8/12/2005	16:30:00	739	46,04	33,14	74,91	9/12/2005	02:45:00	780	34,27	24,33	61,59	9/12/2005	13:00:00	821	46,20	30,75	73,13
8/12/2005	16:45:00	740	48,12	33,19	75,33	9/12/2005	03:00:00	781	33,97	24,38	60,70	9/12/2005	13:15:00	822	45,99	30,52	73,45
8/12/2005	17:00:00	741	47,61	33,66	75,80	9/12/2005	03:15:00	782	33,72	23,95	59,67	9/12/2005	13:30:00	823	45,63	31,22	73,73
8/12/2005	17:15:00	742	47,46	33,66	75,47	9/12/2005	03:30:00	783	32,80	24,00	58,69	9/12/2005	13:45:00	824	46,53	31,78	74,02
8/12/2005	17:30:00	743	46,81	33,52	75,47	9/12/2005	03:45:00	784	32,96	23,91	57,80	9/12/2005	14:00:00	825	47,85	32,16	75,00
8/12/2005	17:45:00	744	45,91	33,80	75,23	9/12/2005	04:00:00	785	31,57	23,39	57,33	9/12/2005	14:15:00	826	51,13	32,63	76,92
8/12/2005	18:00:00	745	45,62	33,94	75,19	9/12/2005	04:15:00	786	32,09	23,53	56,48	9/12/2005	14:30:00	827	51,74	32,81	78,38
8/12/2005	18:15:00	746	44,13	33,52	74,72	9/12/2005	04:30:00	787	33,18	23,34	56,02	9/12/2005	14:45:00	828	53,85	33,14	80,02
8/12/2005	18:30:00	747	44,77	33,56	74,44	9/12/2005	04:45:00	788	32,67	23,77	55,88	9/12/2005	15:00:00	829	54,48	33,89	81,00
8/12/2005	18:45:00	748	43,21	33,66	74,44	9/12/2005	05:00:00	789	31,93	23,48	55,50	9/12/2005	15:15:00	830	54,68	33,70	82,31
8/12/2005	19:00:00	749	42,74	33,80	74,02	9/12/2005	05:15:00	790	32,50	24,00	55,13	9/12/2005	15:30:00	831	53,67	34,27	82,92
8/12/2005	19:15:00	750	42,42	33,98	73,69	9/12/2005	05:30:00	791	32,58	24,28	54,80	9/12/2005	15:45:00	832	54,17	34,17	83,34
8/12/2005	19:30:00	751	40,41	33,80	73,17	9/12/2005	05:45:00	792	32,54	24,19	54,52	9/12/2005	16:00:00	833	53,86	34,31	83,67
8/12/2005	19:45:00	752	40,68	33,28	72,70	9/12/2005	06:00:00	793	32,32	24,33	54,38	9/12/2005	16:15:00	834	53,66	34,69	84,09
8/12/2005	20:00:00	753	39,09	32,72	71,34	9/12/2005	06:15:00	794	32,61	23,86	54,23	9/12/2005	16:30:00	835	53,70	34,73	84,38
8/12/2005	20:15:00	754	38,84	32,44	70,22	9/12/2005	06:30:00	795	33,27	23,30	53,95	9/12/2005	16:45:00	836	54,10	34,55	84,80
8/12/2005	20:30:00	755	38,43	32,39	69,75	9/12/2005	06:45:00	796	33,25	23,30	53,81	9/12/2005	17:00:00	837	54,49	34,78	85,08
8/12/2005	20:45:00	756	38,97	31,69	69,05	9/12/2005	07:00:00	797	33,22	23,95	53,81	9/12/2005	17:15:00	838	53,08	33,84	84,38
8/12/2005	21:00:00	757	40,20	31,13	68,77	9/12/2005	07:15:00	798	33,37	23,72	53,67	9/12/2005	17:30:00	839	52,86	34,41	83,48
8/12/2005	21:15:00	758	40,84	30,66	68,44	9/12/2005	07:30:00	799	33,21	23,11	53,53	9/12/2005	17:45:00	840	51,21	34,92	83,02
8/12/2005	21:30:00	759	43,68	29,95	69,05	9/12/2005	07:45:00	800	34,05	23,58	53,20	9/12/2005	18:00:00	841	49,44	34,55	82,13
8/12/2005	21:45:00	760	47,95	29,48	71,20	9/12/2005	08:00:00	801	33,98	23,25	53,34	9/12/2005	18:15:00	842	48,98	34,17	81,61
8/12/2005	22:00:00	761	49,76	29,30	72,47	9/12/2005	08:15:00	802	37,06	23,02	54,05	9/12/2005	18:30:00	843	47,60	33,14	80,25
8/12/2005	22:15:00	762	50,06	29,39	73,17	9/12/2005	08:30:00	803	37,70	23,39	54,70	9/12/2005	18:45:00	844	47,79	32,86	78,98
8/12/2005	22:30:00	763	49,91	28,83	73,55	9/12/2005	08:45:00	804	40,23	22,36	56,16	9/12/2005	19:00:00	845	45,45	32,77	77,95
8/12/2005	22:45:00	764	48,69	28,22	73,73	9/12/2005	09:00:00	805	41,23	22,55	56,91	9/12/2005	19:15:00	846	45,03	31,50	76,31
8/12/2005	23:00:00	765	48,66	28,13	73,13	9/12/2005	09:15:00	806	44,27	23,25	58,45	9/12/2005	19:30:00	847	43,26	30,80	75,00
8/12/2005	23:15:00	766	47,55	28,13	72,52	9/12/2005	09:30:00	807	45,03	23,63	59,95	9/12/2005	19:45:00	848	42,16	29,91	73,27
8/12/2005	23:30:00	767	48,58	28,22	72,38	9/12/2005	09:45:00	808	46,13	24,52	61,27	9/12/2005	20:00:00	849	40,06	29,91	71,34
8/12/2005	23:45:00	768	48,18	27,84	72,23	9/12/2005	10:00:00	809	47,22	24,23	62,02	9/12/2005	20:15:00	850	40,43	28,97	70,22
9/12/2005	00:00:00	769	46,49	27,19	71,95	9/12/2005	10:15:00	810	48,39	24,84	63,47	9/12/2005	20:30:00	851	39,52	28,59	69,61
9/12/2005	00:15:00	770	46,16	27,66	71,53	9/12/2005	10:30:00	811	48,26	25,97	64,69	9/12/2005	20:45:00	852	39,88	27,98	68,72
9/12/2005	00:30:00	771	45,41	27,61	70,64	9/12/2005	10:45:00	812	49,37	26,44	66,38	9/12/2005	21:00:00	853	40,76	28,13	68,53
9/12/2005	00:45:00	772	44,17	27,19	69,80	9/12/2005	11:00:00	813	49,75	26,48	67,88	9/12/2005	21:15:00	854	41,32	27,56	68,11
9/12/2005	01:00:00	773	42,86	26,53	68,77	9/12/2005	11:15:00	814	49,80	27,19	69,05	9/12/2005	21:30:00	855	45,09	26,91	67,97
9/12/2005	01:15:00	774	41,64	26,44	67,69	9/12/2005	11:30:00	815	50,06	27,14	70,08	9/12/2005	21:45:00	856	47,76	27,00	69,84
9/12/2005	01:30:00	775	39,35	25,88	66,23	9/12/2005	11:45:00	816	50,79	27,66	71,48	9/12/2005	22:00:00	857	48,06	27,28	70,31
9/12/2005	01:45:00	776	38,43	26,11	65,39	9/12/2005	12:00:00	817	47,93	28,55	72,23	9/12/2005	22:15:00	858	47,77	27,19	70,31

9/12/2005	22:30:00	859	47,53	26,77	70,13	10/12/2005	08:45:00	900	32,57	21,14	50,44	10/12/2005	19:00:00	941	33,99	25,08	56,16
9/12/2005	22:45:00	860	46,58	26,30	70,03	10/12/2005	09:00:00	901	33,10	21,84	50,72	10/12/2005	19:15:00	942	33,90	24,94	55,73
9/12/2005	23:00:00	861	45,67	26,02	69,56	10/12/2005	09:15:00	902	33,76	21,89	51,00	10/12/2005	19:30:00	943	32,35	24,80	55,22
9/12/2005	23:15:00	862	45,21	26,30	68,91	10/12/2005	09:30:00	903	34,95	22,92	51,61	10/12/2005	19:45:00	944	31,68	24,33	54,98
9/12/2005	23:30:00	863	45,34	26,34	68,77	10/12/2005	09:45:00	904	36,06	22,78	52,50	10/12/2005	20:00:00	945	32,45	23,95	54,38
9/12/2005	23:45:00	864	45,61	25,92	68,16	10/12/2005	10:00:00	905	36,22	23,20	53,34	10/12/2005	20:15:00	946	33,25	23,77	53,95
10/12/2005	00:00:00	865	45,12	25,55	67,83	10/12/2005	10:15:00	906	36,59	23,44	53,91	10/12/2005	20:30:00	947	34,30	23,25	53,95
10/12/2005	00:15:00	866	45,01	25,97	67,50	10/12/2005	10:30:00	907	37,34	23,48	54,66	10/12/2005	20:45:00	948	34,53	23,11	53,95
10/12/2005	00:30:00	867	44,68	25,92	67,27	10/12/2005	10:45:00	908	38,39	23,91	55,55	10/12/2005	21:00:00	949	35,69	22,64	54,38
10/12/2005	00:45:00	868	43,62	25,59	66,80	10/12/2005	11:00:00	909	38,35	24,14	56,30	10/12/2005	21:15:00	950	36,33	22,83	54,23
10/12/2005	01:00:00	869	43,57	26,63	66,19	10/12/2005	11:15:00	910	39,01	25,22	57,14	10/12/2005	21:30:00	951	38,29	22,22	54,94
10/12/2005	01:15:00	870	41,75	25,73	65,53	10/12/2005	11:30:00	911	38,52	24,89	58,03	10/12/2005	21:45:00	952	39,61	21,89	55,55
10/12/2005	01:30:00	871	40,42	25,92	64,88	10/12/2005	11:45:00	912	38,68	25,55	58,64	10/12/2005	22:00:00	953	39,42	22,55	55,50
10/12/2005	01:45:00	872	39,37	25,97	64,13	10/12/2005	12:00:00	913	37,56	25,22	58,92	10/12/2005	22:15:00	954	39,45	21,80	55,88
10/12/2005	02:00:00	873	38,44	25,45	63,14	10/12/2005	12:15:00	914	37,28	25,97	58,55	10/12/2005	22:30:00	955	39,11	22,27	55,83
10/12/2005	02:15:00	874	37,64	25,88	62,44	10/12/2005	12:30:00	915	37,71	26,34	58,59	10/12/2005	22:45:00	956	38,15	21,56	55,59
10/12/2005	02:30:00	875	36,28	26,30	61,27	10/12/2005	12:45:00	916	37,00	26,67	58,73	10/12/2005	23:00:00	957	36,34	21,66	55,27
10/12/2005	02:45:00	876	36,37	25,41	60,80	10/12/2005	13:00:00	917	36,08	25,97	59,11	10/12/2005	23:15:00	958	35,10	20,72	54,98
10/12/2005	03:00:00	877	36,21	24,94	60,23	10/12/2005	13:15:00	918	36,43	26,20	58,64	10/12/2005	23:30:00	959	34,68	21,05	54,09
10/12/2005	03:15:00	878	34,05	25,83	57,61	10/12/2005	13:30:00	919	36,52	26,44	58,36	10/12/2005	23:45:00	960	34,08	21,00	53,67
10/12/2005	03:30:00	879	34,11	24,42	57,14	10/12/2005	13:45:00	920	36,14	27,14	58,41	11/12/2005	00:00:00	961	33,18	21,56	53,20
10/12/2005	03:45:00	880	33,65	24,80	57,14	10/12/2005	14:00:00	921	36,14	26,44	58,78	11/12/2005	00:15:00	962	32,50	21,38	52,50
10/12/2005	04:00:00	881	33,13	24,23	56,86	10/12/2005	14:15:00	922	36,39	27,38	58,59	11/12/2005	00:30:00	963	31,29	20,58	52,03
10/12/2005	04:15:00	882	33,03	23,86	56,11	10/12/2005	14:30:00	923	37,02	27,61	59,39	11/12/2005	00:45:00	964	30,48	21,66	51,19
10/12/2005	04:30:00	883	33,65	23,81	54,09	10/12/2005	14:45:00	924	36,79	28,08	59,86	11/12/2005	01:00:00	965	29,44	22,03	50,58
10/12/2005	04:45:00	884	32,95	23,91	53,20	10/12/2005	15:00:00	925	37,03	27,66	60,14	11/12/2005	01:15:00	966	28,32	21,23	50,30
10/12/2005	05:00:00	885	33,06	24,14	52,92	10/12/2005	15:15:00	926	35,87	27,75	59,81	11/12/2005	01:30:00	967	28,43	21,14	50,02
10/12/2005	05:15:00	886	33,06	22,78	52,45	10/12/2005	15:30:00	927	36,04	27,47	59,39	11/12/2005	01:45:00	968	27,27	20,95	49,27
10/12/2005	05:30:00	887	33,06	22,92	52,50	10/12/2005	15:45:00	928	36,16	27,52	59,20	11/12/2005	02:00:00	969	26,79	20,72	48,70
10/12/2005	05:45:00	888	31,33	23,77	52,78	10/12/2005	16:00:00	929	35,98	27,14	59,20	11/12/2005	02:15:00	970	25,92	20,58	48,28
10/12/2005	06:00:00	889	31,47	24,61	52,92	10/12/2005	16:15:00	930	35,94	26,39	59,25	11/12/2005	02:30:00	971	24,96	20,86	47,63
10/12/2005	06:15:00	890	31,50	22,50	52,59	10/12/2005	16:30:00	931	36,31	26,30	58,64	11/12/2005	02:45:00	972	24,86	20,02	47,30
10/12/2005	06:30:00	891	31,75	23,34	52,45	10/12/2005	16:45:00	932	35,65	26,72	58,31	11/12/2005	03:00:00	973	23,94	19,69	46,50
10/12/2005	06:45:00	892	31,23	22,27	51,33	10/12/2005	17:00:00	933	35,08	26,81	58,03	11/12/2005	03:15:00	974	23,98	19,59	45,47
10/12/2005	07:00:00	893	30,68	22,59	49,83	10/12/2005	17:15:00	934	34,73	27,42	57,70	11/12/2005	03:30:00	975	23,69	19,59	45,14
10/12/2005	07:15:00	894	31,92	21,98	48,38	10/12/2005	17:30:00	935	34,92	27,33	57,47	11/12/2005	03:45:00	976	23,12	19,69	44,72
10/12/2005	07:30:00	895	31,62	21,56	47,95	10/12/2005	17:45:00	936	34,17	28,17	57,33	11/12/2005	04:00:00	977	23,14	19,36	44,44
10/12/2005	07:45:00	896	30,67	20,63	48,70	10/12/2005	18:00:00	937	33,72	26,81	57,14	11/12/2005	04:15:00	978	22,71	19,64	44,44
10/12/2005	08:00:00	897	30,00	20,48	48,98	10/12/2005	18:15:00	938	33,51	27,00	56,63	11/12/2005	04:30:00	979	23,13	20,16	44,16
10/12/2005	08:15:00	898	31,82	20,72	49,55	10/12/2005	18:30:00	939	33,60	26,48	56,91	11/12/2005	04:45:00	980	22,97	19,13	43,83
10/12/2005	08:30:00	899	31,88	21,28	50,11	10/12/2005	18:45:00	940	33,84	25,31	56,58	11/12/2005	05:00:00	981	21,91	18,23	43,59

11/12/2005	05:15:00	982	21,99	19,36	43,03	11/12/2005	15:30:00	1023	26,95	27,23	51,61	12/12/2005	01:45:00	1064	28,07	19,97	48,98
11/12/2005	05:30:00	983	21,89	19,08	42,84	11/12/2005	15:45:00	1024	26,69	28,27	51,89	12/12/2005	02:00:00	1065	26,91	19,97	48,38
11/12/2005	05:45:00	984	21,89	18,89	42,66	11/12/2005	16:00:00	1025	27,35	27,75	52,31	12/12/2005	02:15:00	1066	26,40	20,11	47,95
11/12/2005	06:00:00	985	22,03	18,42	42,52	11/12/2005	16:15:00	1026	27,19	27,61	52,64	12/12/2005	02:30:00	1067	27,06	19,97	47,81
11/12/2005	06:15:00	986	21,92	18,09	42,38	11/12/2005	16:30:00	1027	27,29	28,88	52,78	12/12/2005	02:45:00	1068	25,97	20,02	47,48
11/12/2005	06:30:00	987	21,82	18,47	42,28	11/12/2005	16:45:00	1028	27,27	28,08	52,78	12/12/2005	03:00:00	1069	25,83	19,92	47,02
11/12/2005	06:45:00	988	21,03	18,05	42,09	11/12/2005	17:00:00	1029	26,84	28,08	52,83	12/12/2005	03:15:00	1070	24,89	19,83	46,03
11/12/2005	07:00:00	989	21,57	19,27	41,91	11/12/2005	17:15:00	1030	27,38	27,80	52,78	12/12/2005	03:30:00	1071	24,49	19,73	45,89
11/12/2005	07:15:00	990	20,28	18,05	41,53	11/12/2005	17:30:00	1031	27,59	27,66	52,50	12/12/2005	03:45:00	1072	24,34	20,30	45,47
11/12/2005	07:30:00	991	18,80	17,95	40,78	11/12/2005	17:45:00	1032	27,73	28,13	52,22	12/12/2005	04:00:00	1073	24,32	20,06	45,47
11/12/2005	07:45:00	992	18,53	16,97	40,50	11/12/2005	18:00:00	1033	26,92	27,19	52,17	12/12/2005	04:15:00	1074	24,50	19,13	45,19
11/12/2005	08:00:00	993	18,63	17,30	40,50	11/12/2005	18:15:00	1034	27,33	27,94	52,17	12/12/2005	04:30:00	1075	24,81	19,92	45,14
11/12/2005	08:15:00	994	18,81	16,83	40,22	11/12/2005	18:30:00	1035	26,95	27,23	52,22	12/12/2005	04:45:00	1076	25,16	20,02	45,00
11/12/2005	08:30:00	995	19,41	16,41	40,22	11/12/2005	18:45:00	1036	27,79	26,72	52,17	12/12/2005	05:00:00	1077	25,22	19,27	45,00
11/12/2005	08:45:00	996	20,03	16,88	40,17	11/12/2005	19:00:00	1037	27,81	26,72	52,22	12/12/2005	05:15:00	1078	25,37	19,17	44,72
11/12/2005	09:00:00	997	20,78	17,53	40,36	11/12/2005	19:15:00	1038	28,27	25,64	52,22	12/12/2005	05:30:00	1079	25,42	19,59	44,58
11/12/2005	09:15:00	998	21,10	17,30	40,64	11/12/2005	19:30:00	1039	28,24	25,36	52,08	12/12/2005	05:45:00	1080	25,37	18,98	44,58
11/12/2005	09:30:00	999	21,75	17,77	40,88	11/12/2005	19:45:00	1040	28,32	25,41	51,80	12/12/2005	06:00:00	1081	25,17	19,36	44,44
11/12/2005	09:45:00	1000	22,79	19,03	41,39	11/12/2005	20:00:00	1041	28,27	25,03	51,42	12/12/2005	06:15:00	1082	26,13	19,59	44,58
11/12/2005	10:00:00	1001	23,87	19,41	41,95	11/12/2005	20:15:00	1042	28,33	24,61	51,14	12/12/2005	06:30:00	1083	26,44	19,64	44,58
11/12/2005	10:15:00	1002	24,33	20,16	42,70	11/12/2005	20:30:00	1043	28,79	23,91	50,91	12/12/2005	06:45:00	1084	27,04	19,78	44,91
11/12/2005	10:30:00	1003	24,84	20,63	42,98	11/12/2005	20:45:00	1044	29,09	23,34	50,58	12/12/2005	07:00:00	1085	28,47	19,88	45,00
11/12/2005	10:45:00	1004	25,10	21,14	43,88	11/12/2005	21:00:00	1045	29,91	22,69	50,44	12/12/2005	07:15:00	1086	29,21	19,50	45,19
11/12/2005	11:00:00	1005	25,95	21,75	44,58	11/12/2005	21:15:00	1046	30,78	22,88	50,30	12/12/2005	07:30:00	1087	29,76	18,80	45,47
11/12/2005	11:15:00	1006	26,37	22,36	45,14	11/12/2005	21:30:00	1047	34,35	22,69	50,91	12/12/2005	07:45:00	1088	30,18	18,66	45,47
11/12/2005	11:30:00	1007	26,71	22,50	45,75	11/12/2005	21:45:00	1048	37,45	22,41	52,50	12/12/2005	08:00:00	1089	32,45	18,00	46,03
11/12/2005	11:45:00	1008	26,71	22,78	46,50	11/12/2005	22:00:00	1049	37,95	22,22	53,20	12/12/2005	08:15:00	1090	34,91	19,17	47,34
11/12/2005	12:00:00	1009	26,44	23,53	46,97	11/12/2005	22:15:00	1050	38,14	21,75	53,63	12/12/2005	08:30:00	1091	36,22	19,27	48,14
11/12/2005	12:15:00	1010	26,38	23,77	47,48	11/12/2005	22:30:00	1051	38,33	21,47	53,81	12/12/2005	08:45:00	1092	37,84	19,59	49,27
11/12/2005	12:30:00	1011	26,72	24,09	48,09	11/12/2005	22:45:00	1052	36,62	21,38	53,63	12/12/2005	09:00:00	1093	38,60	20,06	50,16
11/12/2005	12:45:00	1012	27,04	23,30	48,23	11/12/2005	23:00:00	1053	35,97	21,09	53,34	12/12/2005	09:15:00	1094	40,27	20,30	51,47
11/12/2005	13:00:00	1013	27,41	24,75	48,56	11/12/2005	23:15:00	1054	36,14	21,09	53,20	12/12/2005	09:30:00	1095	40,95	20,63	52,78
11/12/2005	13:15:00	1014	26,70	24,75	48,84	11/12/2005	23:30:00	1055	35,31	20,77	52,78	12/12/2005	09:45:00	1096	42,40	21,19	53,95
11/12/2005	13:30:00	1015	26,26	25,31	49,13	11/12/2005	23:45:00	1056	33,42	20,81	52,50	12/12/2005	10:00:00	1097	43,33	21,56	54,98
11/12/2005	13:45:00	1016	26,34	25,64	49,55	12/12/2005	00:00:00	1057	33,50	20,77	52,17	12/12/2005	10:15:00	1098	43,58	21,98	55,88
11/12/2005	14:00:00	1017	26,67	25,92	50,02	12/12/2005	00:15:00	1058	31,94	20,77	51,47	12/12/2005	10:30:00	1099	45,04	22,50	57,42
11/12/2005	14:15:00	1018	25,54	26,02	50,44	12/12/2005	00:30:00	1059	30,80	20,72	50,91	12/12/2005	10:45:00	1100	45,23	23,39	58,92
11/12/2005	14:30:00	1019	25,50	27,33	50,63	12/12/2005	00:45:00	1060	29,77	20,72	50,58	12/12/2005	11:00:00	1101	46,10	23,25	60,09
11/12/2005	14:45:00	1020	25,54	27,00	51,05	12/12/2005	01:00:00	1061	29,20	20,63	49,97	12/12/2005	11:15:00	1102	45,75	24,05	61,41
11/12/2005	15:00:00	1021	26,40	26,81	51,33	12/12/2005	01:15:00	1062	27,91	20,20	49,55	12/12/2005	11:30:00	1103	46,75	24,61	62,39
11/12/2005	15:15:00	1022	26,26	27,23	51,33	12/12/2005	01:30:00	1063	27,82	20,20	49,08	12/12/2005	11:45:00	1104	46,44	24,94	63,89

12/12/2005	12:00:00	1105	45,39	25,55	64,78	12/12/2005	22:15:00	1146	48,34	24,52	66,80	13/12/2005	08:30:00	1187	35,82	20,95	51,19
12/12/2005	12:15:00	1106	46,07	25,97	65,34	12/12/2005	22:30:00	1147	47,66	24,38	66,84	13/12/2005	08:45:00	1188	38,26	21,19	52,22
12/12/2005	12:30:00	1107	46,10	25,92	65,67	12/12/2005	22:45:00	1148	45,93	24,23	66,23	13/12/2005	09:00:00	1189	38,37	21,42	53,20
12/12/2005	12:45:00	1108	44,40	27,28	65,48	12/12/2005	23:00:00	1149	44,96	24,14	65,63	13/12/2005	09:15:00	1190	41,06	21,98	54,98
12/12/2005	13:00:00	1109	43,02	27,09	65,81	12/12/2005	23:15:00	1150	44,19	23,67	65,48	13/12/2005	09:30:00	1191	42,74	22,36	55,55
12/12/2005	13:15:00	1110	42,79	27,47	66,14	12/12/2005	23:30:00	1151	44,45	24,19	65,39	13/12/2005	09:45:00	1192	42,93	22,64	56,91
12/12/2005	13:30:00	1111	42,10	28,50	66,09	12/12/2005	23:45:00	1152	43,37	23,44	64,36	13/12/2005	10:00:00	1193	43,11	23,39	57,42
12/12/2005	13:45:00	1112	43,04	28,88	66,52	13/12/2005	00:00:00	1153	40,54	23,48	63,33	13/12/2005	10:15:00	1194	44,32	23,77	58,36
12/12/2005	14:00:00	1113	44,38	29,06	67,13	13/12/2005	00:15:00	1154	39,74	23,48	61,88	13/12/2005	10:30:00	1195	45,87	23,91	60,09
12/12/2005	14:15:00	1114	48,16	29,77	69,28	13/12/2005	00:30:00	1155	38,72	22,78	61,59	13/12/2005	10:45:00	1196	45,97	24,52	61,55
12/12/2005	14:30:00	1115	48,29	29,81	70,36	13/12/2005	00:45:00	1156	37,91	23,20	60,05	13/12/2005	11:00:00	1197	46,52	25,45	62,30
12/12/2005	14:45:00	1116	49,06	29,72	72,23	13/12/2005	01:00:00	1157	36,57	22,83	59,48	13/12/2005	11:15:00	1198	46,98	25,92	63,47
12/12/2005	15:00:00	1117	49,14	30,28	73,13	13/12/2005	01:15:00	1158	35,20	22,69	58,31	13/12/2005	11:30:00	1199	47,24	25,64	64,92
12/12/2005	15:15:00	1118	49,54	30,09	73,73	13/12/2005	01:30:00	1159	34,43	22,50	57,47	13/12/2005	11:45:00	1200	48,15	26,48	66,00
12/12/2005	15:30:00	1119	49,71	30,52	73,69	13/12/2005	01:45:00	1160	33,90	22,17	56,58	13/12/2005	12:00:00	1201	46,69	26,48	66,84
12/12/2005	15:45:00	1120	50,18	30,80	74,30	13/12/2005	02:00:00	1161	33,08	22,31	55,88	13/12/2005	12:15:00	1202	46,72	27,28	67,13
12/12/2005	16:00:00	1121	49,71	29,86	74,91	13/12/2005	02:15:00	1162	31,67	22,36	54,94	13/12/2005	12:30:00	1203	46,07	27,28	67,27
12/12/2005	16:15:00	1122	49,45	29,58	74,48	13/12/2005	02:30:00	1163	31,28	22,13	54,52	13/12/2005	12:45:00	1204	44,19	28,03	66,70
12/12/2005	16:30:00	1123	49,73	29,63	74,72	13/12/2005	02:45:00	1164	30,84	22,41	53,95	13/12/2005	13:00:00	1205	42,72	27,52	66,38
12/12/2005	16:45:00	1124	49,91	30,84	75,00	13/12/2005	03:00:00	1165	30,36	22,22	53,39	13/12/2005	13:15:00	1206	41,66	27,38	65,95
12/12/2005	17:00:00	1125	50,40	30,66	75,19	13/12/2005	03:15:00	1166	28,64	22,31	52,50	13/12/2005	13:30:00	1207	41,74	28,59	66,23
12/12/2005	17:15:00	1126	50,51	30,80	75,05	13/12/2005	03:30:00	1167	28,18	21,98	52,17	13/12/2005	13:45:00	1208	43,18	29,02	66,66
12/12/2005	17:30:00	1127	49,58	31,31	75,05	13/12/2005	03:45:00	1168	27,86	21,89	51,94	13/12/2005	14:00:00	1209	44,41	29,86	67,41
12/12/2005	17:45:00	1128	48,41	30,47	75,05	13/12/2005	04:00:00	1169	27,53	21,94	51,47	13/12/2005	14:15:00	1210	47,61	31,08	69,61
12/12/2005	18:00:00	1129	47,99	30,42	74,48	13/12/2005	04:15:00	1170	27,97	21,61	51,19	13/12/2005	14:30:00	1211	48,49	30,56	71,06
12/12/2005	18:15:00	1130	47,42	30,00	74,16	13/12/2005	04:30:00	1171	28,58	21,47	50,86	13/12/2005	14:45:00	1212	49,18	30,19	72,38
12/12/2005	18:30:00	1131	47,71	29,81	73,41	13/12/2005	04:45:00	1172	28,03	21,89	50,58	13/12/2005	15:00:00	1213	49,36	30,28	73,27
12/12/2005	18:45:00	1132	43,97	29,58	71,95	13/12/2005	05:00:00	1173	28,36	21,89	50,25	13/12/2005	15:15:00	1214	48,73	30,70	73,69
12/12/2005	19:00:00	1133	43,09	29,16	71,25	13/12/2005	05:15:00	1174	27,64	21,56	50,16	13/12/2005	15:30:00	1215	49,53	30,61	74,44
12/12/2005	19:15:00	1134	42,86	28,92	70,08	13/12/2005	05:30:00	1175	28,50	21,84	49,83	13/12/2005	15:45:00	1216	50,27	30,66	75,00
12/12/2005	19:30:00	1135	41,15	29,39	69,33	13/12/2005	05:45:00	1176	28,05	21,89	49,69	13/12/2005	16:00:00	1217	49,67	30,80	75,47
12/12/2005	19:45:00	1136	39,99	28,45	68,16	13/12/2005	06:00:00	1177	27,83	21,61	49,59	13/12/2005	16:15:00	1218	49,19	30,84	75,61
12/12/2005	20:00:00	1137	37,98	28,03	66,98	13/12/2005	06:15:00	1178	27,93	21,84	49,27	13/12/2005	16:30:00	1219	49,86	30,42	75,80
12/12/2005	20:15:00	1138	37,31	27,52	65,39	13/12/2005	06:30:00	1179	28,76	21,66	49,27	13/12/2005	16:45:00	1220	49,33	30,89	75,89
12/12/2005	20:30:00	1139	37,49	27,28	64,64	13/12/2005	06:45:00	1180	28,95	21,42	49,08	13/12/2005	17:00:00	1221	49,86	30,28	75,42
12/12/2005	20:45:00	1140	37,82	26,48	64,08	13/12/2005	07:00:00	1181	30,29	21,47	48,98	13/12/2005	17:15:00	1222	49,58	30,00	75,10
12/12/2005	21:00:00	1141	39,36	25,97	63,75	13/12/2005	07:15:00	1182	31,08	21,52	49,22	13/12/2005	17:30:00	1223	49,30	29,72	74,77
12/12/2005	21:15:00	1142	39,54	25,45	63,33	13/12/2005	07:30:00	1183	31,29	21,14	49,27	13/12/2005	17:45:00	1224	48,75	28,97	74,39
12/12/2005	21:30:00	1143	42,25	25,45	63,70	13/12/2005	07:45:00	1184	31,47	20,81	49,27	13/12/2005	18:00:00	1225	47,69	29,53	73,69
12/12/2005	21:45:00	1144	45,93	25,13	65,25	13/12/2005	08:00:00	1185	33,65	20,63	49,69	13/12/2005	18:15:00	1226	45,49	29,81	72,52
12/12/2005	22:00:00	1145	47,24	24,66	65,63	13/12/2005	08:15:00	1186	34,61	20,53	50,58	13/12/2005	18:30:00	1227	45,66	28,97	71,81

13/12/2005	18:45:00	1228	43,92	29,11	70,59	14/12/2005	05:00:00	1269	28,50	21,89	50,02	14/12/2005	15:15:00	1310	50,45	31,22	74,30
13/12/2005	19:00:00	1229	42,27	28,13	69,47	14/12/2005	05:15:00	1270	28,75	21,47	49,97	14/12/2005	15:30:00	1311	49,99	31,31	74,86
13/12/2005	19:15:00	1230	41,68	27,80	68,58	14/12/2005	05:30:00	1271	29,67	21,56	49,64	14/12/2005	15:45:00	1312	50,03	31,36	75,14
13/12/2005	19:30:00	1231	40,19	27,56	67,73	14/12/2005	05:45:00	1272	29,49	21,23	49,41	14/12/2005	16:00:00	1313	50,78	31,83	75,61
13/12/2005	19:45:00	1232	37,87	27,38	65,77	14/12/2005	06:00:00	1273	29,35	20,53	49,36	14/12/2005	16:15:00	1314	49,97	31,88	76,03
13/12/2005	20:00:00	1233	36,28	26,86	64,64	14/12/2005	06:15:00	1274	29,45	21,05	49,27	14/12/2005	16:30:00	1315	50,76	30,70	76,08
13/12/2005	20:15:00	1234	36,64	26,95	63,33	14/12/2005	06:30:00	1275	29,50	22,17	49,13	14/12/2005	16:45:00	1316	51,39	30,70	76,17
13/12/2005	20:30:00	1235	36,19	26,02	62,72	14/12/2005	06:45:00	1276	30,67	21,33	48,94	14/12/2005	17:00:00	1317	50,80	31,45	76,03
13/12/2005	20:45:00	1236	37,01	25,78	61,83	14/12/2005	07:00:00	1277	30,14	21,42	48,84	14/12/2005	17:15:00	1318	50,91	31,27	75,89
13/12/2005	21:00:00	1237	37,57	25,22	61,36	14/12/2005	07:15:00	1278	31,87	20,95	48,94	14/12/2005	17:30:00	1319	49,50	30,70	75,75
13/12/2005	21:15:00	1238	38,06	24,75	61,13	14/12/2005	07:30:00	1279	31,36	20,30	48,94	14/12/2005	17:45:00	1320	48,22	30,42	75,00
13/12/2005	21:30:00	1239	41,90	24,61	61,83	14/12/2005	07:45:00	1280	32,00	20,44	49,13	14/12/2005	18:00:00	1321	46,46	29,63	74,16
13/12/2005	21:45:00	1240	45,22	24,05	63,09	14/12/2005	08:00:00	1281	32,89	21,09	49,55	14/12/2005	18:15:00	1322	46,19	29,25	73,41
13/12/2005	22:00:00	1241	45,69	24,09	63,75	14/12/2005	08:15:00	1282	35,72	21,00	50,63	14/12/2005	18:30:00	1323	45,81	29,16	72,66
13/12/2005	22:15:00	1242	45,54	23,81	63,98	14/12/2005	08:30:00	1283	35,83	21,00	51,14	14/12/2005	18:45:00	1324	45,10	29,16	71,48
13/12/2005	22:30:00	1243	45,12	23,72	64,03	14/12/2005	08:45:00	1284	39,48	21,33	52,45	14/12/2005	19:00:00	1325	42,10	28,55	70,17
13/12/2005	22:45:00	1244	44,41	23,39	63,56	14/12/2005	09:00:00	1285	41,20	22,13	53,63	14/12/2005	19:15:00	1326	40,93	28,64	68,86
13/12/2005	23:00:00	1245	43,18	23,02	63,05	14/12/2005	09:15:00	1286	40,82	22,27	54,70	14/12/2005	19:30:00	1327	40,10	28,36	68,30
13/12/2005	23:15:00	1246	43,07	23,16	62,67	14/12/2005	09:30:00	1287	42,33	22,59	56,11	14/12/2005	19:45:00	1328	37,55	27,61	66,70
13/12/2005	23:30:00	1247	43,39	22,92	62,63	14/12/2005	09:45:00	1288	44,90	22,92	57,33	14/12/2005	20:00:00	1329	37,30	27,52	65,48
13/12/2005	23:45:00	1248	42,64	22,88	62,16	14/12/2005	10:00:00	1289	44,20	23,63	58,31	14/12/2005	20:15:00	1330	37,71	27,23	64,36
14/12/2005	00:00:00	1249	41,10	23,06	61,59	14/12/2005	10:15:00	1290	45,71	23,91	59,34	14/12/2005	20:30:00	1331	37,64	27,00	63,75
14/12/2005	00:15:00	1250	40,79	23,02	60,94	14/12/2005	10:30:00	1291	45,96	24,52	60,84	14/12/2005	20:45:00	1332	38,23	26,02	63,19
14/12/2005	00:30:00	1251	39,13	22,73	59,91	14/12/2005	10:45:00	1292	46,12	24,66	61,55	14/12/2005	21:00:00	1333	39,75	25,45	62,91
14/12/2005	00:45:00	1252	36,66	22,97	59,02	14/12/2005	11:00:00	1293	47,09	25,08	62,72	14/12/2005	21:15:00	1334	40,18	25,03	62,72
14/12/2005	01:00:00	1253	35,83	22,69	58,36	14/12/2005	11:15:00	1294	47,37	25,31	64,03	14/12/2005	21:30:00	1335	43,00	24,84	63,14
14/12/2005	01:15:00	1254	34,70	22,45	57,19	14/12/2005	11:30:00	1295	47,32	26,06	65,30	14/12/2005	21:45:00	1336	45,33	24,23	64,17
14/12/2005	01:30:00	1255	33,72	22,45	56,44	14/12/2005	11:45:00	1296	47,62	26,77	66,38	14/12/2005	22:00:00	1337	46,25	24,61	64,92
14/12/2005	01:45:00	1256	32,92	22,45	55,55	14/12/2005	12:00:00	1297	46,29	26,63	67,13	14/12/2005	22:15:00	1338	46,84	24,42	65,06
14/12/2005	02:00:00	1257	32,16	22,41	54,94	14/12/2005	12:15:00	1298	45,47	27,38	67,27	14/12/2005	22:30:00	1339	46,39	24,42	65,30
14/12/2005	02:15:00	1258	31,40	22,17	54,09	14/12/2005	12:30:00	1299	44,97	27,84	67,69	14/12/2005	22:45:00	1340	45,79	24,19	65,39
14/12/2005	02:30:00	1259	30,80	22,69	53,39	14/12/2005	12:45:00	1300	44,34	27,84	67,13	14/12/2005	23:00:00	1341	44,66	24,33	64,64
14/12/2005	02:45:00	1260	30,84	22,50	53,02	14/12/2005	13:00:00	1301	41,63	28,13	66,52	14/12/2005	23:15:00	1342	43,60	23,81	64,08
14/12/2005	03:00:00	1261	29,83	22,55	52,78	14/12/2005	13:15:00	1302	42,60	28,36	66,84	14/12/2005	23:30:00	1343	43,61	24,23	64,03
14/12/2005	03:15:00	1262	28,81	22,55	52,03	14/12/2005	13:30:00	1303	41,88	29,16	67,13	14/12/2005	23:45:00	1344	42,84	24,00	63,61
14/12/2005	03:30:00	1263	28,44	22,27	51,89	14/12/2005	13:45:00	1304	42,70	30,42	67,31						
14/12/2005	03:45:00	1264	28,97	22,13	51,61	14/12/2005	14:00:00	1305	43,84	29,86	67,55						
14/12/2005	04:00:00	1265	29,11	21,70	51,33	14/12/2005	14:15:00	1306	46,15	30,52	69,47						
14/12/2005	04:15:00	1266	28,75	22,03	50,91	14/12/2005	14:30:00	1307	48,97	31,45	70,92						
14/12/2005	04:30:00	1267	28,81	21,33	50,77	14/12/2005	14:45:00	1308	51,33	31,27	72,84						
14/12/2005	04:45:00	1268	29,93	21,33	50,25	14/12/2005	15:00:00	1309	50,19	30,75	73,69						

MEDIÇÕES DA SE SÃO LEOPOLDO, PERÍODO DE 06 A 14/06/2003

Data (coluna 1), Hora (coluna 2), Registro (coluna 3), Carga (coluna 4), Temperatura Ambiente (coluna 5) e Temperatura do Óleo (coluna 6)

6/6/2003	0:00	1	17,30	14,05	39,97	6/6/2003	8:30	35	34,63	14,82	40,87	6/6/2003	17:00	69	31,31	16,07	41,18
6/6/2003	0:15	2	17,25	14,18	40,48	6/6/2003	8:45	36	34,40	15,16	41,64	6/6/2003	17:15	70	30,73	15,92	41,38
6/6/2003	0:30	3	17,32	13,74	40,80	6/6/2003	9:00	37	32,93	15,38	42,55	6/6/2003	17:30	71	30,40	15,93	41,20
6/6/2003	0:45	4	17,84	13,68	41,05	6/6/2003	9:15	38	31,26	15,14	43,15	6/6/2003	17:45	72	30,82	15,95	40,89
6/6/2003	1:00	5	18,01	13,67	41,18	6/6/2003	9:30	39	30,50	15,13	43,46	6/6/2003	18:00	73	30,70	15,94	41,05
6/6/2003	1:15	6	18,32	13,92	41,28	6/6/2003	9:45	40	29,63	15,28	43,53	6/6/2003	18:15	74	29,78	15,78	41,59
6/6/2003	1:30	7	18,49	14,07	41,40	6/6/2003	10:00	41	29,24	15,54	43,65	6/6/2003	18:30	75	30,08	15,74	42,11
6/6/2003	1:45	8	18,33	14,14	41,57	6/6/2003	10:15	42	29,34	15,89	43,61	6/6/2003	18:45	76	30,35	15,76	42,37
6/6/2003	2:00	9	18,02	13,52	41,68	6/6/2003	10:30	43	30,54	16,29	43,56	6/6/2003	19:00	77	29,73	15,61	42,52
6/6/2003	2:15	10	18,05	13,47	41,64	6/6/2003	10:45	44	31,50	16,48	43,66	6/6/2003	19:15	78	28,84	15,57	42,51
6/6/2003	2:30	11	18,40	13,28	41,68	6/6/2003	11:00	45	32,83	16,47	43,81	6/6/2003	19:30	79	28,95	15,66	42,64
6/6/2003	2:45	12	18,83	13,53	41,78	6/6/2003	11:15	46	33,32	16,48	43,83	6/6/2003	19:45	80	28,51	15,69	42,63
6/6/2003	3:00	13	19,18	13,40	42,03	6/6/2003	11:30	47	33,55	16,49	44,08	6/6/2003	20:00	81	28,49	15,69	42,93
6/6/2003	3:15	14	20,23	13,46	42,07	6/6/2003	11:45	48	33,23	16,93	44,33	6/6/2003	20:15	82	27,55	15,69	42,77
6/6/2003	3:30	15	21,42	13,61	42,05	6/6/2003	12:00	49	32,89	17,44	44,51	6/6/2003	20:30	83	26,28	15,88	42,64
6/6/2003	3:45	16	22,83	13,98	42,23	6/6/2003	12:15	50	32,76	17,45	44,55	6/6/2003	20:45	84	25,69	15,58	42,73
6/6/2003	4:00	17	24,25	14,01	42,38	6/6/2003	12:30	51	32,19	17,60	44,58	6/6/2003	21:00	85	24,71	15,41	42,65
6/6/2003	4:15	18	24,80	13,84	42,63	6/6/2003	12:45	52	32,47	17,79	44,68	6/6/2003	21:15	86	23,96	15,32	42,64
6/6/2003	4:30	19	26,41	14,12	42,78	6/6/2003	13:00	53	32,54	17,80	44,76	6/6/2003	21:30	87	22,82	15,23	42,42
6/6/2003	4:45	20	27,95	14,11	42,96	6/6/2003	13:15	54	32,44	17,64	44,74	6/6/2003	21:45	88	22,15	15,19	42,22
6/6/2003	5:00	21	29,09	13,94	43,35	6/6/2003	13:30	55	32,69	17,34	44,58	6/6/2003	22:00	89	21,40	15,14	41,91
6/6/2003	5:15	22	29,66	14,02	43,70	6/6/2003	13:45	56	32,85	17,21	44,43	6/6/2003	22:15	90	20,68	15,21	41,58
6/6/2003	5:30	23	30,34	14,09	43,95	6/6/2003	14:00	57	32,18	17,09	44,41	6/6/2003	22:30	91	20,58	15,43	41,46
6/6/2003	5:45	24	31,29	14,13	43,76	6/6/2003	14:15	58	31,17	16,98	44,52	6/6/2003	22:45	92	19,92	15,42	41,41
6/6/2003	6:00	25	31,56	14,14	43,52	6/6/2003	14:30	59	31,28	16,82	44,57	6/6/2003	23:00	93	19,77	15,31	41,29
6/6/2003	6:15	26	32,11	14,27	43,27	6/6/2003	14:45	60	31,92	16,65	44,55	6/6/2003	23:15	94	19,51	15,30	41,15
6/6/2003	6:30	27	32,16	14,41	43,16	6/6/2003	15:00	61	33,23	16,55	44,54	6/6/2003	23:30	95	18,78	15,48	41,01
6/6/2003	6:45	28	33,10	14,52	42,91	6/6/2003	15:15	62	34,38	16,39	44,72	6/6/2003	23:45	96	18,30	15,53	40,84
6/6/2003	7:00	29	33,73	14,64	42,93	6/6/2003	15:30	63	34,90	16,40	44,61	7/6/2003	0:00	97	17,98	15,41	40,76
6/6/2003	7:15	30	34,33	14,61	42,99	6/6/2003	15:45	64	35,17	16,28	43,57	7/6/2003	0:15	98	17,81	15,35	40,71
6/6/2003	7:30	31	34,56	14,60	43,23	6/6/2003	16:00	65	34,12	16,13	42,68	7/6/2003	0:30	99	17,73	15,36	40,54
6/6/2003	7:45	32	34,67	14,50	42,65	6/6/2003	16:15	66	33,18	15,98	42,93	7/6/2003	0:45	100	18,38	15,27	40,39
6/6/2003	8:00	33	34,76	14,50	41,28	6/6/2003	16:30	67	32,96	16,07	42,68	7/6/2003	1:00	101	18,41	15,41	40,21
6/6/2003	8:15	34	34,70	14,72	40,65	6/6/2003	16:45	68	31,93	16,06	41,87	7/6/2003	1:15	102	18,42	15,27	40,04

7/6/2003	1:30	103	18,37	15,27	39,98	7/6/2003	10:15	138	27,92	20,95	46,74	7/6/2003	19:00	173	29,36	16,73	44,51
7/6/2003	1:45	104	18,56	15,29	39,85	7/6/2003	10:30	139	29,58	21,22	46,74	7/6/2003	19:15	174	28,65	16,81	44,38
7/6/2003	2:00	105	18,51	15,30	39,80	7/6/2003	10:45	140	29,91	21,02	46,74	7/6/2003	19:30	175	28,58	16,77	44,23
7/6/2003	2:15	106	18,59	15,21	39,70	7/6/2003	11:00	141	31,18	21,39	46,74	7/6/2003	19:45	176	28,74	16,73	44,00
7/6/2003	2:30	107	19,29	15,25	39,57	7/6/2003	11:15	142	31,35	21,60	47,02	7/6/2003	20:00	177	28,31	17,33	43,80
7/6/2003	2:45	108	19,83	15,34	39,52	7/6/2003	11:30	143	32,10	22,00	47,21	7/6/2003	20:15	178	27,70	17,52	43,65
7/6/2003	3:00	109	20,14	15,23	39,40	7/6/2003	11:45	144	32,42	21,94	47,42	7/6/2003	20:30	179	27,09	17,26	43,52
7/6/2003	3:15	110	21,30	15,05	39,36	7/6/2003	12:00	145	32,15	22,13	47,66	7/6/2003	20:45	180	25,99	17,04	43,18
7/6/2003	3:30	111	22,96	14,97	39,25	7/6/2003	12:15	146	31,31	22,01	47,72	7/6/2003	21:00	181	25,31	17,03	42,95
7/6/2003	3:45	112	24,58	15,04	39,15	7/6/2003	12:30	147	30,53	22,12	47,83	7/6/2003	21:15	182	24,85	16,94	42,81
7/6/2003	4:00	113	25,36	15,15	39,20	7/6/2003	12:45	148	30,24	22,08	47,91	7/6/2003	21:30	183	23,86	16,72	42,49
7/6/2003	4:15	114	25,77	15,14	39,97	7/6/2003	13:00	149	30,41	22,17	47,66	7/6/2003	21:45	184	22,92	16,29	42,13
7/6/2003	4:30	115	26,75	15,11	40,63	7/6/2003	13:15	150	30,35	21,78	47,42	7/6/2003	22:00	185	22,33	16,30	41,69
7/6/2003	4:45	116	26,93	15,03	40,93	7/6/2003	13:30	151	30,15	22,26	47,33	7/6/2003	22:15	186	21,66	16,30	41,36
7/6/2003	5:00	117	28,11	15,02	41,09	7/6/2003	13:45	152	29,56	22,42	47,33	7/6/2003	22:30	187	20,63	16,12	41,21
7/6/2003	5:15	118	29,59	15,07	41,41	7/6/2003	14:00	153	28,92	22,11	47,32	7/6/2003	22:45	188	19,89	16,24	41,17
7/6/2003	5:30	119	30,52	15,16	41,92	7/6/2003	14:15	154	28,09	25,13	47,08	7/6/2003	23:00	189	19,27	16,09	41,05
7/6/2003	5:45	120	30,80	15,37	42,43	7/6/2003	14:30	155	28,30	23,57	47,00	7/6/2003	23:15	190	18,64	15,43	40,81
7/6/2003	6:00	121	31,36	15,59	42,93	7/6/2003	14:45	156	29,00	21,31	46,71	7/6/2003	23:30	191	17,66	15,60	40,57
7/6/2003	6:15	122	31,67	15,90	43,63	7/6/2003	15:00	157	30,75	20,78	46,43	7/6/2003	23:45	192	17,21	16,13	40,33
7/6/2003	6:30	123	31,65	16,32	44,14	7/6/2003	15:15	158	32,49	20,63	46,15	8/6/2003	0:00	193	16,94	15,71	40,14
7/6/2003	6:45	124	32,07	16,74	44,30	7/6/2003	15:30	159	33,42	20,34	46,13	8/6/2003	0:15	194	16,78	15,57	39,94
7/6/2003	7:00	125	32,34	17,26	44,56	7/6/2003	15:45	160	33,94	19,12	45,96	8/6/2003	0:30	195	16,65	15,71	39,68
7/6/2003	7:15	126	32,41	17,69	44,82	7/6/2003	16:00	161	33,76	18,59	45,69	8/6/2003	0:45	196	17,17	15,79	39,32
7/6/2003	7:30	127	33,14	17,87	45,15	7/6/2003	16:15	162	32,98	18,35	45,33	8/6/2003	1:00	197	17,17	15,05	39,11
7/6/2003	7:45	128	34,10	18,18	45,36	7/6/2003	16:30	163	32,92	18,14	45,13	8/6/2003	1:15	198	17,23	15,19	39,66
7/6/2003	8:00	129	33,64	18,61	45,72	7/6/2003	16:45	164	32,24	18,21	44,96	8/6/2003	1:30	199	17,14	15,59	40,24
7/6/2003	8:15	130	33,54	18,78	46,00	7/6/2003	17:00	165	31,30	18,10	44,98	8/6/2003	1:45	200	17,01	15,50	40,66
7/6/2003	8:30	131	33,67	18,94	46,16	7/6/2003	17:15	166	31,07	18,27	45,17	8/6/2003	2:00	201	17,05	15,45	40,98
7/6/2003	8:45	132	33,72	18,54	46,08	7/6/2003	17:30	167	30,64	17,96	45,22	8/6/2003	2:15	202	16,94	15,26	41,23
7/6/2003	9:00	133	32,24	18,93	45,87	7/6/2003	17:45	168	30,67	17,85	45,10	8/6/2003	2:30	203	16,71	15,07	41,47
7/6/2003	9:15	134	31,24	19,42	45,87	7/6/2003	18:00	169	30,42	17,47	44,96	8/6/2003	2:45	204	16,73	15,08	41,62
7/6/2003	9:30	135	30,02	19,83	46,18	7/6/2003	18:15	170	29,80	17,19	44,88	8/6/2003	3:00	205	16,71	15,25	41,74
7/6/2003	9:45	136	28,89	20,30	46,45	7/6/2003	18:30	171	30,03	16,92	44,78	8/6/2003	3:15	206	16,67	15,12	42,02
7/6/2003	10:00	137	28,23	20,88	46,53	7/6/2003	18:45	172	29,99	16,86	44,66	8/6/2003	3:30	207	17,15	15,02	42,05

8/6/2003	3:45	208	17,76	15,38	42,12	8/6/2003	12:30	243	22,41	15,37	40,46	8/6/2003	21:15	278	19,01	13,07	39,40
8/6/2003	4:00	209	18,38	15,38	42,33	8/6/2003	12:45	244	22,08	15,21	40,68	8/6/2003	21:30	279	18,62	12,95	39,57
8/6/2003	4:15	210	18,63	15,58	42,35	8/6/2003	13:00	245	22,01	15,10	40,85	8/6/2003	21:45	280	18,14	12,77	39,54
8/6/2003	4:30	211	19,39	15,32	42,58	8/6/2003	13:15	246	21,49	15,09	41,10	8/6/2003	22:00	281	17,67	12,73	39,45
8/6/2003	4:45	212	19,30	15,06	42,64	8/6/2003	13:30	247	21,49	14,98	41,35	8/6/2003	22:15	282	17,06	12,72	39,43
8/6/2003	5:00	213	19,67	15,12	42,65	8/6/2003	13:45	248	21,74	14,83	41,60	8/6/2003	22:30	283	16,74	12,68	39,50
8/6/2003	5:15	214	20,22	15,12	42,68	8/6/2003	14:00	249	21,88	14,76	41,94	8/6/2003	22:45	284	16,12	12,63	39,56
8/6/2003	5:30	215	20,98	14,90	42,88	8/6/2003	14:15	250	22,02	14,75	42,27	8/6/2003	23:00	285	15,84	12,55	39,58
8/6/2003	5:45	216	21,25	14,85	42,93	8/6/2003	14:30	251	22,13	14,60	42,51	8/6/2003	23:15	286	15,47	12,50	39,58
8/6/2003	6:00	217	22,02	14,86	43,05	8/6/2003	14:45	252	23,33	14,58	42,64	8/6/2003	23:30	287	15,46	12,46	39,57
8/6/2003	6:15	218	22,99	14,91	43,22	8/6/2003	15:00	253	25,17	14,64	42,93	8/6/2003	23:45	288	15,16	12,39	39,55
8/6/2003	6:30	219	23,72	15,02	43,41	8/6/2003	15:15	254	27,59	14,74	43,13	9/6/2003	0:00	289	14,96	12,39	39,46
8/6/2003	6:45	220	24,00	15,44	43,72	8/6/2003	15:30	255	29,25	14,71	43,44	9/6/2003	0:15	290	14,75	12,40	39,43
8/6/2003	7:00	221	24,37	15,47	43,93	8/6/2003	15:45	256	30,09	14,53	43,77	9/6/2003	0:30	291	14,75	12,41	39,55
8/6/2003	7:15	222	24,69	15,23	43,64	8/6/2003	16:00	257	30,18	14,40	43,93	9/6/2003	0:45	292	14,58	12,30	39,63
8/6/2003	7:30	223	24,54	15,27	42,80	8/6/2003	16:15	258	29,69	14,30	43,53	9/6/2003	1:00	293	14,56	12,24	39,72
8/6/2003	7:45	224	24,77	15,65	42,39	8/6/2003	16:30	259	29,41	14,05	43,16	9/6/2003	1:15	294	14,50	12,15	39,72
8/6/2003	8:00	225	24,88	15,40	42,15	8/6/2003	16:45	260	29,27	14,03	42,93	9/6/2003	1:30	295	14,43	12,17	39,69
8/6/2003	8:15	226	25,39	14,94	41,65	8/6/2003	17:00	261	28,43	14,08	42,64	9/6/2003	1:45	296	14,16	12,25	39,81
8/6/2003	8:30	227	24,22	14,40	41,07	8/6/2003	17:15	262	27,50	13,99	42,44	9/6/2003	2:00	297	14,04	12,22	39,99
8/6/2003	8:45	228	24,83	14,47	40,54	8/6/2003	17:30	263	27,16	13,98	42,23	9/6/2003	2:15	298	13,65	12,09	40,08
8/6/2003	9:00	229	24,25	14,65	40,42	8/6/2003	17:45	264	27,01	13,80	42,03	9/6/2003	2:30	299	13,67	11,95	40,14
8/6/2003	9:15	230	23,71	14,79	40,37	8/6/2003	18:00	265	26,78	13,58	41,72	9/6/2003	2:45	300	13,84	11,87	40,01
8/6/2003	9:30	231	23,09	15,05	40,35	8/6/2003	18:15	266	26,13	13,69	41,41	9/6/2003	3:00	301	14,02	11,99	39,97
8/6/2003	9:45	232	23,01	15,23	40,32	8/6/2003	18:30	267	25,51	13,41	41,14	9/6/2003	3:15	302	13,84	11,77	39,89
8/6/2003	10:00	233	22,90	15,06	40,20	8/6/2003	18:45	268	24,80	13,25	40,77	9/6/2003	3:30	303	13,94	11,69	39,85
8/6/2003	10:15	234	22,86	14,81	39,85	8/6/2003	19:00	269	24,61	13,06	40,41	9/6/2003	3:45	304	13,98	11,69	39,72
8/6/2003	10:30	235	23,33	14,60	39,57	8/6/2003	19:15	270	24,17	13,17	40,12	9/6/2003	4:00	305	14,20	11,68	39,85
8/6/2003	10:45	236	23,38	14,07	39,00	8/6/2003	19:30	271	24,03	13,21	39,97	9/6/2003	4:15	306	14,28	11,35	39,83
8/6/2003	11:00	237	23,54	14,32	39,19	8/6/2003	19:45	272	23,42	13,25	39,83	9/6/2003	4:30	307	13,88	11,24	39,70
8/6/2003	11:15	238	23,48	14,65	39,71	8/6/2003	20:00	273	22,83	13,21	39,65	9/6/2003	4:45	308	13,55	11,17	39,56
8/6/2003	11:30	239	23,02	14,76	39,93	8/6/2003	20:15	274	21,52	13,25	39,46	9/6/2003	5:00	309	13,70	11,34	39,57
8/6/2003	11:45	240	23,19	14,69	40,08	8/6/2003	20:30	275	20,81	13,28	39,39	9/6/2003	5:15	310	13,91	11,41	39,64
8/6/2003	12:00	241	22,83	14,81	40,27	8/6/2003	20:45	276	19,89	13,30	39,27	9/6/2003	5:30	311	14,67	11,67	39,72
8/6/2003	12:15	242	22,58	14,77	40,34	8/6/2003	21:00	277	19,40	13,14	39,05	9/6/2003	5:45	312	15,13	11,68	39,87

9/6/2003	6:00	313	15,53	11,99	40,16	9/6/2003	14:45	348	20,73	14,95	39,10	9/6/2003	23:30	383	14,70	12,67	42,93
9/6/2003	6:15	314	15,79	12,35	40,51	9/6/2003	15:00	349	22,87	14,47	39,58	9/6/2003	23:45	384	14,70	12,78	42,94
9/6/2003	6:30	315	16,59	12,65	40,77	9/6/2003	15:15	350	25,54	14,02	39,72	10/6/2003	0:00	385	14,66	12,56	42,94
9/6/2003	6:45	316	17,09	13,29	41,02	9/6/2003	15:30	351	27,53	14,00	39,78	10/6/2003	0:15	386	14,60	12,64	42,93
9/6/2003	7:00	317	17,40	13,68	41,13	9/6/2003	15:45	352	28,23	13,82	39,85	10/6/2003	0:30	387	14,78	12,71	42,94
9/6/2003	7:15	318	17,64	13,89	41,11	9/6/2003	16:00	353	27,83	13,63	39,86	10/6/2003	0:45	388	14,80	12,70	42,94
9/6/2003	7:30	319	18,58	14,07	41,27	9/6/2003	16:15	354	27,10	13,31	39,85	10/6/2003	1:00	389	14,71	12,89	42,94
9/6/2003	7:45	320	18,67	13,75	41,21	9/6/2003	16:30	355	26,72	13,02	39,72	10/6/2003	1:15	390	14,78	12,99	42,94
9/6/2003	8:00	321	18,90	13,90	41,04	9/6/2003	16:45	356	26,92	13,01	39,58	10/6/2003	1:30	391	15,09	12,75	42,96
9/6/2003	8:15	322	19,05	14,23	41,06	9/6/2003	17:00	357	26,02	12,93	39,75	10/6/2003	1:45	392	15,48	12,85	42,93
9/6/2003	8:30	323	19,37	14,61	41,26	9/6/2003	17:15	358	26,06	12,83	39,96	10/6/2003	2:00	393	15,65	12,81	42,95
9/6/2003	8:45	324	19,12	14,32	41,38	9/6/2003	17:30	359	26,02	12,82	40,20	10/6/2003	2:15	394	15,62	12,92	42,96
9/6/2003	9:00	325	18,94	14,44	41,36	9/6/2003	17:45	360	25,32	12,62	40,28	10/6/2003	2:30	395	15,82	12,83	42,99
9/6/2003	9:15	326	18,48	14,84	41,54	9/6/2003	18:00	361	25,01	12,53	40,19	10/6/2003	2:45	396	16,11	12,69	42,96
9/6/2003	9:30	327	18,15	15,57	41,94	9/6/2003	18:15	362	24,47	12,40	40,11	10/6/2003	3:00	397	16,95	12,64	42,95
9/6/2003	9:45	328	17,65	16,05	42,52	9/6/2003	18:30	363	24,14	12,43	40,03	10/6/2003	3:15	398	17,87	12,72	42,93
9/6/2003	10:00	329	17,56	16,33	42,86	9/6/2003	18:45	364	23,86	12,44	40,01	10/6/2003	3:30	399	19,71	12,83	42,94
9/6/2003	10:15	330	17,41	16,62	43,07	9/6/2003	19:00	365	23,16	12,45	40,14	10/6/2003	3:45	400	20,94	12,98	42,93
9/6/2003	10:30	331	17,36	16,94	43,33	9/6/2003	19:15	366	22,82	12,43	40,29	10/6/2003	4:00	401	22,21	13,03	42,96
9/6/2003	10:45	332	17,24	16,95	43,71	9/6/2003	19:30	367	22,06	12,43	40,53	10/6/2003	4:15	402	23,30	13,04	43,17
9/6/2003	11:00	333	17,21	16,87	43,96	9/6/2003	19:45	368	21,16	12,45	40,86	10/6/2003	4:30	403	25,46	12,78	43,23
9/6/2003	11:15	334	17,06	17,63	43,62	9/6/2003	20:00	369	20,45	12,38	41,18	10/6/2003	4:45	404	26,86	12,80	43,23
9/6/2003	11:30	335	17,24	17,98	42,87	9/6/2003	20:15	370	19,83	12,47	41,47	10/6/2003	5:00	405	27,60	12,76	43,48
9/6/2003	11:45	336	17,23	17,76	42,58	9/6/2003	20:30	371	19,59	12,35	41,69	10/6/2003	5:15	406	28,58	12,50	43,64
9/6/2003	12:00	337	17,17	17,28	42,31	9/6/2003	20:45	372	19,59	12,35	41,69	10/6/2003	5:30	407	28,88	12,78	43,81
9/6/2003	12:15	338	17,07	17,66	42,06	9/6/2003	21:00	373	18,03	12,40	41,90	10/6/2003	5:45	408	29,27	13,15	43,94
9/6/2003	12:30	339	17,10	17,33	41,82	9/6/2003	21:15	374	18,03	12,40	41,90	10/6/2003	6:00	409	29,36	13,28	43,68
9/6/2003	12:45	340	17,16	17,60	41,56	9/6/2003	21:30	375	16,32	12,55	42,09	10/6/2003	6:15	410	29,88	13,85	43,63
9/6/2003	13:00	341	17,15	17,98	41,35	9/6/2003	21:45	376	16,32	12,55	42,09	10/6/2003	6:30	411	30,16	14,00	43,59
9/6/2003	13:15	342	17,24	18,08	40,92	9/6/2003	22:00	377	16,18	12,55	42,33	10/6/2003	6:45	412	30,39	13,58	43,44
9/6/2003	13:30	343	17,54	17,40	40,62	9/6/2003	22:15	378	15,72	12,70	42,44	10/6/2003	7:00	413	31,33	13,77	43,22
9/6/2003	13:45	344	17,92	17,09	40,39	9/6/2003	22:30	379	15,25	13,16	42,65	10/6/2003	7:15	414	31,77	14,05	43,03
9/6/2003	14:00	345	18,20	16,26	40,08	9/6/2003	22:45	380	15,14	13,18	42,81	10/6/2003	7:30	415	31,79	14,29	43,20
9/6/2003	14:15	346	18,56	15,64	39,61	9/6/2003	23:00	381	14,93	12,68	42,94	10/6/2003	7:45	416	32,35	14,45	43,22
9/6/2003	14:30	347	19,48	15,37	39,21	9/6/2003	23:15	382	14,88	12,65	42,86	10/6/2003	8:00	417	32,69	14,52	43,23

10/6/2003	8:15	418	32,70	14,68	43,24	10/6/2003	17:00	453	31,25	15,38	44,20	11/6/2003	1:45	488	18,33	14,91	39,81
10/6/2003	8:30	419	32,89	14,90	43,37	10/6/2003	17:15	454	31,27	15,40	44,12	11/6/2003	2:00	489	18,70	14,92	39,66
10/6/2003	8:45	420	32,51	15,00	43,56	10/6/2003	17:30	455	30,66	15,42	44,06	11/6/2003	2:15	490	18,87	14,98	39,47
10/6/2003	9:00	421	31,88	15,09	43,66	10/6/2003	17:45	456	30,87	15,54	43,98	11/6/2003	2:30	491	19,28	15,03	39,40
10/6/2003	9:15	422	31,38	15,18	43,68	10/6/2003	18:00	457	31,00	15,38	43,96	11/6/2003	2:45	492	19,37	14,96	39,36
10/6/2003	9:30	423	29,59	15,33	43,69	10/6/2003	18:15	458	30,27	15,44	43,96	11/6/2003	3:00	493	19,95	15,05	39,31
10/6/2003	9:45	424	28,76	15,58	43,61	10/6/2003	18:30	459	30,31	15,43	43,82	11/6/2003	3:15	494	21,28	15,03	39,21
10/6/2003	10:00	425	28,68	15,69	43,66	10/6/2003	18:45	460	30,61	15,41	43,76	11/6/2003	3:30	495	22,89	14,88	39,15
10/6/2003	10:15	426	28,77	15,97	43,67	10/6/2003	19:00	461	29,98	15,31	43,64	11/6/2003	3:45	496	24,16	14,53	39,82
10/6/2003	10:30	427	30,72	16,18	43,68	10/6/2003	19:15	462	29,14	15,11	43,59	11/6/2003	4:00	497	25,11	14,76	40,27
10/6/2003	10:45	428	31,43	16,45	43,78	10/6/2003	19:30	463	28,51	15,04	43,46	11/6/2003	4:15	498	25,79	14,92	40,48
10/6/2003	11:00	429	32,28	16,43	43,82	10/6/2003	19:45	464	27,77	15,00	43,22	11/6/2003	4:30	499	27,14	14,96	40,83
10/6/2003	11:15	430	32,52	16,43	43,94	10/6/2003	20:00	465	27,99	14,78	43,12	11/6/2003	4:45	500	28,47	14,93	41,28
10/6/2003	11:30	431	32,44	16,43	44,06	10/6/2003	20:15	466	26,93	14,74	42,96	11/6/2003	5:00	501	29,14	15,04	41,75
10/6/2003	11:45	432	32,58	16,25	44,10	10/6/2003	20:30	467	25,65	14,79	42,76	11/6/2003	5:15	502	30,02	15,02	42,20
10/6/2003	12:00	433	32,05	16,48	44,08	10/6/2003	20:45	468	24,94	14,83	42,57	11/6/2003	5:30	503	30,70	15,17	42,71
10/6/2003	12:15	434	32,33	16,56	44,25	10/6/2003	21:00	469	24,14	14,85	42,29	11/6/2003	5:45	504	30,45	15,42	43,32
10/6/2003	12:30	435	31,14	16,57	44,38	10/6/2003	21:15	470	23,25	14,88	42,05	11/6/2003	6:00	505	31,01	15,51	43,90
10/6/2003	12:45	436	32,23	16,39	44,46	10/6/2003	21:30	471	22,18	14,92	42,05	11/6/2003	6:15	506	31,29	15,69	44,06
10/6/2003	13:00	437	32,49	16,28	44,45	10/6/2003	21:45	472	21,67	14,93	41,88	11/6/2003	6:30	507	31,37	16,46	44,11
10/6/2003	13:15	438	33,10	16,15	44,42	10/6/2003	22:00	473	20,87	14,94	41,70	11/6/2003	6:45	508	31,96	16,96	44,32
10/6/2003	13:30	439	33,22	16,10	44,40	10/6/2003	22:15	474	20,43	14,99	41,54	11/6/2003	7:00	509	32,34	17,17	44,57
10/6/2003	13:45	440	33,30	16,11	44,40	10/6/2003	22:30	475	19,49	15,08	41,45	11/6/2003	7:15	510	32,39	17,50	44,83
10/6/2003	14:00	441	32,84	16,09	44,48	10/6/2003	22:45	476	19,49	15,04	41,29	11/6/2003	7:30	511	32,71	17,84	45,12
10/6/2003	14:15	442	31,71	15,99	44,61	10/6/2003	23:00	477	19,08	15,12	41,16	11/6/2003	7:45	512	33,20	18,67	45,51
10/6/2003	14:30	443	31,79	15,85	44,69	10/6/2003	23:15	478	18,87	15,17	41,02	11/6/2003	8:00	513	33,42	19,92	46,08
10/6/2003	14:45	444	31,51	15,78	44,69	10/6/2003	23:30	479	18,20	15,23	40,88	11/6/2003	8:15	514	33,72	20,84	46,54
10/6/2003	15:00	445	32,90	15,70	44,65	10/6/2003	23:45	480	17,55	15,15	40,73	11/6/2003	8:30	515	33,68	21,36	46,79
10/6/2003	15:15	446	33,40	15,63	44,59	11/6/2003	0:00	481	17,51	15,13	40,55	11/6/2003	8:45	516	31,42	21,60	46,94
10/6/2003	15:30	447	34,03	15,68	44,47	11/6/2003	0:15	482	17,47	15,22	40,44	11/6/2003	9:00	517	30,95	21,80	47,09
10/6/2003	15:45	448	34,25	15,74	44,41	11/6/2003	0:30	483	17,58	15,26	40,30	11/6/2003	9:15	518	30,60	22,20	47,24
10/6/2003	16:00	449	34,03	15,75	44,43	11/6/2003	0:45	484	17,56	15,13	40,17	11/6/2003	9:30	519	30,34	22,60	47,39
10/6/2003	16:15	450	33,54	15,70	44,43	11/6/2003	1:00	485	17,99	15,28	40,08	11/6/2003	9:45	520	30,22	23,00	47,54
10/6/2003	16:30	451	32,60	15,55	44,43	11/6/2003	1:15	486	18,10	15,19	40,00	11/6/2003	10:00	521	30,61	23,30	47,69
10/6/2003	16:45	452	31,94	15,44	44,31	11/6/2003	1:30	487	18,20	14,97	39,96	11/6/2003	10:15	522	30,75	23,60	47,84

11/6/2003	10:30	523	31,57	23,90	47,99	11/6/2003	19:15	558	28,00	19,73	47,31	12/6/2003	4:00	593	23,54	18,62	43,22
11/6/2003	10:45	524	31,86	24,00	48,14	11/6/2003	19:30	559	27,21	19,60	47,27	12/6/2003	4:15	594	24,13	18,63	43,22
11/6/2003	11:00	525	32,11	24,10	48,29	11/6/2003	19:45	560	27,91	20,86	47,11	12/6/2003	4:30	595	26,56	18,70	43,22
11/6/2003	11:15	526	31,80	24,20	48,44	11/6/2003	20:00	561	26,79	21,04	47,14	12/6/2003	4:45	596	28,26	18,66	43,21
11/6/2003	11:30	527	31,53	24,30	48,59	11/6/2003	20:15	562	25,40	21,32	47,09	12/6/2003	5:00	597	28,88	18,71	43,22
11/6/2003	11:45	528	30,54	24,50	48,74	11/6/2003	20:30	563	24,40	21,14	47,02	12/6/2003	5:15	598	29,28	18,77	43,28
11/6/2003	12:00	529	30,01	24,60	48,89	11/6/2003	20:45	564	23,61	21,47	47,10	12/6/2003	5:30	599	29,56	18,79	43,58
11/6/2003	12:15	530	29,89	24,70	49,04	11/6/2003	21:00	565	22,63	22,22	47,30	12/6/2003	5:45	600	29,56	18,81	43,73
11/6/2003	12:30	531	29,62	24,80	49,10	11/6/2003	21:15	566	21,62	22,45	47,20	12/6/2003	6:00	601	29,68	18,90	43,98
11/6/2003	12:45	532	30,57	24,90	49,25	11/6/2003	21:30	567	20,92	22,32	47,03	12/6/2003	6:15	602	30,30	18,92	44,26
11/6/2003	13:00	533	31,18	25,00	49,30	11/6/2003	21:45	568	20,61	21,81	47,03	12/6/2003	6:30	603	30,72	18,95	44,48
11/6/2003	13:15	534	31,56	25,10	49,45	11/6/2003	22:00	569	19,90	21,57	47,03	12/6/2003	6:45	604	30,37	19,01	44,64
11/6/2003	13:30	535	31,65	25,20	49,50	11/6/2003	22:15	570	19,45	20,73	46,68	12/6/2003	7:00	605	30,49	19,04	44,64
11/6/2003	13:45	536	31,42	25,30	49,65	11/6/2003	22:30	571	19,07	19,38	45,81	12/6/2003	7:15	606	31,60	19,08	44,66
11/6/2003	14:00	537	30,93	25,42	49,66	11/6/2003	22:45	572	18,05	18,18	44,26	12/6/2003	7:30	607	32,16	19,41	44,79
11/6/2003	14:15	538	29,88	27,31	50,01	11/6/2003	23:00	573	16,24	17,80	42,59	12/6/2003	7:45	608	32,48	19,16	44,97
11/6/2003	14:30	539	29,75	27,72	50,33	11/6/2003	23:15	574	16,23	17,69	40,74	12/6/2003	8:00	609	32,61	19,18	44,97
11/6/2003	14:45	540	29,38	25,82	50,54	11/6/2003	23:30	575	15,70	17,74	39,19	12/6/2003	8:15	610	32,53	19,23	45,07
11/6/2003	15:00	541	30,37	24,11	50,64	11/6/2003	23:45	576	16,04	17,75	38,39	12/6/2003	8:30	611	32,63	18,84	45,17
11/6/2003	15:15	542	32,27	23,56	50,81	12/6/2003	0:00	577	16,17	17,90	37,59	12/6/2003	8:45	612	32,70	18,72	45,12
11/6/2003	15:30	543	33,84	23,06	50,72	12/6/2003	0:15	578	16,32	18,14	37,54	12/6/2003	9:00	613	31,54	18,74	45,15
11/6/2003	15:45	544	34,16	22,72	50,54	12/6/2003	0:30	579	16,34	17,94	38,18	12/6/2003	9:15	614	29,88	18,96	45,27
11/6/2003	16:00	545	33,41	22,09	50,47	12/6/2003	0:45	580	16,52	17,77	39,20	12/6/2003	9:30	615	28,90	18,99	45,41
11/6/2003	16:15	546	32,99	21,44	50,23	12/6/2003	1:00	581	16,87	17,70	40,31	12/6/2003	9:45	616	28,65	18,83	45,53
11/6/2003	16:30	547	33,04	21,21	50,09	12/6/2003	1:15	582	16,92	17,77	41,29	12/6/2003	10:00	617	28,87	18,70	45,48
11/6/2003	16:45	548	31,56	20,92	50,12	12/6/2003	1:30	583	16,76	17,66	42,21	12/6/2003	10:15	618	28,80	18,62	45,32
11/6/2003	17:00	549	30,54	20,47	50,06	12/6/2003	1:45	584	17,36	17,67	42,88	12/6/2003	10:30	619	30,46	18,69	45,28
11/6/2003	17:15	550	29,86	20,39	49,85	12/6/2003	2:00	585	17,63	17,77	43,45	12/6/2003	10:45	620	30,85	18,90	45,28
11/6/2003	17:30	551	29,40	19,91	49,60	12/6/2003	2:15	586	17,23	18,02	43,83	12/6/2003	11:00	621	31,75	18,90	45,38
11/6/2003	17:45	552	30,04	19,74	49,27	12/6/2003	2:30	587	17,68	18,17	43,59	12/6/2003	11:15	622	31,78	18,82	45,40
11/6/2003	18:00	553	29,94	19,74	48,93	12/6/2003	2:45	588	17,92	18,38	43,22	12/6/2003	11:30	623	31,78	18,80	45,40
11/6/2003	18:15	554	29,30	19,86	48,70	12/6/2003	3:00	589	18,48	18,48	43,52	12/6/2003	11:45	624	31,64	18,67	45,43
11/6/2003	18:30	555	29,30	19,59	48,48	12/6/2003	3:15	590	19,73	18,49	43,93	12/6/2003	12:00	625	31,40	18,54	45,42
11/6/2003	18:45	556	29,52	19,32	48,10	12/6/2003	3:30	591	21,73	18,60	43,90	12/6/2003	12:15	626	31,23	18,54	45,45
11/6/2003	19:00	557	29,06	19,24	47,63	12/6/2003	3:45	592	22,59	18,65	43,34	12/6/2003	12:30	627	30,58	18,69	45,52

12/6/2003	12:45	628	30,44	18,82	45,63	12/6/2003	21:30	663	20,90	16,27	41,45	13/6/2003	6:15	698	30,27	13,51	43,68
12/6/2003	13:00	629	30,94	19,12	45,84	12/6/2003	21:45	664	20,08	16,33	41,25	13/6/2003	6:30	699	30,25	14,13	44,01
12/6/2003	13:15	630	30,84	18,88	45,85	12/6/2003	22:00	665	19,44	16,36	41,07	13/6/2003	6:45	700	30,25	14,62	43,98
12/6/2003	13:30	631	30,78	18,69	45,73	12/6/2003	22:15	666	18,84	16,22	40,95	13/6/2003	7:00	701	30,64	15,50	44,02
12/6/2003	13:45	632	30,40	18,42	45,48	12/6/2003	22:30	667	18,56	16,44	40,83	13/6/2003	7:15	702	30,61	16,06	44,10
12/6/2003	14:00	633	30,22	18,41	45,41	12/6/2003	22:45	668	18,50	16,39	40,66	13/6/2003	7:30	703	30,78	16,75	44,29
12/6/2003	14:15	634	29,26	18,24	45,41	12/6/2003	23:00	669	18,51	16,34	40,50	13/6/2003	7:45	704	31,27	16,62	44,52
12/6/2003	14:30	635	29,39	18,76	45,38	12/6/2003	23:15	670	17,96	16,12	40,23	13/6/2003	8:00	705	31,58	16,85	44,49
12/6/2003	14:45	636	29,48	18,63	45,33	12/6/2003	23:30	671	17,31	16,01	39,97	13/6/2003	8:15	706	31,71	16,98	44,59
12/6/2003	15:00	637	30,14	17,78	45,16	12/6/2003	23:45	672	16,84	15,88	39,73	13/6/2003	8:30	707	31,62	16,77	44,56
12/6/2003	15:15	638	31,46	17,87	44,94	13/6/2003	0:00	673	16,71	16,09	39,56	13/6/2003	8:45	708	31,16	17,00	44,54
12/6/2003	15:30	639	31,75	17,17	44,85	13/6/2003	0:15	674	16,62	15,96	39,49	13/6/2003	9:00	709	29,46	18,07	44,64
12/6/2003	15:45	640	32,01	17,26	44,76	13/6/2003	0:30	675	16,50	15,84	39,28	13/6/2003	9:15	710	28,55	18,43	44,94
12/6/2003	16:00	641	31,79	17,68	44,69	13/6/2003	0:45	676	16,75	16,02	39,13	13/6/2003	9:30	711	28,11	19,04	45,08
12/6/2003	16:15	642	31,26	17,18	44,68	13/6/2003	1:00	677	17,08	15,66	39,23	13/6/2003	9:45	712	27,25	19,50	45,17
12/6/2003	16:30	643	31,25	17,36	44,67	13/6/2003	1:15	678	16,99	15,26	40,01	13/6/2003	10:00	713	27,28	20,06	45,35
12/6/2003	16:45	644	30,61	17,50	44,61	13/6/2003	1:30	679	17,02	14,89	40,48	13/6/2003	10:15	714	27,13	20,58	45,44
12/6/2003	17:00	645	29,57	17,40	44,50	13/6/2003	1:45	680	17,09	14,83	40,80	13/6/2003	10:30	715	28,67	21,08	45,52
12/6/2003	17:15	646	29,08	17,03	44,40	13/6/2003	2:00	681	17,19	15,34	41,07	13/6/2003	10:45	716	29,24	21,17	45,69
12/6/2003	17:30	647	28,77	17,06	44,34	13/6/2003	2:15	682	17,48	15,36	41,32	13/6/2003	11:00	717	30,10	21,40	45,87
12/6/2003	17:45	648	29,25	16,87	44,25	13/6/2003	2:30	683	17,97	15,22	41,48	13/6/2003	11:15	718	30,39	22,03	46,14
12/6/2003	18:00	649	29,00	17,24	44,11	13/6/2003	2:45	684	18,04	14,77	41,47	13/6/2003	11:30	719	30,36	22,43	46,43
12/6/2003	18:15	650	28,09	16,81	43,98	13/6/2003	3:00	685	18,82	15,00	41,48	13/6/2003	11:45	720	30,30	22,53	46,59
12/6/2003	18:30	651	28,53	16,60	43,91	13/6/2003	3:15	686	19,69	15,32	41,56	13/6/2003	12:00	721	30,17	22,61	46,76
12/6/2003	18:45	652	28,64	16,80	43,79	13/6/2003	3:30	687	21,20	15,21	41,61	13/6/2003	12:15	722	30,02	22,55	47,00
12/6/2003	19:00	653	28,02	16,20	43,60	13/6/2003	3:45	688	23,11	15,03	41,64	13/6/2003	12:30	723	29,93	22,40	47,04
12/6/2003	19:15	654	27,01	16,35	43,34	13/6/2003	4:00	689	23,94	14,89	41,69	13/6/2003	12:45	724	30,04	22,44	47,00
12/6/2003	19:30	655	26,29	16,40	43,14	13/6/2003	4:15	690	24,34	14,81	41,77	13/6/2003	13:00	725	29,93	22,76	46,73
12/6/2003	19:45	656	25,86	16,53	42,88	13/6/2003	4:30	691	25,28	14,96	41,78	13/6/2003	13:15	726	29,92	22,91	46,46
12/6/2003	20:00	657	25,97	16,47	42,65	13/6/2003	4:45	692	26,00	14,78	42,05	13/6/2003	13:30	727	30,16	22,84	46,44
12/6/2003	20:15	658	25,54	16,54	42,51	13/6/2003	5:00	693	26,77	14,67	42,20	13/6/2003	13:45	728	30,40	22,36	46,44
12/6/2003	20:30	659	24,89	16,48	42,33	13/6/2003	5:15	694	27,53	14,27	42,39	13/6/2003	14:00	729	30,55	21,18	46,22
12/6/2003	20:45	660	23,88	16,30	42,05	13/6/2003	5:30	695	28,19	14,54	42,75	13/6/2003	14:15	730	30,47	20,36	45,97
12/6/2003	21:00	661	23,43	16,17	42,01	13/6/2003	5:45	696	29,38	13,53	42,93	13/6/2003	14:30	731	30,19	19,78	45,85
12/6/2003	21:15	662	22,31	16,35	41,66	13/6/2003	6:00	697	29,86	13,43	43,19	13/6/2003	14:45	732	29,83	19,56	45,56

13/6/2003	15:00	733	30,77	19,19	45,50	13/6/2003	23:45	768	16,84	15,88	41,14	14/6/2003	8:30	803	31,78	18,20	44,94
13/6/2003	15:15	734	32,03	18,78	45,37	14/6/2003	0:00	769	16,58	15,89	41,60	14/6/2003	8:45	804	31,94	18,72	45,29
13/6/2003	15:30	735	32,57	18,47	45,23	14/6/2003	0:15	770	16,61	15,64	41,12	14/6/2003	9:00	805	30,02	19,36	45,51
13/6/2003	15:45	736	32,69	18,27	45,09	14/6/2003	0:30	771	16,52	15,77	39,96	14/6/2003	9:15	806	28,60	19,49	45,82
13/6/2003	16:00	737	32,06	18,01	45,01	14/6/2003	0:45	772	16,89	15,27	39,00	14/6/2003	9:30	807	27,49	20,30	46,10
13/6/2003	16:15	738	32,06	17,83	44,97	14/6/2003	1:00	773	17,30	15,40	38,59	14/6/2003	9:45	808	26,92	21,12	46,34
13/6/2003	16:30	739	32,02	17,54	44,86	14/6/2003	1:15	774	16,62	15,36	38,70	14/6/2003	10:00	809	26,98	20,65	46,60
13/6/2003	16:45	740	31,40	17,15	44,81	14/6/2003	1:30	775	16,99	15,59	38,47	14/6/2003	10:15	810	26,47	20,68	46,75
13/6/2003	17:00	741	30,05	17,13	44,70	14/6/2003	1:45	776	17,00	15,57	37,88	14/6/2003	10:30	811	28,22	20,87	46,74
13/6/2003	17:15	742	29,53	17,06	44,68	14/6/2003	2:00	777	17,05	15,59	36,87	14/6/2003	10:45	812	28,96	20,79	46,69
13/6/2003	17:30	743	29,05	17,37	44,61	14/6/2003	2:15	778	17,15	15,39	36,83	14/6/2003	11:00	813	29,40	20,78	46,44
13/6/2003	17:45	744	29,30	17,95	44,67	14/6/2003	2:30	779	17,26	15,37	37,09	14/6/2003	11:15	814	29,85	21,25	46,44
13/6/2003	18:00	745	29,33	18,01	44,69	14/6/2003	2:45	780	17,74	15,46	37,09	14/6/2003	11:30	815	29,91	21,88	46,74
13/6/2003	18:15	746	28,43	17,75	44,62	14/6/2003	3:00	781	18,63	15,60	37,29	14/6/2003	11:45	816	29,90	21,50	46,95
13/6/2003	18:30	747	28,18	16,31	43,38	14/6/2003	3:15	782	19,58	15,63	37,76	14/6/2003	12:00	817	30,49	21,61	47,08
13/6/2003	18:45	748	27,90	16,06	40,67	14/6/2003	3:30	783	21,25	15,47	38,33	14/6/2003	12:15	818	30,10	21,59	47,30
13/6/2003	19:00	749	26,98	16,22	39,27	14/6/2003	3:45	784	22,25	15,41	39,11	14/6/2003	12:30	819	29,25	21,70	47,35
13/6/2003	19:15	750	26,29	16,15	39,39	14/6/2003	4:00	785	23,48	15,44	39,94	14/6/2003	12:45	820	29,74	21,50	47,59
13/6/2003	19:30	751	25,69	15,87	39,14	14/6/2003	4:15	786	23,79	15,52	40,56	14/6/2003	13:00	821	29,90	21,43	47,61
13/6/2003	19:45	752	25,42	15,79	37,27	14/6/2003	4:30	787	25,36	15,58	41,15	14/6/2003	13:15	822	30,31	21,32	47,62
13/6/2003	20:00	753	25,14	15,66	36,48	14/6/2003	4:45	788	26,11	15,77	41,54	14/6/2003	13:30	823	29,71	21,22	47,70
13/6/2003	20:15	754	24,67	15,60	36,66	14/6/2003	5:00	789	26,43	16,23	42,01	14/6/2003	13:45	824	29,26	21,02	47,67
13/6/2003	20:30	755	24,21	15,58	35,91	14/6/2003	5:15	790	27,89	16,19	42,62	14/6/2003	14:00	825	29,01	20,88	47,60
13/6/2003	20:45	756	23,24	15,76	35,98	14/6/2003	5:30	791	28,71	16,32	43,20	14/6/2003	14:15	826	28,67	20,53	47,35
13/6/2003	21:00	757	22,76	15,64	36,88	14/6/2003	5:45	792	28,85	16,57	43,84	14/6/2003	14:30	827	29,39	20,22	46,92
13/6/2003	21:15	758	21,80	15,52	37,97	14/6/2003	6:00	793	29,03	16,67	44,03	14/6/2003	14:45	828	29,96	20,09	46,51
13/6/2003	21:30	759	20,89	15,40	38,99	14/6/2003	6:15	794	29,31	16,89	43,85	14/6/2003	15:00	829	31,97	20,01	46,14
13/6/2003	21:45	760	20,50	15,29	40,03	14/6/2003	6:30	795	29,88	16,95	43,81	14/6/2003	15:15	830	32,86	19,97	45,86
13/6/2003	22:00	761	20,27	15,65	40,84	14/6/2003	6:45	796	30,34	17,13	43,82	14/6/2003	15:30	831	33,09	19,88	45,87
13/6/2003	22:15	762	19,34	15,73	41,25	14/6/2003	7:00	797	30,64	17,22	43,96	14/6/2003	15:45	832	32,82	18,93	45,80
13/6/2003	22:30	763	18,52	15,78	41,01	14/6/2003	7:15	798	31,10	17,13	44,09	14/6/2003	16:00	833	32,47	18,43	45,41
13/6/2003	22:45	764	18,03	15,73	40,87	14/6/2003	7:30	799	31,27	17,21	44,10	14/6/2003	16:15	834	31,59	18,13	45,20
13/6/2003	23:00	765	18,01	15,58	40,85	14/6/2003	7:45	800	31,66	17,71	44,12	14/6/2003	16:30	835	31,61	17,95	45,00
13/6/2003	23:15	766	18,00	15,85	40,95	14/6/2003	8:00	801	31,87	17,77	44,26	14/6/2003	16:45	836	30,77	17,65	44,78
13/6/2003	23:30	767	17,21	15,82	41,14	14/6/2003	8:15	802	31,96	17,91	44,61	14/6/2003	17:00	837	29,69	17,67	44,68

14/6/2003	17:15	838	29,31	17,58	44,78
14/6/2003	17:30	839	29,07	17,70	44,85
14/6/2003	17:45	840	28,63	17,38	44,90
14/6/2003	18:00	841	28,38	17,33	44,85
14/6/2003	18:15	842	27,94	17,22	44,69
14/6/2003	18:30	843	28,13	17,03	44,42
14/6/2003	18:45	844	28,39	16,63	43,98
14/6/2003	19:00	845	27,55	16,83	43,75
14/6/2003	19:15	846	26,75	16,94	43,66
14/6/2003	19:30	847	26,17	16,80	43,62
14/6/2003	19:45	848	26,60	16,74	43,51
14/6/2003	20:00	849	25,85	16,67	43,35
14/6/2003	20:15	850	24,89	16,43	43,22
14/6/2003	20:30	851	24,54	16,44	43,13
14/6/2003	20:45	852	23,67	16,43	42,91
14/6/2003	21:00	853	22,91	16,30	42,85
14/6/2003	21:15	854	22,49	16,30	42,65
14/6/2003	21:30	855	21,85	16,45	42,60
14/6/2003	21:45	856	21,27	16,65	42,33
14/6/2003	22:00	857	20,98	16,71	42,20
14/6/2003	22:15	858	20,09	16,68	41,92
14/6/2003	22:30	859	19,27	16,48	41,62
14/6/2003	22:45	860	19,17	16,39	41,41
14/6/2003	23:00	861	18,52	16,24	41,12
14/6/2003	23:15	862	17,87	16,08	40,78
14/6/2003	23:30	863	17,32	16,07	40,49
14/6/2003	23:45	864	16,87	15,80	40,20