

**Definição de Procedimentos de Teste e Meios para Análise e
Validação da Fiabilidade de Componentes**

BOSCH Termotecnologia, S.A.

Maria Cecília Almeida Freitas Camões

Projecto Final

Orientador na BOSCH Termotecnologia, S.A.: Engenheiro Francisco Marques

Orientador na Feup: Professor José Barros Basto



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Julho 2008

A todos que de alguma forma
colaboraram neste projecto.

Resumo

Este trabalho corresponde à etapa final do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto no qual o Projecto Final/Dissertação (disciplina de 5º ano) abriu a possibilidade de desenvolver um trabalho de carácter mais prático em ambiente industrial.

Ao longo de um período de quase 4 meses e meio (entre 18 de Fevereiro de 2008 e 4 de Julho de 2008), na empresa BOSCH Termotecnologia, foi desenvolvido um trabalho que se descreve no presente texto.

Este trabalho inicia-se com uma breve descrição do Grupo BOSCH, dando ênfase especial a divisão BOSCH Termotecnologia em Portugal apresentando-se uma contextualização do projecto realizado.

Sendo este um trabalho de carácter fundamentalmente prático, descrevem-se alguns componentes importantes de esquentadores e caldeiras, possíveis modos de análise e as consequências dos resultados obtidos, dando particular atenção à análise de três componentes: NTC's – Negative Temperature Coefficient, AGU – Sensores Termostáticos Bimetálicos e HDG's – Hidrogeradores.

Para além dos componentes testados são abordados alguns conceitos da Fiabilidade com o intuito de sustentar a importância dos testes realizados. Análise de Modos de Falha e Efeito, uma vez que esta ferramenta da qualidade serviu de mote para a realização de testes a NTC's. E por fim, o “Cálculo de Incertezas” com o objectivo de garantir a maior credibilidade na análise de HDG's.

Com este trabalho pretende-se dar a conhecer um pouco do que foram as experiências vividas ao longo do tempo em que decorreu o Projecto em Ambiente Industrial e os principais resultados obtidos.

Abstract

This work corresponds to the final stage of the Master Degree in Mechanical Engineer of Faculdade of Engenharia of Universidade of Porto in witch the Final Project/Dissertation (last year subject) opened the possibility to develop a work with a more empirical character in an industrial environment.

During almost 4 months and a half (between 18th February of 2008 and 4th of July of 2008), in the company BOSCH Termotechnology, it was developed a work that is described in the present text.

This work begins with a short description of Bosch Group, specially enhancing Bosch Termotechnology division in Portugal and presenting a contextualization of the project that was done.

Since this work is mainly practical, this describes some important components of heaters and boilers, possible ways of analysis and the consequences of the obtained results, giving special attention to the analysis of three components: NTC's – Negative temperature Coefficient, AGU – Bimetallic Thermostat Sensor e HDG's – Hydrogenerator

Besides the tested components, there are also approached some concepts with Reliability to sustain de importance of the tests that were done. Failure Mode Effects and Analyzed, once this quality tool was the principle responsible to do the tests to NTC's. As last, the Uncertainty Measurement with the aim to guarantee a greater credibility of the HDG's analysis.

With this work it is intended to give to know a little of what were the living experiences through the time that that the project in industrial environment occurred and the main results obtained.

Agradecimentos

À BOSCH pela oportunidade dada para a realização deste projecto, pelas óptimas condições proporcionadas, pelo acolhimento excepcional e por todo o apoio generosamente disponibilizado.

A todas as pessoas da empresa com quem tive a oportunidade de trabalhar, que se demonstraram em todos os momentos disponíveis, em particular ao Eng.º Francisco Marques pelo seu profissionalismo e orientação, tendo-me motivado nos mais diversos momentos através do seu conhecimento e entusiasmo por novos desafios. À Dra. Sandra Fernandes pela sua inextinguível dedicação ao acompanhamento do projecto e à fácil integração que me proporcionou, tanto a nível profissional como a nível pessoal. Ao Eng.º Luís Sousa e ao Sr. Reginaldo Ferreira pelos seus ensinamentos, paciência e disponibilidades demonstrados.

Ao Professor Doutor Eng.º José Barros Basto pelo seu incentivo, apoio e motivação, que generosamente me ofereceu ao longo deste projecto.

À Susana Aragão pela disponibilidade e apoio prestados.

A todos os que fazem parte da minha vida e que me acompanham em todos os momentos, estando presentes mesmo quando eu estou ausente.

A todos, obrigada pela vossa disponibilidade e dedicação. Esta tese é dedicada a vocês.

Conteúdos

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE GRÁFICOS	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS.....	XIV
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 GRUPO BOSCH	1
1.1.1 BOSCH Termotecnologia em Portugal	3
1.1.1.1 Departamento da Qualidade	8
1.2 FORMAÇÃO PROFISSIONAL	10
1.3 PROJECTO	11
1.4 ORGANIZAÇÃO E TEMAS ABORDADOS	12
2 CONTEXTUALIZAÇÃO	13
2.1 FIABILIDADE	13
2.2 ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E EFEITOS	15
2.3 CÁLCULO DE INCERTEZAS DE MEDIÇÃO	18
3 APRESENTAÇÃO DE TESTES.....	24
3.1 ESQUENTADORES E CALDEIRAS	25
3.1.1 Esquentadores	25
3.1.2 Caldeiras	28
3.2 NTC's – NEGATIVE TEMPERATURE COEFFICIENT	30
3.2.1 Procedimento de Testes para NTC's	33
3.2.2 Análise	36
3.2.2.1 NTC's de Contacto	36
3.2.2.2 NTC's de Imersão	38
3.3 AGU's – TERMOSTATOS BIMETÁLICOS	44
3.4 HDG'S - HIDROGERADORES.....	48
3.4.1 Procedimento de teste.....	52
3.5 OUTROS TESTES REALIZADOS	57
3.5.1 Transformadores	57

3.5.1.1	Procedimento de teste.....	57
3.5.2	<i>Motores Eléctricos</i>	59
3.5.3	<i>Pressostatos</i>	64
3.5.4	<i>Microswitches</i>	68
3.5.5	<i>Tampa do Automático de Gás</i>	70
4	RESULTADOS	73
4.1	NTC's – NEGATIVE TEMPERATURE COEFFICIENT	73
4.1.1	<i>NTC's de contacto</i>	73
4.1.2	<i>NTC's de imersão</i>	77
4.2	AGU's – TERMÓSTATO BIMETÁLICO	81
4.3	HDG's – HIDROGERADORES.....	84
4.3.1	<i>HDG comercializado</i>	84
4.3.2	<i>HDG – Protótipo</i>	88
5	CONCLUSÕES.....	92
5.1	NTC's – NEGATIVE TEMPERATURE COEFFICIENT	92
5.1.1	<i>NTC's de contacto</i>	92
5.1.2	<i>NTC's de Imersão</i>	92
5.2	AGU's – TERMÓSTATO BIMETÁLICO	92
5.3	HIDROGERADORES	93
5.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
	BIBLIOGRAFIA, DOCUMENTAÇÃO E FONTES CONSULTADAS:	96
	ANEXO A – CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO NO SEMINÁRIO DE ENSAIO DE SEGURANÇA ELÉCTRICA EM MÁQUINAS DE FINS DE LINHA.....	101
	ANEXO B – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO MULTÍMETRO KEITHLEY 2750	102
	ANEXO C – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA FONTE DE ALIMENTAÇÃO ISO – TECH IPS3202	103
	ANEXO D - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO CAUDALÍMETRO ENDRESS HAUSER PROMAC 53B	104

Lista de Figuras

Figura 1 – Robert BOSCH aos 27 anos (Imagem retirada de “ <i>Robert BOSCH – Wikipédia</i> ” disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Robert_BOSCH a 23 de Abril de 2008)	2
Figura 2 – Fábrica Junkers (Imagem retirada “ <i>Vulcano Termodomésticos SA Inovação</i> ”	2
Figura 3 – Marcas de Esquentadores e Caldeiras comercializadas pela BOSCH (Imagem retirada “ <i>Vulcano Termodomésticos SA Inovação e Liderança para um mundo de conforto</i> ” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH).....	2
Figura 4 – Instalações da BOSCH (Imagem retirada “ <i>Vulcano Termodomésticos SA Inovação</i> ”	3
Figura 5 – Clientes BOSCH no Mundo (Informação retirada da “ <i>Apresentação de Resultados de 2007</i> ” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH).....	5
Figura 6 - Liderança de Mercado (Imagem retirada da “ <i>Apresentação de Resultados de 2007</i> ” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH)	6
Figura 7 - Os 6 princípios da Qualidade BOSCH (Imagem retirada de “ <i>Princípios da Qualidade</i> ” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH).....	8
Figura 8 – Exemplos de testes executados pelo Departamento da Qualidade: a) Teste a esquentadores; b) Teste a automáticos de água; c) Dispositivo de teste de caixas electrónicas (Imagem retirada da “ <i>Departamento da Qualidade</i> ” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH)	10
Figura 9 .- Esquemático do esquentador (a); Esquentador (b)	27
Figura 10. Sequência de funcionamento do Esquentador.....	27
Figura 11 – Painel frontal de uma Caldeira.....	28
Figura 12 – Esquemático da caldeira (a); Caldeira (b).....	29
Figura 13 – a) Desenho do NTC de contacto; b) Fotografia do NTC; c) Fotografia do interior do NTC	32
Figura 14 – NTC de Imersão	32
Figura 15. Banho Termoestático	33
Figura 16 – Teste de Resistência a Água.....	37
Figura 17 – Teste de Resistência a Água.....	38

Figura 18 – Esquema eléctrico da montagem do Teste de Resistência a Água.....	38
Figura 19 – Esquema da Montagem do Teste de Ciclos para NTC's de Imersão	40
Figura 20 – Teste de Ciclos para NTC's de Imersão.....	40
Figura 21 – Descrição dos elementos que constituem o LOGO!	41
Figura 22 – Programa de accionamento das electroválvulas.....	42
Figura 23 – LOGO! em funcionamento	42
Figura 24 – Esquema de um termóstato bimetalico em corte (Imagem retirada de “ <i>Sensores ONOFF</i> ” disponível em http://www.dps.uminho.pt/ensino/legi/dossier-disciplinas/CPA/CPA_LEGI_SensoresOnOff_05_06_modulo2.ppt a 24 de Junho de 2008).	44
Figura 25 – a) Desenho de AGU; b) AGU;	45
Figura 26 – Montagem de teste para os AGU's	46
Figura 27 - Esquema de um hidrogerador	48
Figura 28 -. Esquema eléctrico e legenda do circuito que integra o hidrogerador (Imagem retirada do “ <i>Manual de Esquentador</i> ”).....	49
Figura 29 – Hidrogerador comercializado.....	50
Figura 30 – Hidrogerador com Sensor Hall (Protótipo).....	50
Figura 31 – Esquema representativo do efeito Hall (Imagem retirada da página web http://www.smar.com/brasil2/shownews.asp?Id=305 a 7 de Maio de 2008	51
Figura 32 – Equipamento de Aquisição	54
Figura 33 – Caudalímetro	54
Figura 34 – Montagem do sistema de HDG's comercializados	55
Figura 35 – Montagem de aquisição para o HDG com Sensor Hall	56
Figura 36 - Fonte de alimentação utilizada no HDG's protótipo	56
Figura 37 - Transformador	57
Figura 38. – Montagem do teste em estufa.....	58
Figura 39 – Motor eléctrico de aplicação nas caldeira	59
Figura 40 – Válvula de Três Vias.....	60

Figura 41 - Pormenor das entradas do Motor	60
Figura 42 – Montagem de teste dos Motores	61
Figura 43 – Programa de medição do deslocamento e força do veio do motor e da válvula ...	62
Figura 44.-.Montagem dos temporizadores e relés de accionamento dos motores	63
Figura 45.- Esquema do Pressostato	65
Figura 46.- Pressostato	65
Figura 47.- Montagem de teste dos Pressostatos	67
Figura 48 – Esquema do Microswitch	68
Figura 49 - Microswitch	68
Figura 50 – Mecanismo de actuação do Microswitch	69
Figura 51 – Tampa da Válvula de Gás	70
Figura 52 – Equipamento utilizado na caracterização das Tampas da Válvula de Gás	72
Figura 53 - Estado dos NTC's de contacto ao fim do primeiro dia de teste (ao fim de 5 horas)	74
Figura 54 - Estado dos NTC's de contacto ao fim de 4 dias	74
Figura 55 – Estado dos NTC's de contacto ao fim de 7 dias.....	75
Figura 56. – Exemplo de NTC com contactos partidos.....	76
Figura 57 – Certificado de participação no seminário Ensaio de Segurança Electrónica em máquinas de fim de linha.....	101
Figura 58 – Características técnicas do Caudalimeto (retirado do Manual técnico do Equipamento Endress Hauser Promac 53B).....	104

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Tabela descritiva da formação profissional	11
Tabela 2 – Critérios de avaliação da Severidade, Ocorrência e Detecção (Informação retirada de documento interno da BOSCH)	17
Tabela 3 – Coeficiente T-student (=factor K) (Tabela retirada da página “Controlo Metrológico e estatístico (Análise de Incerteza)” http://mea.pucminas.br/palma/metrolapostincert.pdf em 12 de Maio de 2008)	21
Tabela 4 – Tabela Padrão para NTC’s de Contacto (Tabela retirada da <i>MOS de NTC’s de Contacto</i>)	34
Tabela 5 – Características a analisar nos HDG’s comercializados (Excerto da Tabela retirada da <i>MOS de Hirogeradores</i>)	52
Tabela 6 - Características a analisar nos HDG’s comercializados (Excerto da Tabela retirada da <i>MOS de Hidrogeradores Protótipo</i>)	53
Tabela 7- Tabela do procedimento seguido	58
Tabela 8 – Descrição do teste efectuado as Tampas da Válvula de Gás	71
Tabela 9 – Resumo de resultados dos NTC’s de Contacto	75
Tabela 10 – Planeamento do teste em dias e em número de ciclos	78
Tabela 11 – Tabela padrão do comportamento dos AGU’s de Imersão (Tabela retirada da <i>MOS de NTC’s de Contacto</i>)	79
Tabela 12 – Resultados da primeira caracterização dos NTC’s de Imersão	80
Tabela 13 – Resultados da caracterização intermédios dos NTC’s de Imersão	81
Tabela 14 – Resumo de resultados obtidos para cada referência de AGU’s	82
Tabela 15 – Resultados do comportamento dos AGU’s em estufa após o aquecimento prolongado com o protótipo	83
Tabela 16 – Incerteza associada ao magnete	84
Tabela 17 – Incerteza das medições de corrente em função de caudal obtidas pelo keithley ..	85
Tabela 18 – Incertezas associadas à medição de caudal através do caudalímetro	85

Tabela 19 – Cálculo de Incertezas das grandezas do Magnete para 2 l/min e dependente do Keithley	86
Tabela 20 – Cálculo de Incertezas associadas ao caudal e dependente do Keithley	87
Tabela 21 - Cálculo de Incertezas associadas ao caudal e dependente do caudalímetro.....	87
Tabela 22 – Resumo do Cálculo de Incertezas de cada Caudal	87
Tabela 23 – Dados da caracterização	88
Tabela 24 – Tolerâncias considerando agora o cálculo de Incertezas	88
Tabela 25 – Incerteza associada ao Sensor Hall devido ao Keithley	89
Tabela 26 - Incerteza associada ao Sensor Hall devido à fonte de alimentação	89
Tabela 27 - Incerteza associada ao Sensor Hall devido ao Keithley para 2 l/min.....	90
Tabela 28 - Incerteza associada ao Sensor Hall devido à fonte de alimentação para 2 l/min ..	90
Tabela 29 - Resumo do Cálculo de Incertezas de cada Caudal	90
Tabela 30 – Características DC (retirado do Manual técnico do Equipamento Keithley 2750)	102
Tabela 31 - Características AC (retirado do Manual técnico do Equipamento Keithley 2750)	102
Tabela 32 - Características técnicas da fonte de alimentação (retirado do Manual técnico do Equipamento ISO – TECH IPS3202).....	103

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Distribuição das vendas na Europa (Informação retirada da “ <i>Apresentação de Resultados de 2007</i> ” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH)	5
Gráfico 2 – Exemplo de uma curva associada ao um NTC.....	31
Gráfico 3 - Descrição do Ciclo do Teste de Ciclo	35
Gráfico 4 – Representação gráfica do ciclo de teste dos NTC’s de Imersão.....	43
Gráfico 5 – Comportamento da temperatura superficial do ferro em função da temperatura de regulação (Gráfico retirado do relatório de apresentação do protótipo de teste).....	47
Gráfico 6 – Representação do ciclo de funcionamento da estufa.....	59
Gráfico 7 – Gráfico de actuação dos Motores	63
Gráfico 8 – Descrição do ciclo de actuação dos Pressostatos	67
Gráfico 9 – Gráfico do ciclo de actuação do Microswitch	69
Gráfico 10 – Distribuição do valores de resistência obtidos para os NTC’s de Contacto com Pasta Térmica	77
Gráfico 11 - Distribuição do valores de resistência obtidos para os NTC’s de Contacto sem Pasta Térmica	77
Gráfico 12 – Distribuição gráfica e equação de caudal em função da corrente	86

Lista de Abreviaturas e Acrónimos

Aac – Corrente alternada

Adc – Corrente contínua

AFNOR – Association Francaise de Nomalisation

AGU – Termostáto Bimetálico

BIPM – Bureau International de Pesos e Medidas

CEI – Comissão Electrónica Internacional

EA – European co-operation for Accreditation

FMEA – Failure Mode Effects and Analyzed, ou em português, Análise de Modos de Falha e Efeitos.

GUM – Guia para a Expressão da Incerteza na Medição

HDG – Hidrogerador

IQS – Instituto de Soldadura e Qualidde

ISO – Organização Internacional de Normalização

MOS – Material Order Specification

NTC – Negative Temperature Coefficient

OIML – Organização Internacional de Metrologia Legal

OREDA – Offshore Reability Database

PCB – Printed Circuit Board

PPM – Partes por milhão

QMM – Quality Management & Methods

Vac – Voltagem em corrente alternada

Vdc – Voltagem em corrente contínua

1 Introdução

Nos dias que correm, tendo em conta a concorrência e as pressões de mercado, todos os factores são decisivos para a conquista de poder de mercado. A qualidade é um factor de excelência que marca a diferença na competitividade do mercado global em que se vive nos dias de hoje.

Sendo a BOSCH Termotecnologia, detentora do “Know-how” no que respeita a equipamentos a gás de aquecimento de águas, esta demonstra uma grande preocupação em procurar aumentar sempre o nível de excelência que os produtos com insígnia BOSCH conquistaram.

O presente trabalho está focalizado no tema da qualidade e principalmente na implementação e realização de testes de fiabilidade.

O desenvolvimento da parte prática que este trabalho exigiu decorreu no laboratório de Fiabilidade da empresa BOSCH Termotecnologia, S.A. No entanto, os trabalhos realizados, não tiveram só o único objectivo de comprovar a fiabilidade dos componentes mas sim proceder a outro tipo de análises.

1.1 Grupo BOSCH

A 23 de Setembro de 1861 nasce, em Albeck, Robert Bosch (Figura 1). Este industrial e inventor Alemão deu em 1886, os primeiros passos para a criação de uma empresa que se tornaria numa multinacional conceituada e num dos maiores grupos da Alemanha, criando em Estugarda a Oficina Mecânica de Precisão.



Figura 1 – Robert BOSCH aos 27 anos (Imagem retirada de “Robert BOSCH – Wikipédia” disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Robert_BOSCH a 23 de Abril de 2008)

Tendo como filosofia, desde sempre, a inovação e o espírito empreendedor a 1932, a Robert BOSCH GmbH cresce ao integrar a Junkers & CO (Figura 2), dando assim origem à BOSCH Termotécnica que com os anos conquistou mercados e tornou-se num dos maiores produtores de esquentadores e caldeiras a gás a nível mundial e líder de mercado a nível Europeu, responsável por uma gama representada por grande número de marcas (Figura 3).



Figura 2 – Fábrica Junkers (Imagem retirada “Vulcano Termodomésticos SA Inovação e Liderança para um mundo de conforto” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH)



Figura 3 – Marcas de Esquentadores e Caldeiras comercializadas pela BOSCH (Imagem retirada “Vulcano Termodomésticos SA Inovação e Liderança para um mundo de conforto” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH)

Para além da divisão Termotécnica, o grupo BOSCH opera em outras áreas tais como: tecnologia automóvel, de automação, metalúrgica, de embalagem, ferramentas eléctricas, electrodomésticos, sistemas de segurança e redes de banda larga.

Em Portugal existem 6 empresas do Grupo BOSCH, todas elas detidas a 100% pelo grupo, sendo elas:

- BOSCH Termotecnologia, S.A., em Cacia;
- Blaupunkt – Auto Rádio Portuguesa, Lda., em Braga;
- Robert BOSCH Unipessoal, Lda. - Sociedade de distribuição comercial, em Lisboa;
- Robert BOSCH Travões Unipessoal, Lda., em Abrantes;
- Motormeter Portuguesa, Lda, em Vila Real;
- Robert BOSCH Security Systems, em Ovar.

É de referir ainda a participação da BOSCH, juntamente com a Siemens na BSHP Electrodomésticos, sociedade na qual ambos os grupos detêm cotas iguais.

1.1.1 BOSCH Termotecnologia em Portugal

No ano de 1977, em Cacia, é constituída a Vulcano (Figura 4), uma empresa financiada exclusivamente por capital nacional, que estabelece um contrato de licenciamento com Robert BOSCH para a transferência da tecnologia da Junkers.



Figura 4 – Instalações da BOSCH (Imagem retirada “Vulcano Termodomésticos SA Inovação e Liderança para um mundo de conforto” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH)

Seguindo a qualidade como princípio e tendo uma clara estratégia de vendas, a Vulcano conquistou mercados lançando em 1983 a marca própria – Vulcano. A par de novos produtos é feita aposta na criação de um serviço de assistência pós-venda, factor que contribuiu para o aumento do prestígio da marca.

No ano de 1988, o grupo BOSCH adquire a maioria do capital Vulcano, passando a marca a fazer parte da divisão Termotécnica da BOSCH. Com esta mudança, a Vulcano passa a Vulcano Termodomésticos, S.A. e equipamentos e conhecimentos do grupo são transferidos para Portugal.

Tendo ao longo dos anos consolidado uma posição de relevo, em 1992 a Vulcano Termodomésticos, S.A. atinge o lugar de Líder de Mercado Europeu e terceiro produtor Mundial de esquentadores, tornando-se no Centro de Competência da Robert BOSCH no que diz respeito a esquentadores. Fica sob a sua responsabilidade a concepção e desenvolvimento de novos aparelhos bem como a sua produção e comercialização.

Apesar de as caldeiras não serem produto exclusivamente desenvolvido em Portugal, estas correspondem desde 1995 a uma parte importante do negócio.

O ano de 2007 fica marcado pelo arranque da produção de painéis solares térmicos, sendo a Vulcano responsável pela sua concepção e desenvolvimento.

Já no presente ano, 2008, a Vulcano muda de nome sendo agora designada de BOSCH Termotecnologia, S.A..

A par do seu próprio desenvolvimento, a Vulcano tem apostado na interacção com várias entidades nacionais como é exemplo: o INEGI, o INESC e o Catim, bem como pela colaboração em projectos de investigação promovidos por outras entidades.

O objectivo de conquistar mercados através da comercialização de produtos de qualidade e segurança indiscutíveis, com grande fiabilidade e a preços competitivos respondendo as necessidades de cada cliente e inovando continuamente, faz da BOSCH Termotecnologia, S.A. uma empresa com potencial para continuar a prosperar no mercado nacional e mundial.

Com a oferta de uma grande variedade de modelos, que são comercializados internacionalmente através de marcas próprias do grupo, a BOSCH Termotecnologia está presente em 55 países (Figura 5).

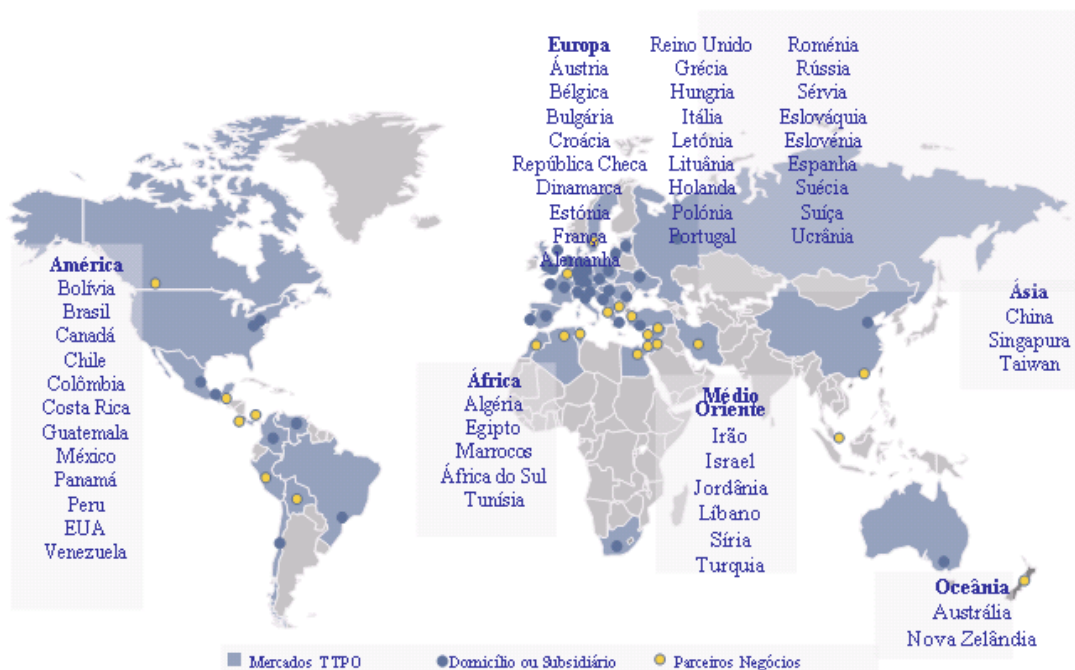


Figura 5 – Clientes BOSCH no Mundo (Informação retirada da “Apresentação de Resultados de 2007” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH)

No Gráfico 1 é possível observar a distribuição das cotas de mercado na Europa, onde a BOSCH lidera as vendas (Figura 6).

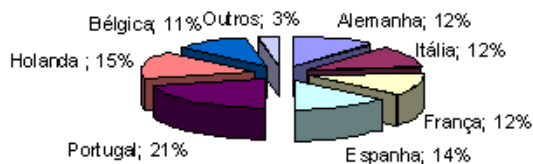
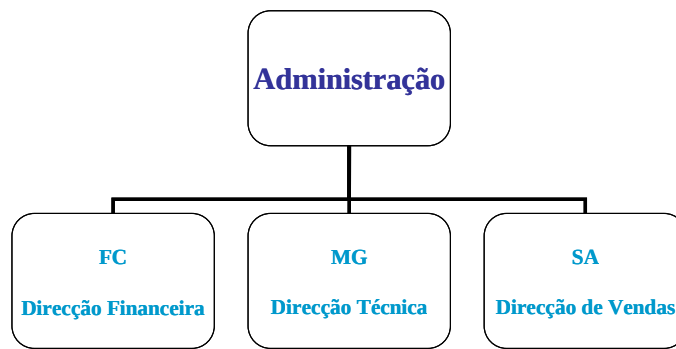


Gráfico 1 – Distribuição das vendas na Europa (Informação retirada da “Apresentação de Resultados de 2007” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH)

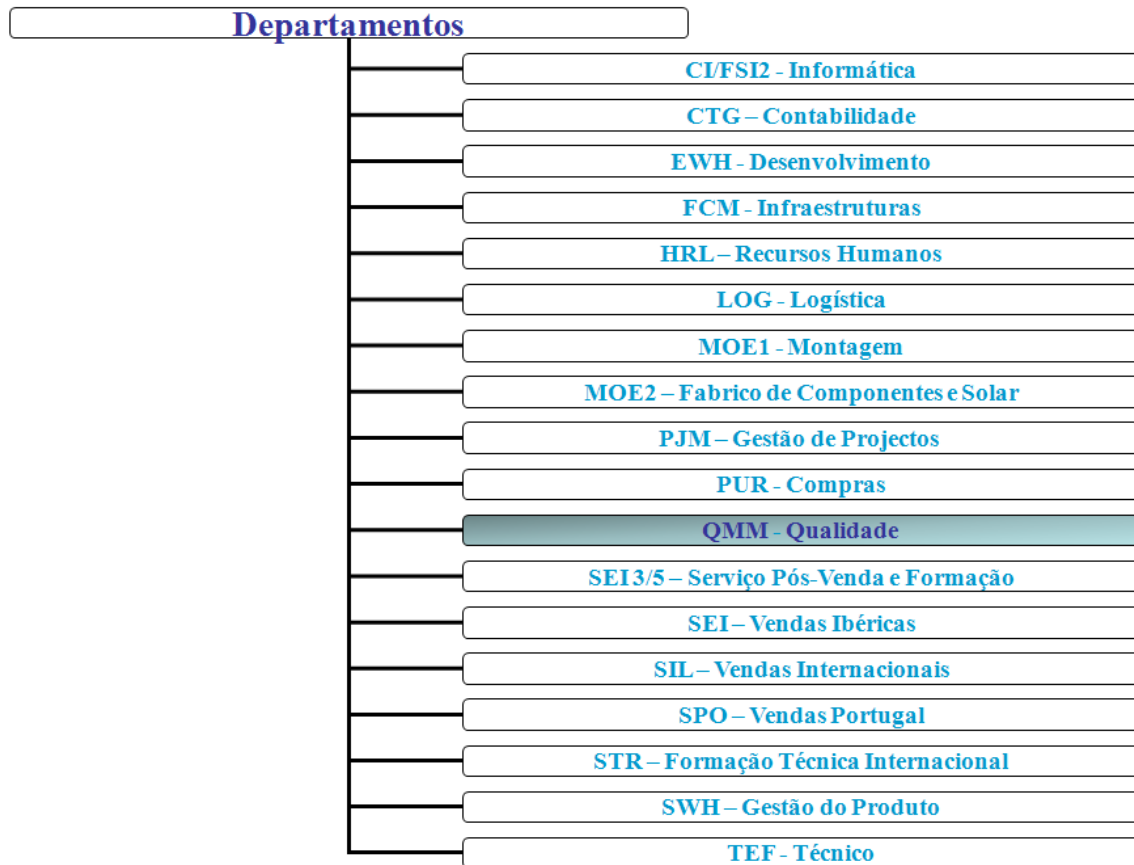
Nº 1 na Produção de Esquentadores na Europa

Figura 6 - Liderança de Mercado (Imagem retirada da “*Apresentação de Resultados de 2007*” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH)

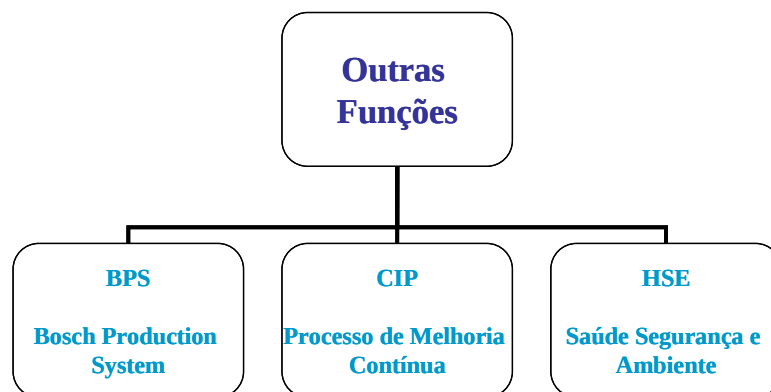
No que respeita a organização a BOSCH Termotecnologia, S.A. está organizada segundo os três seguintes organigramas:



Organograma 1 – Divisão da Administração



Organigrama 2 – Organização departamental com destaque para o departamento onde decorreu este projecto



Organigrama 3 – Distribuição de outras funções

1.1.1.1 Departamento da Qualidade

Seguindo os 6 Princípios da Qualidade BOSCH (Figura 7), o departamento da Qualidade Concentra-se na prevenção dos defeitos, desenvolvendo ferramentas para uma qualidade preventiva.

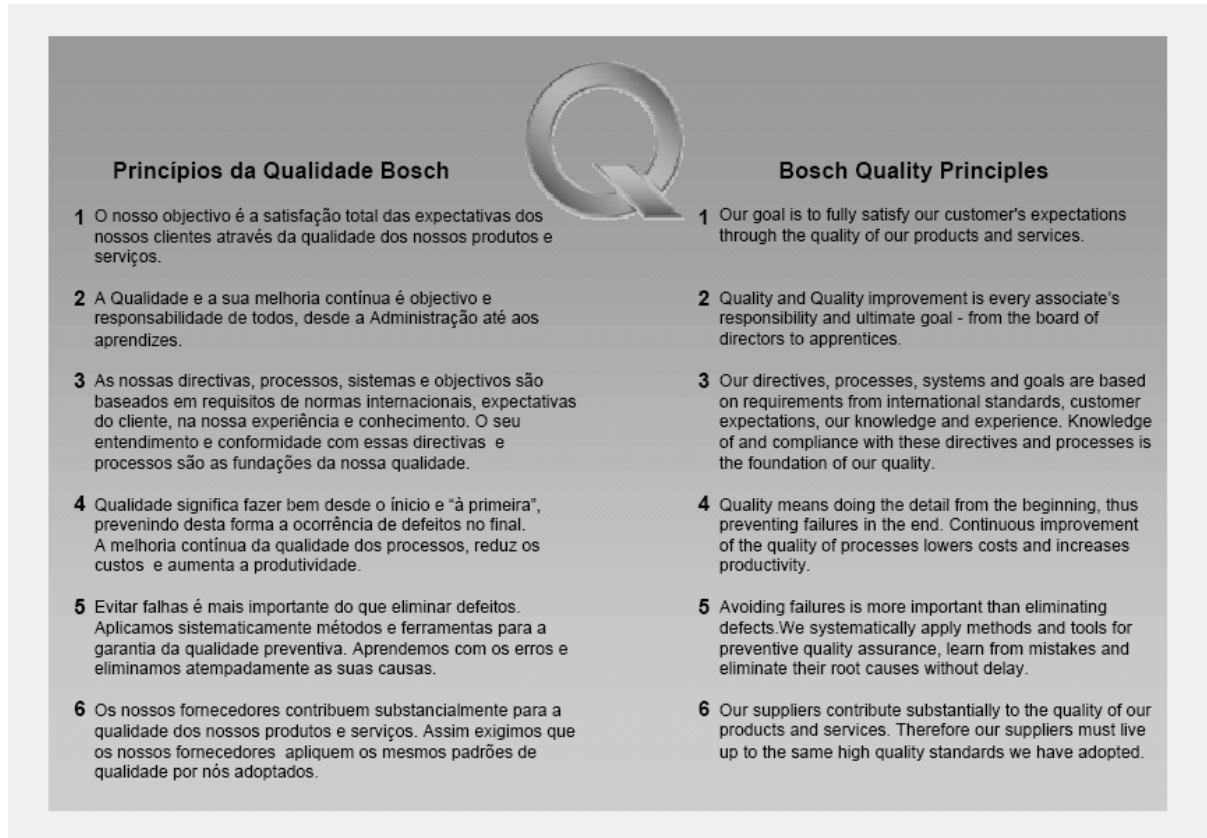


Figura 7 - Os 6 princípios da Qualidade BOSCH (Imagem retirada de “Princípios da Qualidade” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH)

Procurando sempre a satisfação do cliente, no que diz respeito à qualidade do produto o *Quality Management & Methods* (QMM) propõe-se a comunicar a organização as boas práticas que fazem da empresa líder na qualidade dos produtos e “*Best in Class*” no que diz respeito a custos de qualidade.

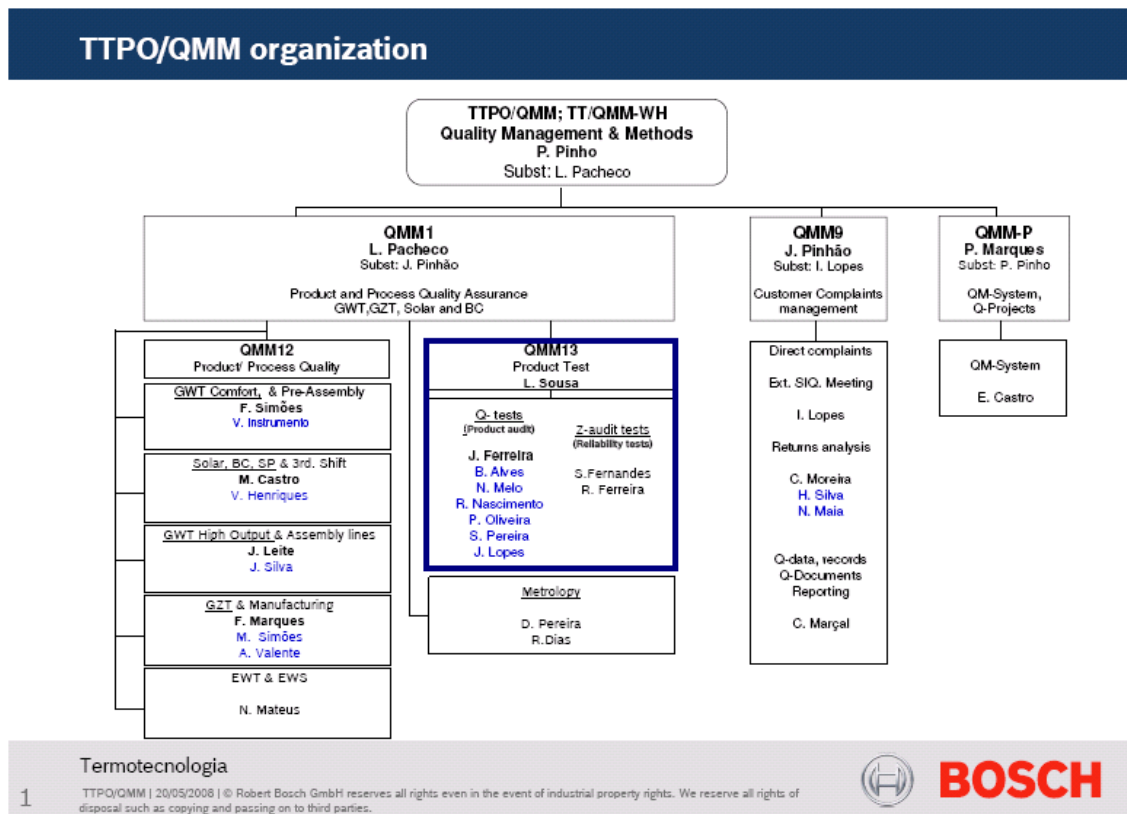
A equipa do QMM, uma equipa exigente, que tem como princípios (Informação retirada de “Apresentação do QMM” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH):

“Qualidade quando os Clientes voltam, não os produtos...”

“Qualidade de fazer bem a primeira...”

“Qualidade satisfação do cliente...”

“Qualidade responsabilidade de todos...”



Organigrama 4 – Estruturação do Departamento da Qualidade, com destaque da secção onde decorreu este trabalho (Imagem retirada de “Departamento da Qualidade” disponível apenas no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH)

Uma vez que o Laboratório de Fiabilidade, foi o local onde foram desenvolvidos os testes que dão mote a este texto, assim como outros testes que foram realizados pela aluna em simultâneo, torna-se imperativo fazer uma pequena descrição deste mesmo laboratório.

O Laboratório de Fiabilidade, pertence ao QMM 13 responsável pelo *Product Test*, como podemos ver pelo Organigrama 4. A este laboratório compete por um lado analisar o tempo de vida de cada componente utilizado na produção de cada produto, e por outro, analisar o tempo de vida do produto final.

Neste espaço levam-se a cabo testes em condições extremas simulando o que de pior pode estar sujeito um componente ou equipamento, com vista a atingir as 100 partes por milhão (ppm) de testes a componentes críticos de esquentadores e 100 ppm de testes a esquentadores, atendendo sempre ao respeito das normas de segurança e ambientais.

Ainda são poucas as empresas que possuem os seus próprios Laboratórios de Fiabilidade. Este laboratório pauta-se pelo seu crescimento nos últimos anos estando constantemente a trabalhar para o aumento da sua capacidade de realização de testes, trabalhando não só com o intuito de comprovar a Fiabilidade mas também em colaborar de forma muito activa com os outros departamentos e laboratórios da qualidade da empresa e tendo uma contribuição de peso no que diz respeito aos produtos ainda em concepção.

Na Figura 8 observa-se três dos muitos testes realizados no Laboratório de Fiabilidade.

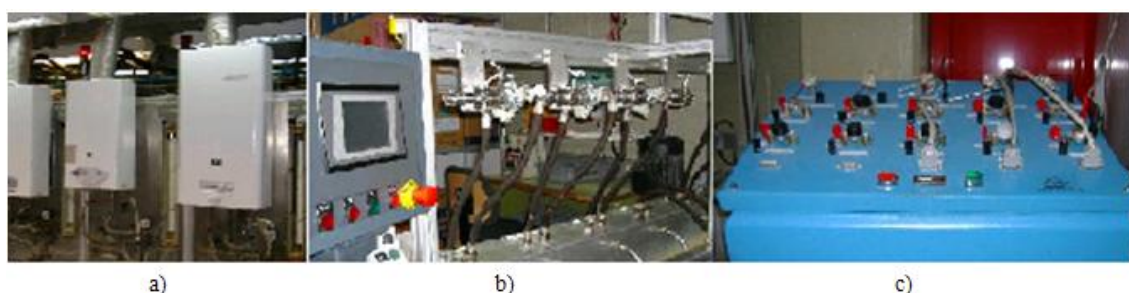


Figura 8 – Exemplos de testes executados pelo Departamento da Qualidade: a) Teste a esquentadores; b) Teste a automáticos de água; c) Dipositivo de teste de caixas electrónicas (Imagem retirada da “Departamento da Qualidade” apenas disponível no site de acesso exclusivo a colaboradores BOSCH)

1.2 Formação Profissional

Durante os meses de projecto decorridos na BOSCH Termotecnologia foi possível participar em quatro acções de formação, três delas organizadas pela BOSCH e uma delas pela empresa de F. Fonseca em Aveiro, empresa especializada na comercialização de equipamentos eléctricos e de automação.

Na Tabela 1 é feita uma breve descrição das formações realizadas.

Tabela 1 – Tabela descritiva da formação profissional

Formação	Duração	Conteúdos
PDCA - Plan, Do, Check and Act	4 horas	Apresentação desta ferramenta da qualidade e explanação detalhada de cada uma das etapas que a constitui.
8 D	4 horas	Apresentação da ferramenta da qualidade 8 D, aplicações e etapas. Exercício prático para a aplicação de conhecimentos.
BOSCH Production System	16 horas (distribuídas por 4 módulos de 4 horas)	Esta formação realiza-se em sala projectada especialmente para esta formação. São apresentados os conceitos de BOSCH Production System, Poka-Yoke, TPM - Total Preventive Manufacturing, QCO - Quick Change Over e 5S. Para cada conceito foram realizados exercícios interativos.
Seminário Ensaio de Segurança Eléctrica em Máquinas de Fins de Linha	4 horas	Descrição dos diferentes testes de verificação eléctrica que são possíveis e necessários em testes de fim de linha. Abordagem de exigências normativas e apresentação de um equipamento de teste.

No Anexo A apresenta-se o Certificado de Formação do Seminário de Ensaio de Segurança Eléctrica em Máquinas e Fins de Linha.

1.3 Projecto

Em busca da qualidade perfeita, este projecto tem como objectivo a determinação e implementação de testes com vista a analisar e validar a fiabilidade de componentes.

Entende-se por fiabilidade, a probabilidade de um componente ou sistema funcionar durante um período de tempo, segundo condições predefinidas, respeitando os parâmetros de qualidade estabelecidos.

Ao longo deste trabalho vão ser apresentados os testes realizados, sendo fundamentado o motivo da sua implementação.

A análise de componentes deste projecto não teve como fim unicamente a validação da sua fiabilidade, mas foi mais além, implicando inclusivamente alterações no modo de montagem ou na forma como são testados os componentes na linha.

1.4 Organização e temas abordados

No capítulo 2, são apresentados os conceitos de Fiabilidade e de Cálculo de Incerteza de Medidas. Nesse capítulo, são abordados os problemas e é feita uma exposição sobre os fundamentos teóricos utilizados ao longo do trabalho.

O capítulo 3 é a secção de apresentação da componente prática destes meses de trabalho. Nele são apresentados os componentes, a sua implementação no produto final, e é analisada a necessidade da realização de testes e a sua implementação, dando ênfase especial aos *NTC's* – *Negative Temperature Coefficient*, *AGU's* – Termostáto Bimetálico e *HDG's* - Hidrogeradores.

No capítulo 4, são apresentados e analisados os resultados obtidos para os três componentes destacados. É feita uma exposição detalhada dos dados obtidos e das consequências desses resultados.

Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as consequências dos resultados e é feita uma análise crítica à forma como decorreram os testes e propostos trabalhos futuros.

2 Contextualização

Neste capítulo faz-se uma introdução, não exaustiva, aos temas de Fiabilidade, Análise de Modos de Falha e Efeitos e Cálculo de Incertezas uma vez que estes são temas que são abordados ao longo deste texto.

2.1 Fiabilidade

Tendo em conta que este projecto decorreu no laboratório de Fiabilidade de empresa BOSCH Termotecnologia e que o conteúdo do projecto se prende com esta temática, tornou-se imperativo fazer uma breve abordagem ao tema.

A Fiabilidade sustentada por métodos estatísticos surge da necessidade de avaliar o comportamento de um dado componente em função do tempo.

“Define-se, então, Fiabilidade como a capacidade de um bem desempenhar a sua função específica em condições definidas e por um período de tempo determinado.” (Didelet, 2003).

A Fiabilidade pretende ir mais além do que apenas a análise da funcionalidade de equipamentos, pretende avaliar os modos de falha e determinar o período de funcionamento que um dado bem executa as suas funções em pleno.

“A fiabilidade dos componentes e dos equipamentos é de importância vital para a definição de políticas de Manutenção, de Segurança e de Qualidade” (Didelet, 2003).

Com o objectivo de minimizar custos de avarias e reduzir os riscos de falha que ponham em causa a segurança das pessoas surge a necessidade de inferir quanto à Fiabilidade dos componentes através da análise do comportamento do componente como uma função do tempo de funcionamento sem falha.

Sempre associada a qualidade, uma vez que não se pode esperar Fiabilidade sem que tenha havido qualidade na concepção e fabrico, este conceito “aparece como a qualidade no tempo” (AFNOR, 1998) ou seja “é o tempo de vida útil dos produtos” (AFNOR, 1998).

No início dos anos 50, W. Weibull desenvolve a função universal de probabilidade (BOSCH, 1996):

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^b}$$

Esta função é aplicável em vários casos e representa uma boa descrição das propriedades reais dos objectos. E foi um dos primeiros passos no que respeita a métodos estatísticos de apoio à determinação do comportamento dos componentes.

No entanto, nem sempre os componentes seguiam esta distribuição e tornou-se imperativo o desenvolvimento de novos métodos capazes de avaliar a qualidade de um componente ao longo do tempo.

Nesta breve apresentação do que é o conceito de Fiabilidade, importa salientar que para que se possa avançar para uma previsão estatística do comportamento de um componente ao longo do tempo, sustentada na formulação desenvolvida nos últimos anos, é necessário construir um registo de acontecimentos passados relativamente a tipos de falhas e momentos de ocorrência para que seja possível fazer um tratamento estatístico representativo do comportamento do componente.

Esta base de dados não se pode basear apenas em condições padrão, sendo de grande importância considerar os dados obtidos através de experiências de campo, servindo de base de comparação com os valores teóricos disponíveis.

Quanto mais informação disponível houver, mais segura será a previsão de Fiabilidade de um dado componente.

A Norma X60-502 da AFNOR (1988) define a possibilidade de criação e utilização de bancos de dados de Fiabilidade externa, ou seja, que organizações criadas para o efeito compilem e editem tabelas de histórico de diversos componentes, indicando o tipo de material, o tempo médio entre avarias (MTBF) e a taxa de avarias.

Entre as organizações que disponibilizam bancos de dados de Fiabilidade está, por exemplo, a OREDA (Offshore Reability Databases).

Este tipo de dados é uma ferramenta importante de suporte à concepção de novos produtos e ainda uma forma de ampliar o banco de dados de Fiabilidade das empresas. É no entanto necessário fazer uma análise cuidadosa com o objectivo de perceber se as condições em que foram efectuados os testes não “mascaram” os dados já existentes.

Só a partir do momento que existe um histórico organizado se pode partir para a análise de um dado componente.

2.2 Análise de Modos de Falhas e Efeitos

A abordagem do tema Análise de Modos de Falha e Efeitos nesta fase do relatório prende-se com a necessidade de fazer uma explanação teórica sobre a ferramenta da qualidade focada na prevenção.

Na análise de NTC's de Contacto que veremos mais à frente, esta ferramenta deu mote a realização de uma análise com vista a avaliar a implementação de um novo processo de montagem destes componentes.

Do Inglês, FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) e no português AMFE (Análise de Modos de Falha e Efeito), esta ferramenta da qualidade surgiu da necessidade da indústria de prevenir as falhas inerentes à concepção e produção. Indústrias como a Militar, Aeroespacial, Automóvel, Eléctrica e Electrónica desenvolveram o método e fizeram dele uma ferramenta chave na detecção de falhas. Esta caracteriza-se por um estudo sistemático e estruturado, focado na procura de possíveis modos de falha, procurando melhorar o produto e o processo.

É uma metodologia para melhorar e garantir a qualidade por acções preventivas que se centra numa análise tanto qualitativa como quantitativa, com o objectivo de implementar em acções correctivas.

“FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) - Análise do Modo e Efeito de Falha para sistematizar a avaliação da criticidade de tais modos de falhas” (Toledo & Capaldo Amaral).

Esta ferramenta, cujo objectivo é detectar falhas antes delas terem acontecido e avaliar os efeitos que estas podem causar, foi desenvolvida com o intuito de ser aplicada na fase de concepção do produto. No entanto, o seu uso generalizou-se e é utilizada sempre que é necessário executar uma melhoria no produto.

Existem quatro tipos de FMEA e são eles: o FMEA de Produto ou Projecto, que se prende com as falhas inerentes a especificação do projecto. O FMEA de Processo, focado nas falhas que podem ocorrer do mau planeamento ou da má execução do processo. O FMEA de Sistema, dedicado a análise de todas as formas de falha do sistema que envolve a satisfação do cliente e por fim FMEA de Serviços, centrado na prevenção de falhas dos serviços relacionados com os produtos.

Neste trabalho, o FMEA de Processo é de todos os que tem maior relevo, uma vez que a análise de NTC's executada deveu-se ao “desenrolar” de um FMEA com o objectivo de analisar as falhas num novo processo de montagem do componente, como se verá mais adiante. No entanto, a metodologia utilizada na criação e desenvolvimento de um FMEA é semelhante para todos os tipos de FMEA.

O início de um FMEA dá-se no momento em que se define o alvo de análise. É formada uma equipa pluridisciplinar com o intuito de determinar para o produto ou processo, os possíveis modos de falha, os efeitos que podem causar e causas que levam à falha.

Após a identificação das falhas, efeitos e causas é necessário determinar três factores quantificáveis: a Severidade (S), a Ocorrência (O) e a Detecção (D).

A Tabela 2 seguinte apresenta os critérios de avaliação de cada um dos três factores quantificáveis. Estes devem em avaliados de forma independente ou seja, a avaliação de um critério não pode levar em conta a quantificação de outro critério.

Tabela 2 – Critérios de avaliação da Severidade, Ocorrência e Detecção (Informação retirada de documento interno da BOSCH)

Failure Significance "S"	Failure Occurrence Probability "O"	Possible failure rate	Detection Probability "D"
Critical Fault 10. Possible threat to third parties, eg. escape of gas or exhaust gas leaks out Check introduction of A-characteristic!	Very High 10. It is certain sure that failures will occur on a larger scale. 9. It cannot be ruled out that failures will occur on a larger scale.	$\frac{1}{10}$ $\frac{1}{20}$	10. No detecting measures
Severe Fault 9. Violation of laws and standards whose non-compliance leads to the withdrawal of license Check introduction of A-characteristic! 8. Unforeseen functional failure Device breaks down unforeseeably at an inconvenient time and cannot be made to operate further, e.g. heavy water leakage, O-ring missing in water cycle 7. Use not possible Device cannot be installed, switched on or operated durable, e.g. medium water leakage, O-ring in water cycle damaged	High 8. System design tallies generally with designs which in the past more frequently had failures reported 7. System design tallies generally with designs which in the past frequently had failures reported.	$\frac{1}{50}$ $\frac{1}{100}$	
Lower-grade Fault 6. Limited use - Use of device only limited - Slight water leakage (dripping), e.g. missing seal in water cycle. 5. Promised product features not kept e.g. outflow temperature distinctly too low	Moderate 6. System design tallies generally with designs which had failures reported in the past. 5. System design tallies generally with designs which had little failures reported in the past.	$\frac{1}{200}$ $\frac{1}{500}$ $\frac{1}{1000}$	
Slight Fault 4. Insignificant limitation of use, e.g. slight deviation of outflow temperature from specification 3. Deviation can subjectively still be assessed	Low 4. System design tallies generally with designs which had less failures reported in the past. 3. Reliable System. System design tallies generally with design which in the past had failures reported on a low scale.	$\frac{1}{2000}$ $\frac{1}{20000}$	
Insignificant Fault 2. Customer can probably not notice the deviation from the ideal 1. Deviation can be detected or verified by specialist	Improbable 2. Reliable System. System design tallies generally with design which in the past had failures reported on a lower scale 1. It is improbable that a failure occurs	$\frac{1}{1000000}$	

Quantificados os factores de Severidade, Ocorrência e Detecção é calculado o factor de Risco (R) em função dos factores anteriormente determinados:

$$R = S \times O \times D$$

O factor de Risco permite organizar por ordem decrescente de importância relativa as causas de falha. Indicando quais os factores de risco onde é mais urgente actuar. (Os factores com um índice R maior, são prioritários).

Definido o factor de risco para cada modo de falha, inicia-se a fase de melhoria, onde em sessões de *brainstorming* são “procuradas” medidas que evitem ou minimizem a ocorrência da falha ou que, por outro lado, aumentem a possibilidade de detecção. Após as sessões de *brainstorming* são avaliadas as medidas encontradas e seleccionadas as que realmente são viáveis, sendo registado as alterações do processo ou produto.

Atendendo ao facto do FMEA ser um documento “vivo”, este deve ser reavaliado sempre que ocorram alterações ao produto ou processo ou surjam novos modos de falha que anteriormente não foram identificados.

2.3 Cálculo de Incertezas de Medição

Atendendo à necessidade de grande precisão na caracterização de determinados componentes, foi necessário desenvolver competências no que diz respeito ao conceito de Incertezas de medidas e seu respectivo cálculo. Ao longo de algumas semanas, foi desenvolvido trabalho nesta área, aplicando os conceitos de cálculo de incertezas de medição para determinar a incerteza inerente ao sistema de medição utilizado na análise de Hidrogeradores.

O trabalho de caracterização de hidrogeradores implicou a montagem de dois sistemas de aquisição (dado que foram analisados dois hidrogeradores com características diferentes), como se verá com mais detalhe no capítulo seguinte. A par deste trabalho, deu-se a oportunidade de utilizar um equipamento Keithley 2750 para a aquisição das medições. Este aparelho de grande resolução, 6 ½ dígitos, comunica por porta série com um computador,

permitindo assim adquirir um número muito elevado de medições num curto espaço de tempo sem que o factor humano tenha influência nas medições efectuadas.

Para a boa execução deste trabalho foi necessária uma fase de adaptação ao aparelho de medição, bem como ao *software* utilizado. A autora teve inclusivamente a oportunidade de assistir a uma sessão de demonstração e explicação do funcionamento do equipamento e do *software* por parte da empresa fornecedora, uma vez que este ainda se encontrava numa fase inicial de implementação no Laboratório de Fiabilidade da BOSCH Termotecnologia.

O cálculo de incertezas surge da necessidade de estimar o grau de aproximação dos valores lidos ao valor que se supõe ser o valor real, ou seja, determinar uma faixa de valores dentro da qual se encontra o valor real da grandeza medida.

Quando uma medição de uma dada variável é efectuada, o valor lido varia devido a vários factores: do operador, do instrumento de medida, das condições ambientais, do local, do método, da calibração do instrumento de medida, da resolução e outros factores que devem ser avaliados para cada caso em particular.

No entanto, mesmo quando se procura reproduzir todas as variáveis que influenciam uma dada experiência, os valores medidos são afectados de um erro. É esse erro que se pretende majorar, com um determinado valor de confiança (normalmente 95%) e ao qual se dá o nome de Incerteza.

Atendendo à necessidade de estabelecer um método uniformizado para o Cálculo de Incertezas com uma terminologia cuidada e clara o ISQ refere:

“Para tentar resolver esse problema a nível internacional o Grupo de Metrologia da ISO decidiu propôr às quatro principais organizações internacionais que se ocupam da metrologia (BIPM, CEI, ISO e OIML) uma acção concentrada para elaborar uma terminologia comum” (ISQ, Vocabulário Internacional de Metrologia, 2005).

Da concentração de esforços das organizações mencionadas atrás surge o GUM – Guia para a Expressão da Incerteza na medição, publicado pela primeira vez em 1995, “que estabelece regras gerais para a avaliação e expressão da incerteza na medição que podem ser seguidas na maior parte dos domínios das medições físicas” (ISQ, Vocabulário Internacional de Metrologia, 2005).

Citando o IQS, relativamente a European Co-operation for Accreditation: “Na EA define-se a melhor capacidade de medição...com a menor incerteza de medição” (ISQ, Vocabulário Internacional de Metrologia, 2005).

“The purpose of this document is to harmonise evaluation of uncertainty of measurement within EA” (Accreditation, 1999)

A determinação de uma incerteza u_c , em geral, envolve a procura e soma de outras incertezas. Cada incerteza directa pode ser do tipo A ou do tipo B. A incerteza do tipo A, resulta da análise de dados estatísticos, ou seja, depende da determinação do desvio padrão amostral de uma série de leituras efectuadas nas mesmas condições e determina-se através da relação:

$$u(x_i) = \frac{\text{Desvio Padrão de leituras}}{\sqrt{\text{Número de Leituras}}}$$

A incerteza do tipo B depende de factores externos a medição, como dados do equipamento presentes em manuais ou indicados pelo fabricante, a resolução do equipamento, a incerteza e o erro da última calibração, as condições ambientais (temperatura, humidade, pressão e outras), etc,

Cada incerteza do tipo B segue uma distribuição estatística podendo esta ser do tipo, Normal, Rectangular, Triangular, etc.

A determinação do tipo de distribuição que segue cada incerteza do tipo B pode ser definida em função dos graus de liberdade calculados para cada tipo de contribuição da incerteza pela expressão:

$$\nu_{ef} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{\nu_i}}$$

De onde:

u_c Incerteza combinada;

ν_{ef} Corresponde a estimativa de graus de liberdade;

ν_i Grau de incerteza associado a cada incerteza;

u_i Incerteza.

Calculada a estimativa de graus de liberdade e assumindo a probabilidade acontecimento estima-se o factor K que é igual ao coeficiente *T-student*.

Tabela 3 – Coeficiente T-student (=factor K) (Tabela retirada da página “Controlo Metrológico e estatístico (Análise de Incerteza)” <http://mea.pucminas.br/palma/metrolapostincert.pdf> em 12 de Maio de 2008)

Graus de Liberdade	Probabilidade P (%)				
	68,27	90	95	95,45	99
1	1,84	6,31	12,71	13,97	63,66
2	1,32	2,92	4,30	4,53	9,92
3	1,20	2,35	3,18	3,31	5,84
4	1,14	2,13	2,78	2,87	4,60
5	1,11	2,02	2,57	2,65	4,03
6	1,09	1,94	2,45	2,52	3,71
7	1,08	1,89	2,39	2,43	3,50
8	1,07	1,86	2,31	2,37	3,36
9	1,06	1,83	2,26	2,32	3,25
10	1,05	1,81	2,23	2,28	3,17
11	1,05	1,80	2,20	2,25	3,11
12	1,04	1,78	2,18	2,23	3,05
13	1,04	1,77	2,16	2,21	3,01
14	1,04	1,76	2,14	2,20	2,98
15	1,03	1,75	2,13	2,18	2,95
16	1,03	1,75	2,12	2,17	2,92
17	1,03	1,74	2,11	2,16	2,90
18	1,03	1,73	2,10	2,15	2,88
19	1,03	1,73	2,09	2,14	2,86
20	1,03	1,72	2,09	2,13	2,85
25	1,02	1,71	2,06	2,11	2,79
30	1,02	1,70	2,04	2,09	2,75
35	1,01	1,70	2,03	2,07	2,72
40	1,01	1,68	2,02	2,06	2,70
45	1,01	1,68	2,01	2,06	2,69
50	1,01	1,68	2,01	2,05	2,68
100	1,005	1,660	1,984	2,025	2,626
∞	1,000	1,645	1,960	2,000	2,576

Inferido o número de graus de liberdade assume-se uma distribuição normal se $\nu_i \leq 50$ sendo

$$u(x_i) = \frac{\text{Contribuição}}{K}.$$

Sempre que $\nu_i > 50$, o número de graus de liberdade é considerado infinito, nesta situação a incerteza do tipo B segue uma distribuição Rectangular ou Triangular.

Distribuição Rectangular:

$$u(x_i) = \frac{\text{Contribuição}}{\sqrt{3}}$$

Distribuição Triangular:

$$u(x_i) = \frac{\text{Contribuição}}{\sqrt{6}}$$

A escolha do tipo de distribuição a seguir no caso do número de graus de liberdade ser infinito baseia-se na experiência de dados anteriores.

Este é também um método usado para fazer uma estimativa dos graus de liberdade evitando o cálculo de ν_{ef} .

Determinadas as incertezas do tipo A e do tipo B, é calculada a incerteza combinada da grandeza analisada:

$$u_c = \sqrt{(u_A + u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_n^2)}$$

onde u_A corresponde a incerteza do tipo A e u_1 até u_n corresponde as contribuições de cada incerteza do tipo B considerada.

Sempre que uma grandeza é dependente de uma outra é determinado um factor C, designado por Coeficiente de Sensibilidade, através da derivada parcial da equação que relaciona as duas grandezas em jogo, e a incerteza calcula-se:

$$u(x_i) = \sqrt{C^2 \cdot u(x_j)}$$

Para a obtenção da Incerteza final do sistema, e com o objectivo de garantir a pior situação, o valor da incerteza é geralmente multiplicado por dois.

3 Apresentação de Testes

Sendo a implementação e a realização de testes a principal componente deste trabalho, vamos passar à descrição dos vários testes que foram realizados ao longo deste projecto.

No decorrer do projecto, a aluna teve a oportunidade de colaborar e também de realizar autonomamente variados testes com o intuito de adaptação ao laboratório de Fiabilidade, aproveitando também para conhecer um pouco mais sobre a realidade de um laboratório de ensaio na indústria e familiarizar-se com rotinas de teste. Paralelamente, foi possível desenvolver conhecimentos sobre o produto e os seus componentes.

Esta secção está subdividida em três partes. Numa primeira parte, é feita uma breve descrição do funcionamento de esquentadores e de caldeiras, que servirá de apoio à explicação da função de cada componente.

Numa segunda parte, vão ser descritos os principais componentes analisados, a que testes foram submetidos, as necessidades da realização de um estudo sobre o componente e as expectativas dos resultados a obter. Este subcapítulo focaliza os testes de NTC's (Negative Temperature Coefficient), AGU (Termóstatos bimetálicos) e HDG's (Hidrogeradores). No capítulo 4 do presente trabalho será feita a apresentação e análise dos resultados obtidos para os componentes que são descritos neste subcapítulo.

Por último, é apresentado um resumo dos testes realizados em paralelo aos descritos na subsecção anterior. À imagem do subcapítulo anterior também será feita uma descrição dos componentes envolvidos. No entanto, os resultados destes testes não serão objecto de estudo para este trabalho visto terem sido realizados em função da lista de trabalhos do laboratório não tendo sido objecto de estudo para este trabalho.

Os testes realizados a cada componente, salvo algumas excepções, foram levados a cabo tendo por base as condições definidas num documento interno da BOSCH designado por *Material Order Specification* – MOS. Este documento é redigido ainda na fase de concepção de cada componente e é criado com base nas características do componente, as características do equipamento a que se destina, bem como as indicações do e para o fornecedor e as necessidades do cliente final. Este documento leva em conta as normas que regulamentam a

produção deste tipo de equipamentos, bem como as normas específicas de cada mercado a que o aparelho se destina.

3.1 Esquentadores e Caldeiras

3.1.1 Esquentadores

Os esquentadores são equipamentos a gás de aquecimento de águas sanitárias.

Construtivamente, um esquentador é constituído por um automático de água, responsável pela detecção da necessidade de água quente. Quando detecta a passagem de água, pelo automático de água, é dado sinal à electrónica que inicia a ignição (faísca) e acciona o automático de gás. Primeiro é aberta a válvula de gás piloto que alimenta o queimador. Quando é detectado o sinal de chama, a electrónica abre a válvula de gás principal.

No queimador que, como o nome indica, é o dispositivo onde é feita a queima de gás, são proporcionadas as condições de queima, ou seja, a mistura de gás com ar ambiente.

Acoplada ao queimador está a câmara de combustão que é rodeada por uma tubagem onde circula água a ser aquecida. Este conjunto corresponde ao permutador de calor.

A par dos dispositivos responsáveis pelo funcionamento de um esquentador, este tipo de equipamento é ainda munido de vários sensores de segurança com o objectivo de garantir a segurança do utilizador e da instalação. Entre estes sensores encontram-se detectores de extinção de chama (sensor de ionização, detecta a presença de chama), sensores de temperatura (faz o controlo de temperatura da água e no caso da água atingir 85 °C, a electrónica fecha a válvula de gás) e sensores de retorno de gases queimados (se a exaustão for bloqueada, a temperatura dos gases de combustão na chaminé aumenta até à altura em que o limitador de temperatura abre o seu contacto interno funcionando como sinal para a electrónica abrir a válvula de gás)

Em termos de características, um esquentador varia em função da capacidade, isto é, a quantidade de litros de água que o esquentador consegue fornecer por minuto, com um diferencial de temperatura de 25 °C. Por exemplo, para um esquentador de 11 litros/min,

sendo a temperatura de entrada da água a 15 °C o esquentador vai fornecer 11 litros de água por minuto a 40 °C.

Outra característica que varia num esquentador é o tipo de gás utilizado. O esquentador pode estar preparado para a utilização de gás da primeira família (gás de cidade), da segunda família (gás natural) ou da terceira família (gás butano e propano).

Em termos de funcionamento, os esquentadores podem ser modulados ou de chama fixa, ou seja, quando modulados o débito de gás é regulado em função da temperatura seleccionada pelo utilizador, enquanto nos esquentadores de chama fixa o débito de gás é constante e independente das necessidades do utilizador.

No que diz respeito ao tipo de ignição, esta pode ser piezo-eléctrica ou electrónica. No primeiro trata-se de um sistema manual que por accionamento de um botão é gera uma diferença de potencial capaz de provocar uma faísca nos eléctrodos. No segundo caso, a faísca tem origem num processo electrónico. Este último caso tem como vantagem a comodidade do utilizador.

Há ainda outro factor determinante na escolha de um esquentador que prende com o tipo de exaustão de gases queimados. Pode ser exaustão natural, ventilada ou pode o aparelho ser estanque. No caso da exaustão natural, a tiragem dos gases de escape é feita por escoamento dos gases quentes. No caso da exaustão ventilada, o esquentador é munido de um ventilador na chaminé, que “empurra” os gases de combustão pela conduta. Por fim, no esquentador do tipo estanque o queimador e o ventilador estão montados numa câmara isolada, neste caso o ventilador tem uma dupla função: para além de forçar a exaustão dos produtos de combustão, faz também a admissão de ar fresco necessário à combustão.

Na figura seguinte são indicados os principais componentes de um esquentador.

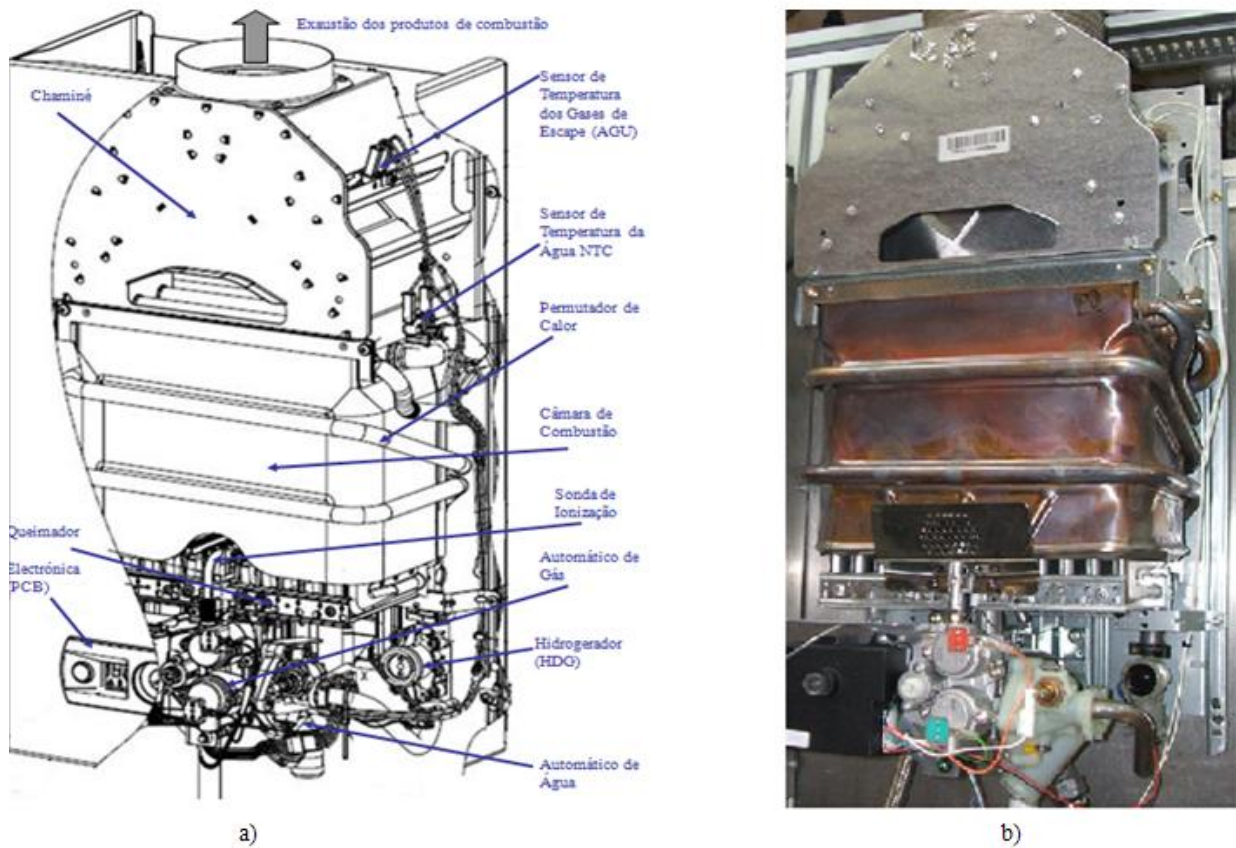


Figura 9 .- Esquemático do esquentador (a); Esquentador (b)

No esquema seguinte pretende-se resumir de forma simples o funcionamento do esquentador mais comercializado.

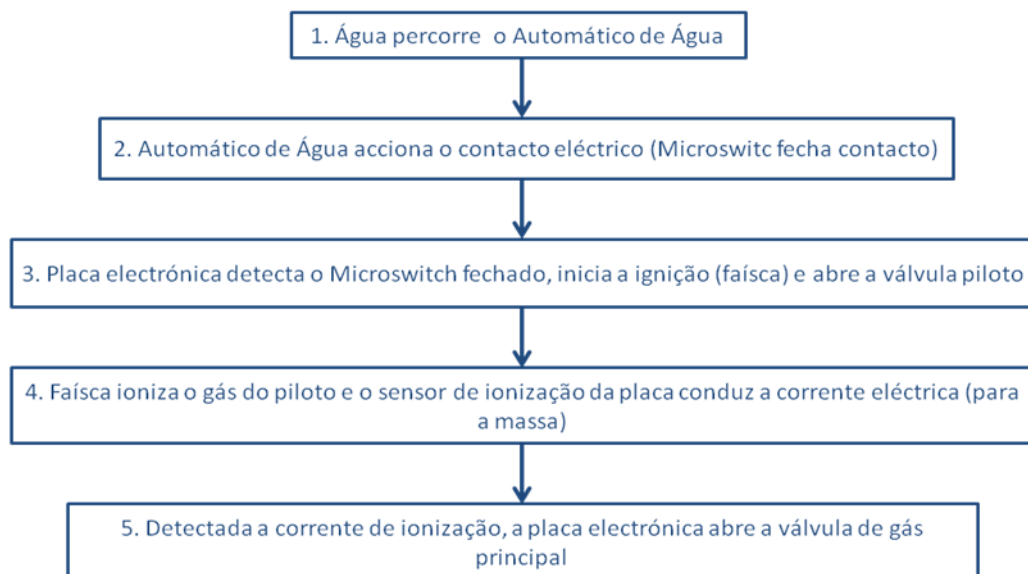


Figura 10. Sequência de funcionamento do Esquentador

3.1.2 Caldeiras

As Caldeiras de aquecimento central são equipamentos que em termos de estrutura de funcionamento são muito similares aos esquentadores. Contudo, este equipamento foi desenvolvido com o intuito de possibilitar o funcionamento para aquecimento central.

No caso das caldeiras, esta possuem dois circuitos de água diferentes, o de aquecimento de águas sanitárias e o de aquecimento central que é independente e fechado.

O funcionamento do aquecimento central “começa com a regulação do botão Aquecimento Central (AC) para uma determinada temperatura. A água percorre o permutador de calor, impulsionada pela bomba. A electrónica faz a ignição (faísca) do eléctrodo de ignição e abre a válvula de gás. Detectada a ionização, a electrónica modula (abre mais ou menos) a válvula de gás conforme a temperatura de água pretendida. A água quente percorre o circuito de aquecimento central.

Na Figura 11, observa-se um painel de frontal, onde são indicados os diferentes botões de regulação da caldeira.

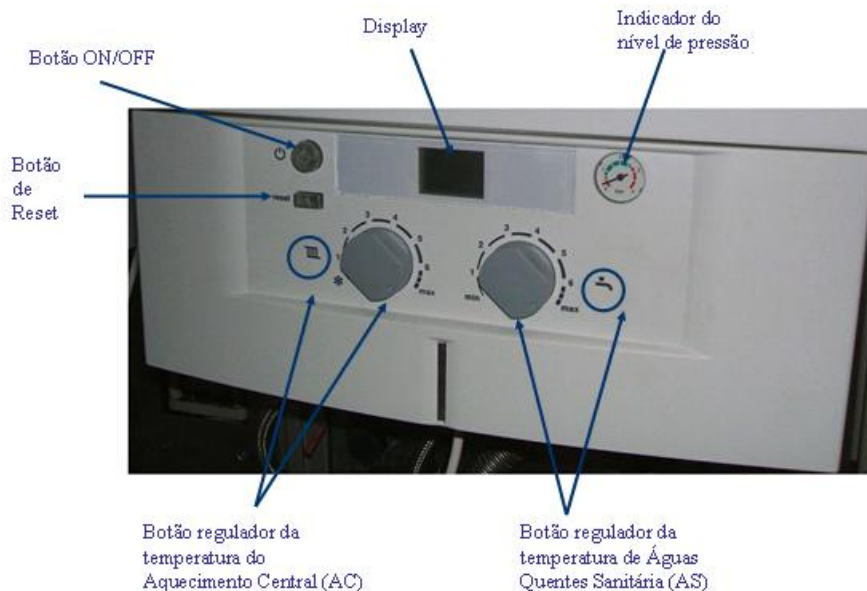


Figura 11 – Painel frontal de uma Caldeira

O funcionamento das águas quentes sanitárias inicia sempre que é aberta uma torneira de água quente em qualquer parte da casa. Sempre que isto acontece, o detector de fluxo – fluxostato – fecha o contacto eléctrico, dando sinal à electrónica para accionar a válvula de três vias fazendo com que a água do aquecimento central seja desviada para o permutador secundário. A electrónica faz a ignição, abre a válvula de gás e detecta a ionização. O débito de gás é modulado conforme a temperatura escolhida no botão AS (botão de regulação da temperatura das águas quentes sanitárias). A água do sistema de águas quentes sanitárias é aquecida por efeito Joule (Transferência de calor) através do calor da água do sistema aquecimento central, no permutador secundário.

A figura a) que se segue é um exemplo esquemático de uma caldeira que pode ser melhor compreendido através da figura b) que consiste numa foto deste equipamento. Nesta ilustração pretende-se evidenciar as entradas e saídas dos circuitos de Águas Quentes Sanitárias e de Aquecimento Central, assim como os principais componentes de uma caldeira.

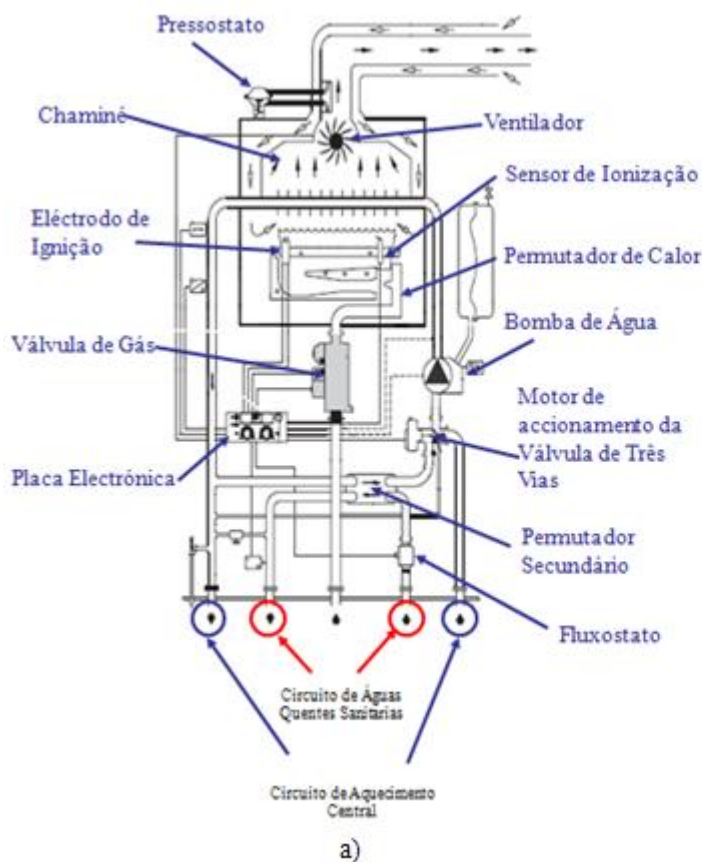


Figura 12 – Esquemático da caldeira (a); Caldeira (b)

Para além das características enunciadas anteriormente, tanto os esquentadores como as caldeiras podem ser instaladas em associação com um sistema de painéis solares térmicos. Nesta situação, sempre que existe água quente aquecida no sistema solar, esta passa no esquentador/caldeira e à entrada um sensor de temperatura detecta a necessidade ou não de elevar a temperatura. Sempre que a temperatura da água vinda do sistema solar é igual ou superior ao valor desejado pelo utilizador, o esquentador/caldeira deixa apenas passar a água no seu circuito sem que para isso se dê o início da combustão.

3.2 NTC's – Negative Temperature Coefficient

Os NTC's, "*Negative Temperature Coefficient*", são sensores de temperatura utilizados como dispositivos de segurança em caldeiras e esquentadores. Fixado no tubo de circulação de água à entrada e saída do permutador, estes sensores estão ligados a electrónica do aparelho permitindo o controlo da temperatura da água e o bloqueio do sistema, sempre que a temperatura da água ultrapasse os 85°C.

O nome de *Negative Temperature Coefficient* deve-se ao comportamento de diminuição da resistência interna em função do aumento da temperatura. Esta propriedade é conferida pela presença de um semicondutor, material com características importantes uma vez que têm propriedades eléctricas bem definidas e facilmente controláveis.

Estes dispositivos têm uma vasta aplicabilidade devido à sua grande sensibilidade, podendo medir variações até à décima de °C. Têm uma resposta rápida e um custo reduzido. A nível de design, este pode ser muito variado e de reduzidas dimensões, o que permite uma resposta ampla às exigências de montagem.

No entanto, estes sensores têm como principal desvantagem a não linearidade de resposta, o que implica que o sistema receptor de sinal seja capaz de processar o sinal recebido. Outro factor a ter em conta está relacionado com a sua característica variar negativamente com a temperatura. Consoante a fonte de corrente utilizada, ao baixar a resistência, o NTC vai ser percorrido por uma maior corrente o que consequentemente implica um aquecimento.

Em termos matemáticos, um exemplo de uma equação matemática representativa do comportamento de um NTC pode ser (Krakheche, Zwirtes, Fistarol, & Tibolla, 2003):

$$R = R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

Onde:

R – Resistência medida (Ohm)

R_0 – Resistência à temperatura T_0 (Kelvin)

β – Coeficiente da exponencial (Kelvin^{-1})

T – Temperatura de Medição (Kelvin)

T_0 – Temperatura de Referência (Kelvin)

No entanto, a equação matemática que representa o comportamento do NTC depende do material semiconductor usado.

Uma possível representação da variação da resistência em função da temperatura é mostrada no gráfico que segue:

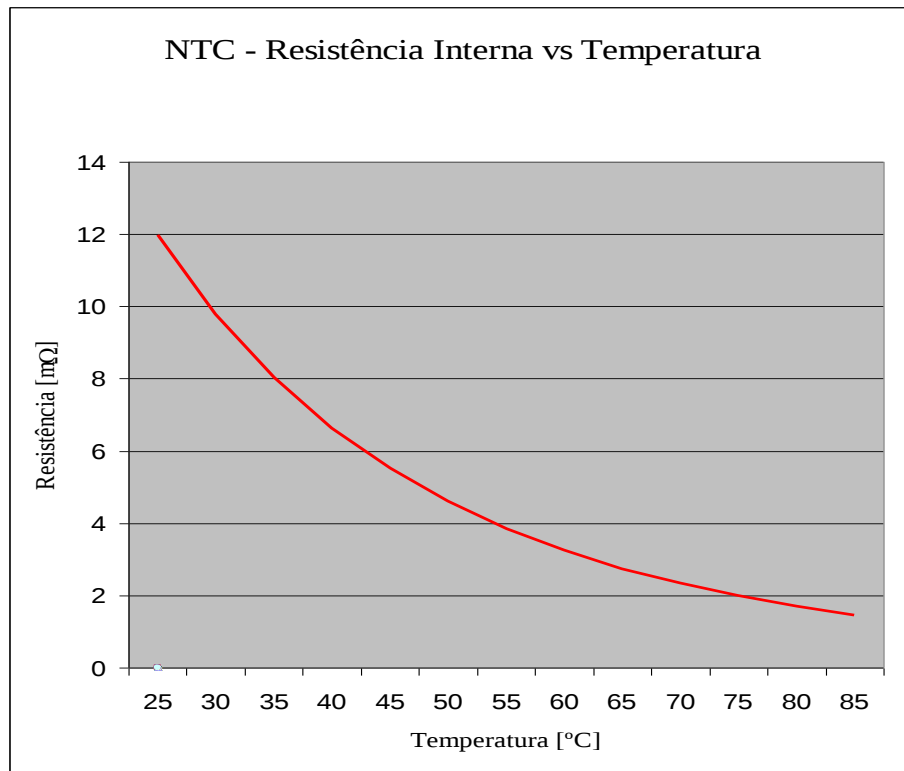


Gráfico 2 – Exemplo de uma curva associada ao um NTC

Construtivamente, os NTC's utilizados pela BOSCH são constituídos por um semiconductor revestido de silicone que tem a função de isolar e selar o material semiconductor evitando a corrosão. Eles são apresentados em dois modelos diferentes. Um são NTC's de Contacto (Figura 13) e os outros de imersão. No primeiro caso os sensores são montados no tubo do permutador por auxílio de um clip que promove o encosto do sensor ao tubo de cobre. No caso dos NTC's de Imersão (Figura 14), o sensor fica imerso na água que circula no tubo do permutador e a fixação do sensor é feita por aparafusamento ao tubo.

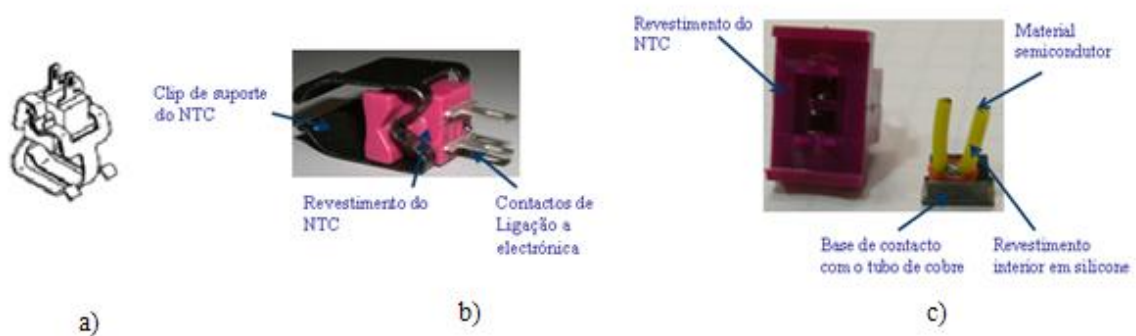


Figura 13 – a) Desenho do NTC de contacto; b) Fotografia do NTC; c) Fotografia do interior do NTC



Figura 14 – NTC de Imersão

Para além de variarem na forma, estes dois tipos de NTC's variam também ligeiramente no valor nominal e na tolerância, mas os procedimentos de teste a efectuar são idênticos para ambos os casos.

3.2.1 Procedimento de Testes para NTC's

Teste Funcional

Para dar início aos procedimentos de validação dos sensores, é necessário caracterizar o seu comportamento através do Teste Funcional e que consiste na montagem de uma amostra de sensores num tubo de cobre onde circula água a uma temperatura controlada por um banho termoestático.

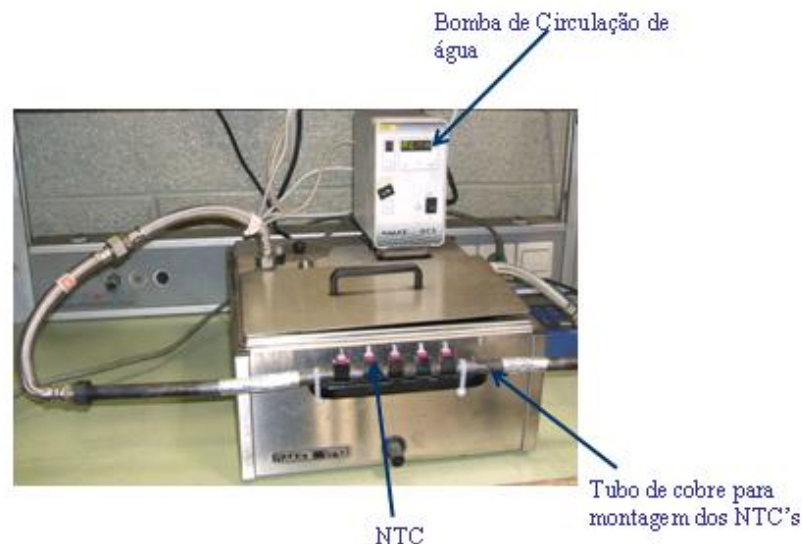


Figura 15. Banho Termoestático

Na figura anterior é possível observar o banho termoestático, com os NTC de contacto montados para se proceder a leitura de resistências. Para a caracterização dos NTC's de imersão seria apenas necessário substituir o tubo de cobre, por um outro já com os NTC's de imersão acoplados.

À temperatura ambiente $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$, a resistência eléctrica deve estar de acordo com a tabela seguinte que descreve o comportamento entre $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Tabela 4 – Tabela Padrão para NTC's de Contacto (Tabela retirada da MOS de NTC's de Contacto)

t / °C	0	1	2	3	4	5	t / °C
-15	75.932	72.095	68.474	65.056	61.828	58.779	-10
-10	58.779	55.898	53.175	50.600	48.164	45.859	-5
-5	45.859	43.678	41.613	39.657	37.804	36.048	0
0	36.048	34.384	32.806	31.309	29.888	28.540	5
5	28.540	27.261	26.045	24.891	23.794	22.752	10
10	22.752	21.761	20.818	19.921	19.068	18.257	15
15	18.257	17.484	16.748	16.046	15.379	14.742	20
20	14.742	14.135	13.557	13.005	12.478	11.976	25
25	11.976	11.497	11.039	10.602	10.184	9.785	30
30	9.785	9.404	9.040	8.692	8.359	8.040	35
35	8.040	7.735	7.444	7.164	6.897	6.641	40
40	6.641	6.396	6.161	5.936	5.721	5.514	45
45	5.514	5.316	5.126	4.943	4.768	4.601	50
50	4.601	4.440	4.285	4.136	3.994	3.857	55
55	3.857	3.725	3.599	3.477	3.360	3.248	60
60	3.248	3.140	3.036	2.936	2.840	2.747	65
65	2.747	2.658	2.572	2.490	2.410	2.333	70
70	2.333	2.260	2.188	2.120	2.054	1.990	75
75	1.990	1.929	1.869	1.812	1.757	1.704	80
80	1.704	1.652	1.603	1.555	1.509	1.464	85
85	1.464	1.421	1.380	1.339	1.301	1.263	90
90	1.263	1.227	1.192	1.158	1.125	1.093	95
95	1.093	1.063	1.033	1.004	976	949	100
100	949	923	898	874	850	827	105

Após a primeira caracterização, a amostra vai ser dividida em três amostras sendo cada uma delas sujeitas a um dos testes descritos a seguir e no final de cada teste é necessário caracterizar novamente cada amostra.

Teste de Tempo de Vida

Teste de Ciclo

150000 ciclos

Duração do ciclo: 30 segundos

Ciclo Quente – temperatura de teste $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$; 15 segundos

Ciclo Frio – temperatura de teste $15 \pm 5^{\circ}\text{C}$; 15 segundos

Tempo de transição entre ciclos: 1 segundo.

O Gráfico 3 descreve o ciclo de teste.

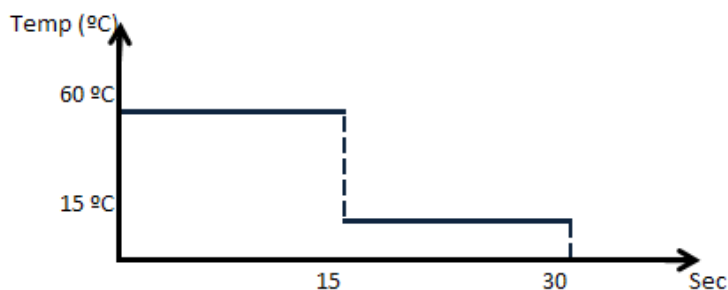


Gráfico 3 - Descrição do Ciclo do Teste de Ciclo

Critério de aprovação: Depois do Teste de Tempo de Vida, a resistência eléctrica deve ser de acordo com a Tabela 4, com uma tolerância de $\pm 10\%$, para temperaturas de teste entre $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Teste de humidade

Duração: 56 dias

Temperatura ambiente: 40°C

Humidade relativa: 95 %

Critério de aprovação: Depois do Teste de Humidade, a resistência eléctrica deve ser de acordo com a Tabela 4, com uma tolerância de $\pm 10\%$, para temperaturas de teste entre $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Teste de resistência à água

Duração: 7 dias

Condições de teste: com o clip removido (no caso dos NTC's de Contacto) e com as abas imersas em água da torneira a 5mm de profundidade, a uma temperatura ambiente entre 15 e 25°C, aplica-se 5 volts ao NTC em série com uma resistência de 10 k Ω .

Critério de aprovação: Depois do Teste de Resistência a Água, a resistência eléctrica deve ser de acordo com a Tabela 4, com uma tolerância de $\pm 5\%$, para temperaturas de teste entre $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2^\circ\text{C}$.

Para os três testes apresentados anteriormente, os vestígios de corrosão são permitidos, desde que não afectem o funcionamento do NTC.

3.2.2 Análise

Nesta análise de NTC's ambos os tipos de NTC's foram ensaiados. No entanto, o estudo de cada uma das variantes teve objectivos diferentes.

3.2.2.1 NTC's de Contacto

No caso dos NTC's de Contacto a necessidade da realização deste estudo prendeu-se com a possibilidade de implementação de um novo processo de montagem com vista a melhorar a performance de funcionamento destes componentes. Para tal, ponderou-se a utilização de pasta térmica com vista a atingir os objectivos pré-definidos.

No decorrer de uma FMEA para analisar esta possibilidade, foi necessário executar testes para comprovarem os benefícios da pasta térmica.

Pasta térmica

A pasta térmica é um composto químico com excelentes propriedades condutoras, que é utilizada para dissipar calor. A par das suas características térmicas, a aplicação da pasta térmica tem a vantagem de preencher as imperfeições da superfície que antes eram preenchidas com ar e que impediam a dissipação por condução entre duas superfícies.

Atendendo ao funcionamento dos NTC's, a aplicação da pasta térmica seria uma mais-valia uma vez que iria melhorar a superfície de contacto entre o NTC's e a tubagem de circulação de água, potenciando a transferência de calor, diminuindo assim o erro entre a temperatura real da água que circula no interior do aparelho e a temperatura lida pelo sistema de controlo. Para além do já referido, a pasta térmica tem ainda a vantagem de proteger o NTC da corrosão por humidade.

A utilização da pasta térmica deve ser limitada à quantidade mínima necessária para corrigir as imperfeições, uma vez que quando utilizada em excesso causa o efeito contrário ao pretendido, podendo ainda, em casos limite, danificar os condutores do NTC.

Para verificar se existia uma mais-valia na utilização da pasta térmica, apenas foram realizados Testes de Resistência à Água, uma vez que este procedimento de teste é de todos o que sujeita o componente a condições mais extremas. Para tal, o procedimento de teste foi posto em prática sendo que metade dos NTC's foi submetida ao teste sem pasta térmica e a outra metade com pasta.

Nas Figura 16 e Figura 17 seguintes observa-se o dispositivo de teste desenvolvido segundo as normas da MOS.

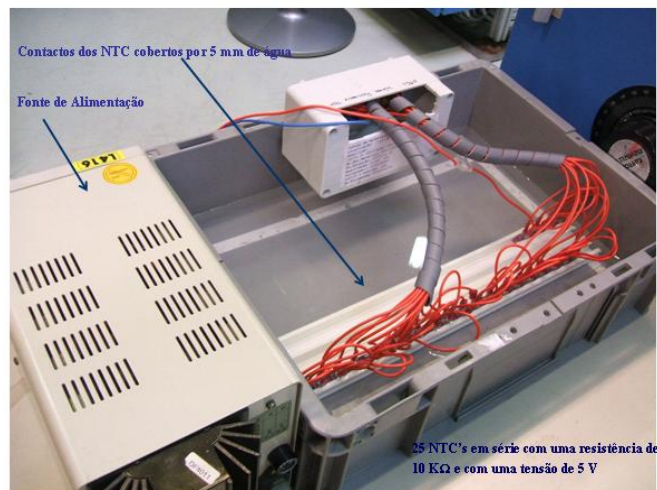


Figura 16 – Teste de Resistência a Água

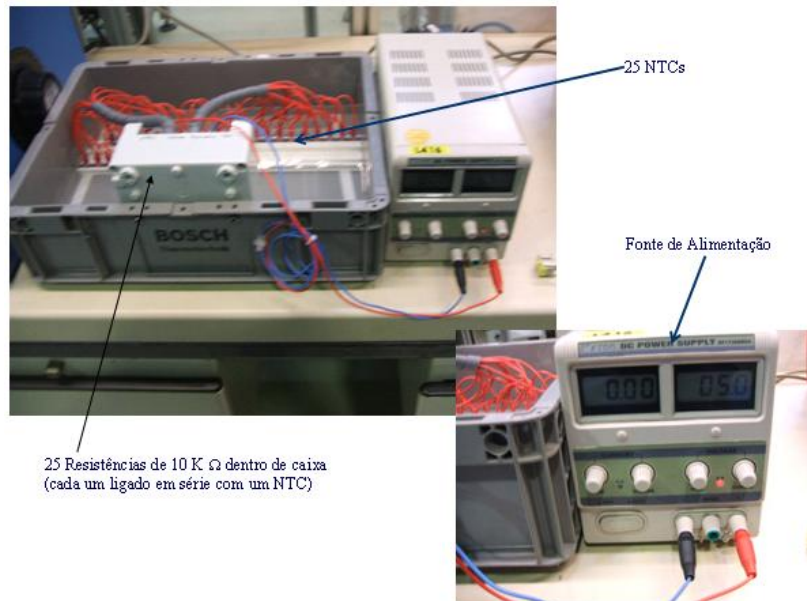


Figura 17 – Teste de Resistência a Água

Na Figura 18 pode ver-se o esquema eléctrico do Teste de Resistência a Água.

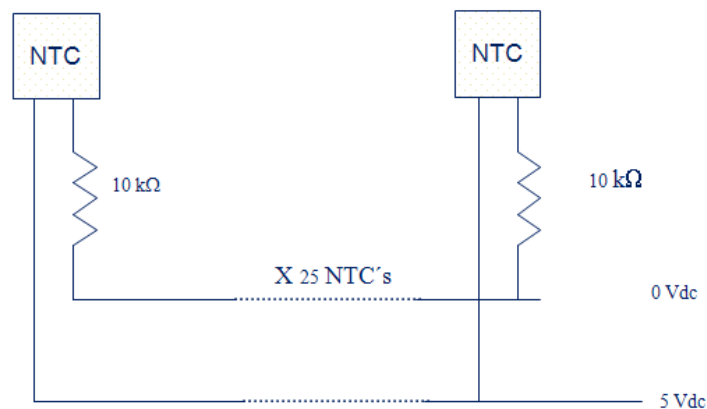


Figura 18 – Esquema eléctrico da montagem do Teste de Resistência a Água

3.2.2.2 NTC's de Imersão

O ensaio realizado com NTC's de imersão foi motivado pela necessidade de inferir sobre a qualidade de NTC's comercializados por possíveis novos fornecedores, para serem aplicados no produto World 2 (esquentador), produto já comercializado. Estando o departamento de Desenvolvimento debruçado na melhoria contínua dos produtos, foi por ele pedido ao

departamento da Qualidade um parecer sobre a qualidade dos produtos comercializados por dois novos fornecedores.

Neste caso, o teste executado foi Teste de Ciclo sendo que as temperaturas variaram entre 15 °C e 88 °C. Nesta situação o teste as características de teste foram determinadas pelo departamento de Desenvolvimento.

Antes de se proceder à montagem no Teste de Ciclos concebido para este estudo foi necessário proceder à caracterização inicial dos NTC's no banho termoeestático, à imagem do que foi feito no caso dos NTC's de contacto.

Para a execução do teste de ciclos foi necessário implementar um sistema que fosse capaz de alternar entre os dois circuitos de circulação de água, para que mais facilmente fosse possível a variação entre as temperaturas da água.

Assim sendo, o tubo de cobre onde foram acoplados 20 NTC's faz simultaneamente parte de dois circuitos de água.

Como é possível observar na figura seguinte, o sistema possui quatro válvulas, estas abrem ou fecham duas a duas (se V_1 e V_3 abertas, V_2 e V_4 fechadas).

A caldeira (Figura 20) é responsável pela alimentação do circuito no período de água à temperatura de 88 °C e a alimentação à temperatura média de 9 °C é garantida pela água de rede que passa por um *cooler* que faz o arrefecimento.

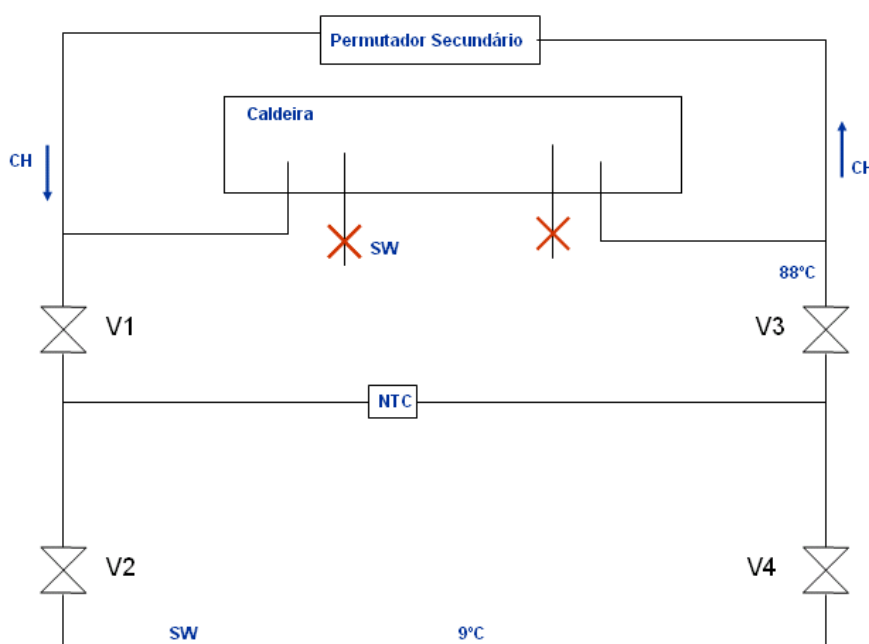


Figura 19 – Esquema da Montagem do Teste de Ciclos para NTC's de Imersão

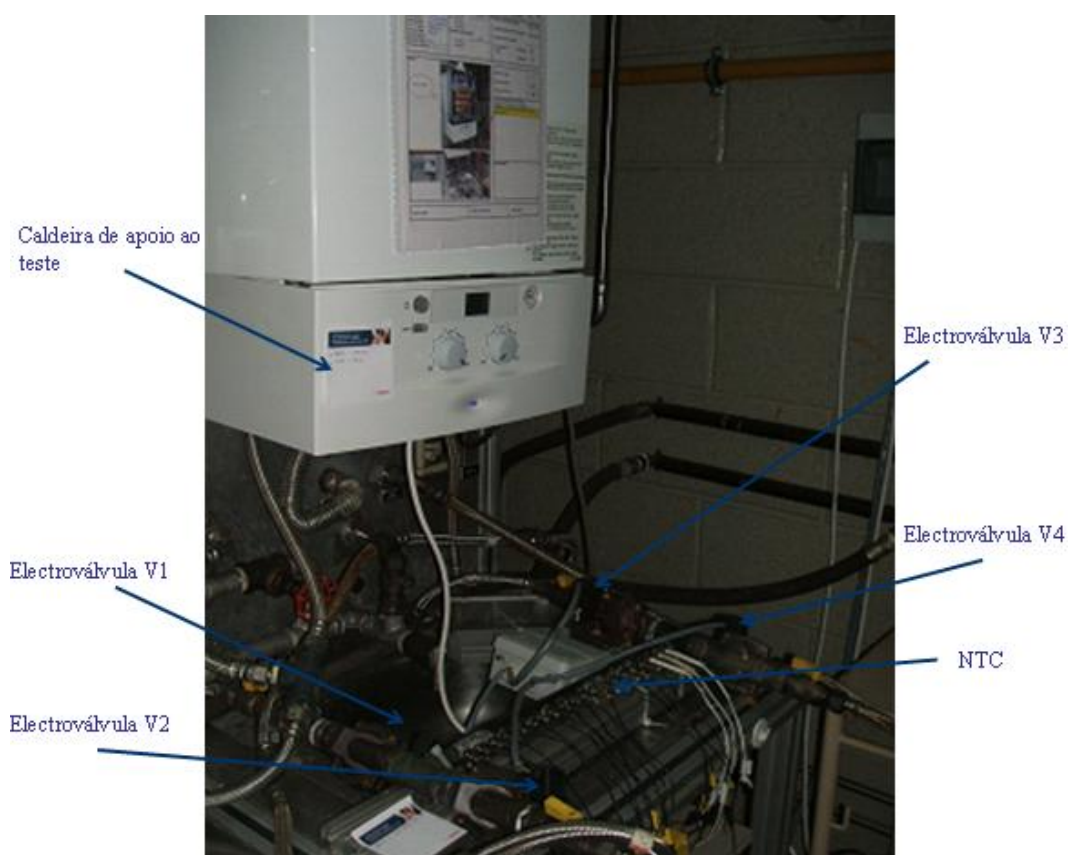


Figura 20 – Teste de Ciclos para NTC's de Imersão

Como modo de controlo do sistema, foi necessário programar um PLC da Siemens conhecido por LOGO!. Este módulo para micro-automatização, reúne num só dispositivo relés, temporizadores, contadores, interruptores, etc. A linguagem de programação é muito interactiva e interpretativa, no entanto, esta foi mais uma etapa no que respeita a aquisição de conhecimentos, uma vez que a aluna não tinha qualquer experiência neste tipo de programação, mas foi possível perceber o seu funcionamento e criar um programa capaz de fazer a comutação entre os diferentes ciclos.

Na Figura 21 são indicados os principais constituintes do LOGO!

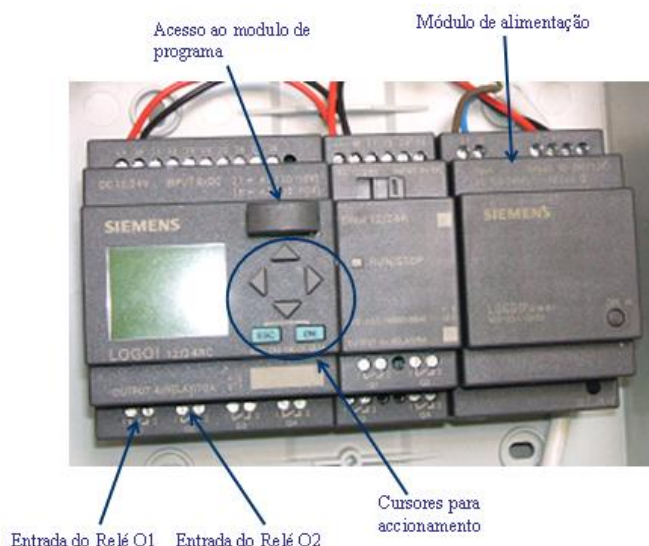


Figura 21 – Descrição dos elementos que constituem o LOGO!

De seguida é apresentado o programa de controlo do teste, criado pela aluna. Na figura que se segue, os principais comandos do programa são indicados.

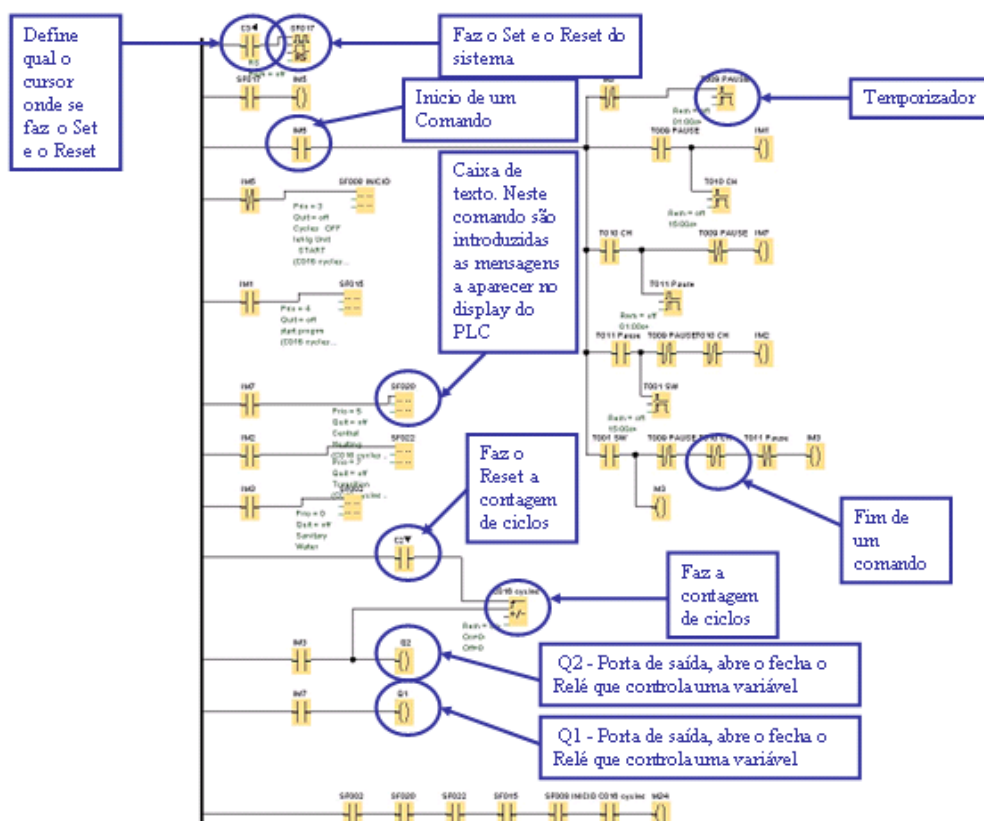


Figura 22 – Programa de accionamento das electroválvulas



Figura 23 – LOGO! em funcionamento

Com este programa, o LOGO! (Figura 23) controla a abertura e fecho das quatro electroválvulas, permitindo assim fazer a transição entre as diferentes fases do ciclo (circulação de água quente, circulação de água fria, e tempo de transição).

Nas Figura 19 são indicadas as electroválvulas V_1 , V_2 , V_3 e V_4 . A alimentação (a 24 Vdc) das electroválvulas é comandada pelos relés Q_1 (controla abertura e fecho das válvulas V_1 e V_3) e Q_2 (controla abertura e fecho das válvulas V_2 e V_4) do Logo! e são indicados na Figura 22 onde é apresentado o programa. Os temporizadores introduzidos no programa, controlam os tempos de abertura e fecho dos relés de forma a ser realizado o ciclo que pode ser observado pelo gráfico seguinte.

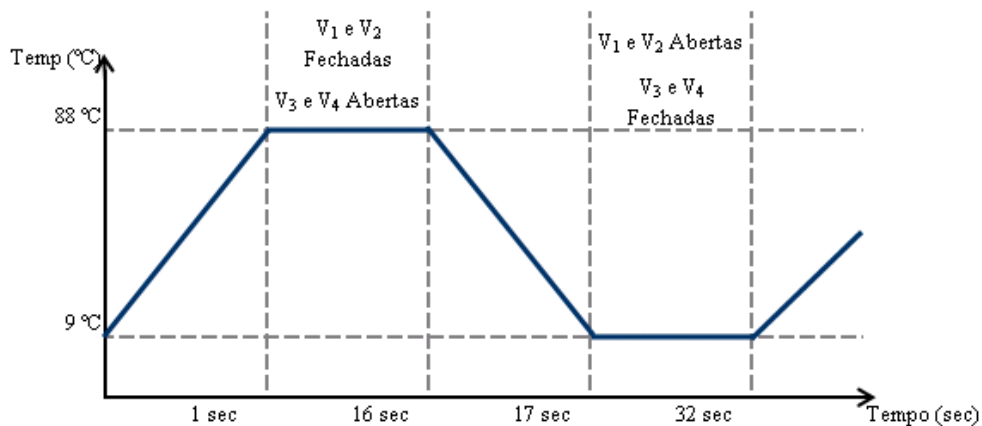


Gráfico 4 – Representação gráfica do ciclo de teste dos NTC's de Imersão

Pela análise do gráfico é possível observar que os NTC's são sujeitos a 16 segundos de água quente e 16 segundos de água fria, sendo o tempo de transição de 1 segundo.

Para a conclusão deste teste são necessários 300000 ciclos, o que corresponde a um período de tempo de aproximadamente 111 dias. Ao fim de 56 dias é necessário fazer uma caracterização dos NTC's no equipamento do teste de ciclos e no final serão caracterizados novamente no banho termoestático.

3.3 AGU's – Termostatos Bimetálicos

O AGU é um termóstato bimetalítico. Este é constituído por duas peças metálicas rigidamente ligadas e com coeficientes de dilatação térmica diferentes. Estes sensores são percorridos por um sinal eléctrico, que vai indicar ao sistema de controlo o seu estado que pode tomar duas posições aberto ou fechado.

A uma dada temperatura, as duas peças metálicas têm a mesma forma e comprimento. Quando se dão variações de temperatura, uma vez que os coeficientes de dilatação são diferentes, as duas peças metálicas vão sofrer variações de tamanho diferentes. Como estão rigidamente ligadas, a peça que tem maior coeficiente de dilatação vai ser obrigada a encurvar afastando-se da outra peça. Quando a temperatura de contacto de segurança é atingida o bimetalítico empurra um pino que corta o contacto eléctrico

Na figura seguinte é possível observar um exemplo de um termóstato bimetalítico.

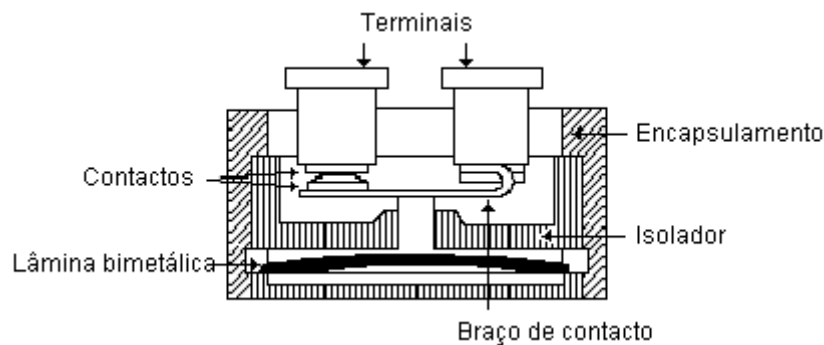


Figura 24 – Esquema de um termóstato bimetalítico em corte (Imagem retirada de “*Sensores ONOFF*” disponível em http://www.dps.uminho.pt/ensino/legi/dossier-disciplinas/CPA/CPA_LEGI_SensoresOnOff_05_06_modulo2.ppt a 24 de Junho de 2008)

A sua aplicação destina-se ao controlo da temperatura dos gases de escape do esquentador. Os AGU's (Figura 25) são montados na chaminé do esquentador, sendo mais um dos dispositivos de segurança implementados nos térmodomésticos BOSCH.

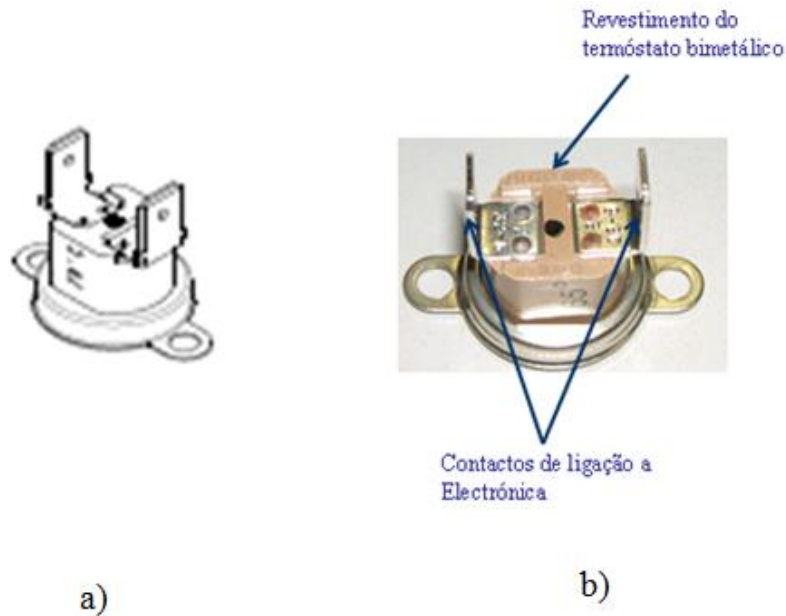


Figura 25 – a) Desenho de AGU; b) AGU;

Consoante a potência do esquentador, a temperatura de corte a considerar varia, pelo que o AGU a aplicar vai variar com o tipo de esquentador.

No caso particular dos AGU's, estes são normalmente fechados, ou seja, permitem a passagem de sinal. Sempre que a temperatura na chaminé de escape de gases queimados atinge determinada temperatura, o contacto do AGU abre e deixa de passar corrente para a electrónica do esquentador. Esta situação é indicativa de que existe um bloqueio que impede o escape dos gases. Para garantir a segurança dos utilizadores, evitando a contaminação do ar com monóxido de carbono, sempre que a electrónica “recebe” a informação que o contacto do AGU está aberto, a válvula de gás é fechada, o esquentador “desliga-se”, sendo necessário vários minutos para que mesmo com a água aberta o esquentador reinicie o funcionamento.

Sendo o monóxido de carbono um gás letal, e o AGU o componente responsável indirecto pela sua detecção, é de extrema importância estes componentes serem testados de forma eficiente após a sua montagem no esquentador.

A análise realizada a este componente deveu-se à necessidade de implementar um novo sistema de teste na linha de montagem, uma vez que o tipo de teste efectuado era moroso e energeticamente dispendioso. Era sendo necessário aquecer o AGU até à temperatura de abertura do contacto bimetalico e para tal eram utilizados aquecedores demasiado grandes,

que não se centravam apenas no componente, fazendo a subida de temperatura por aquecimento do ar circundante ao sensor e implicando um consumo de 2000W.

Após ter sido sugerido um novo equipamento de teste desenvolvido na empresa, o departamento da Qualidade ficou responsável por verificar a sua funcionalidade e analisar se este equipamento de teste não danificava os componentes. Ao ser comprovado a não existência de problemas causados por este modo de teste, o tempo de execução na linha seria reduzido assim como o gasto energético seria reduzido em mais de 90%.

Este equipamento (Figura 26) de teste consiste num ferro de soldar alterado na zona de contacto, fazendo o contacto directo sobre o AGU, montado na chaminé do esquentador.

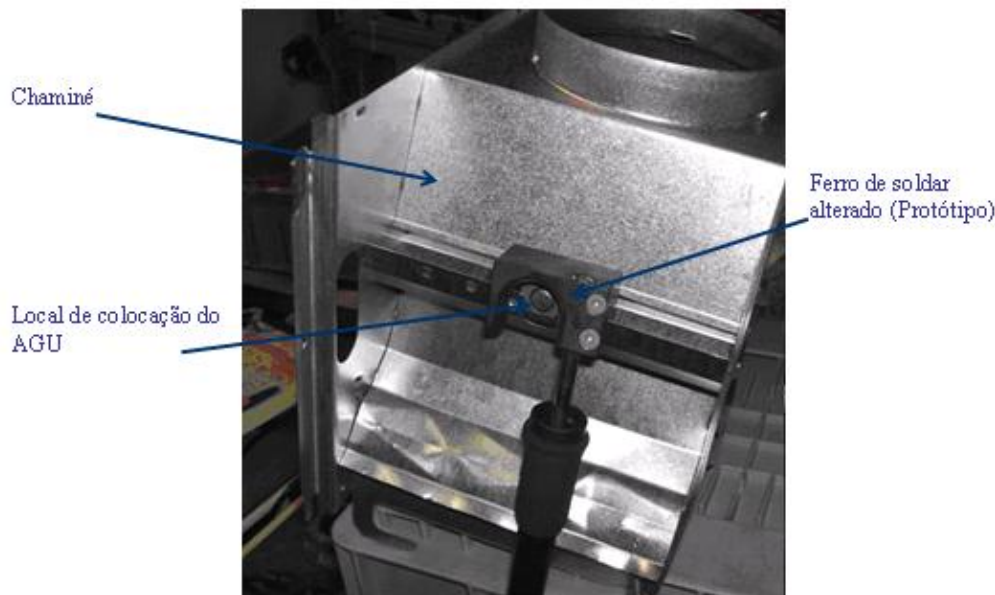


Figura 26 – Montagem de teste para os AGU's

Para a verificação das implicações causadas pelo protótipo, foi definido o seguinte procedimento teste:

1 – Seleccionar um valor de temperatura no ferro a ser usado para todas as gamas de temperatura nos AGUs

O valor de temperatura seleccionado é 260 °C, sendo o comportamento do ferro para esta temperatura mais estável e linear. Para o valor de temperatura 260°C no regulador tem-se aproximadamente 200°C no termopar em contacto com a superfície do ferro.

No gráfico seguinte observa-se a variação da temperatura superficial em função da temperatura seleccionada.

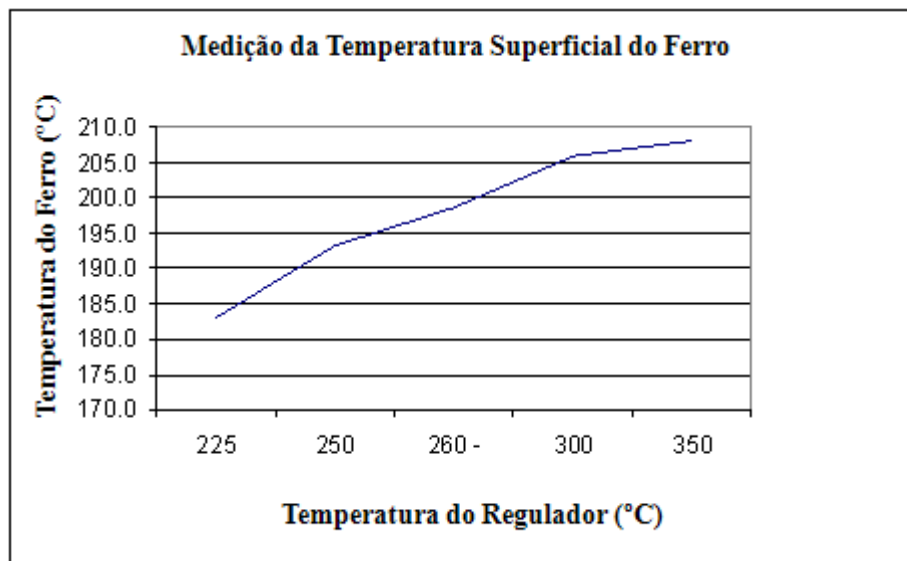


Gráfico 5 – Comportamento da temperatura superficial do ferro em função da temperatura de regulação (Gráfico retirado do relatório de apresentação do protótipo de teste)

2 – Medir a resistência interna dos AGUs antes do teste (multímetro Fluke 189)

3 – Abrir e fechar 3 vezes cada AGU, com o ferro regulado para o SET POINT seleccionado, e medir:

- T 1 = tempo de abertura (segundos), com o AGU previamente à temperatura ambiente
- T 11 = tempo de abertura (segundos), com o AGU previamente aquecido
- T 2 = tempo de fecho (segundos)

4 - Medir a resistência interna dos AGUs após o teste, para verificar se ocorreram desvios superiores a 0.5 Ohm (multímetro Fluke 189)

5 – Análise funcional: verificar se os AGUs, já testados no protótipo, têm temperatura de abertura dentro de tolerância, em estufa.

6 – Realizar Teste de Stress a 2 AGUs de cada referência: submeter o AGU à temperatura SET POINT do ferro pelo menos durante 3 horas e verificar depois se abre e fecha.

7 - Medir a resistência interna dos AGUs após os testes anteriores, para verificar se resistência $\leq 8 \text{ m}\Omega$ (miliohmímetro Keithley 2750)

8 – Analisar ao microscópio de reflexão possíveis danos nas amostras que foram sujeitas ao Teste de Stress.

Este teste foi concebido, com o intuito de sujeitar AGU's a condições extremas de funcionamento, muitíssimo mais extremas do que as condições de funcionamento do sensor num esquentador ou mesmo que as condições de teste definidas pela MOS.

3.4 HDG'S - Hidrogeradores

Estudos desenvolvidos nos finais dos anos 90 levaram a que em 2000 a Vulcano fosse a pioneira na implementação de hidrogeradores (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**) em equipamentos de aquecimento de águas sanitárias. Este pequeno equipamento, instalado no circuito de água entre o automático de água e câmara de combustão, quando percorrido por um determinado caudal de água gera energia suficiente para a ignição e funcionamento do aparelho.

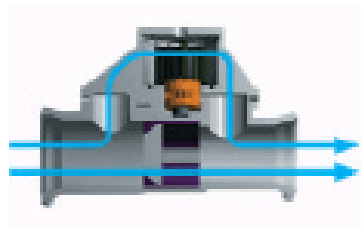


Figura 27 - Esquema de um hidrogerador

Este componente é constituído por uma turbina e um dínamo que por sua vez é constituído por um ímã e uma bobina. Sempre que o hidrogerador é percorrido por água a turbina roda e o ímã acoplado também. A rotação do ímã gera uma diferença de potencial na bobina, variável entre 1,4 V e 2,2 V. Esta diferença de potencial alimenta o sistema electrónico que controla a ignição, as válvulas de gás, a detecção de ionização e os sensores de temperatura. Com este dispositivo a caixa electrónica deixa de ter a necessidade de ser alimentada por pilhas.

A Figura 28 é uma representação esquemática do circuito eléctrico que integra o hidrogerador.

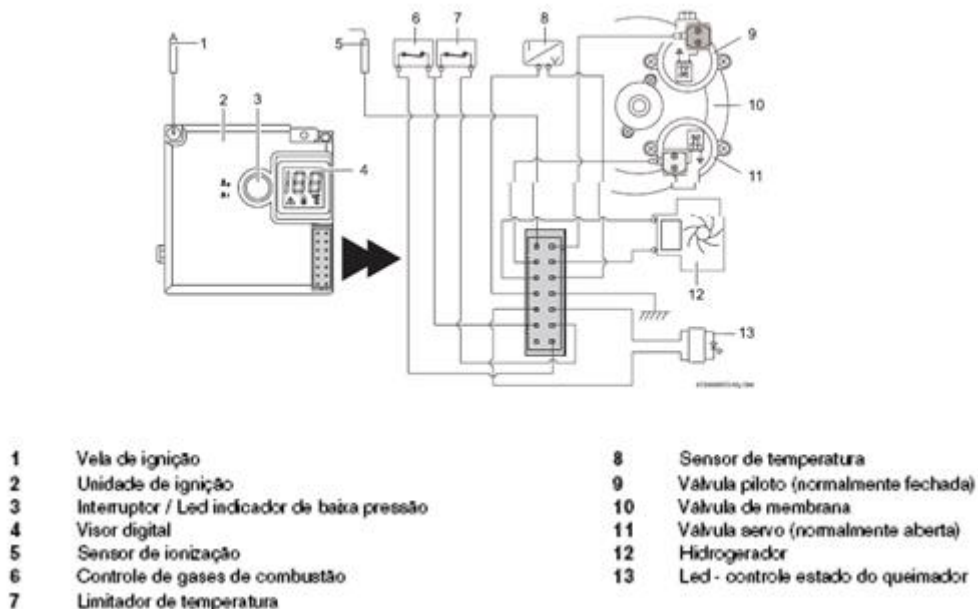


Figura 28 -. Esquema eléctrico e legenda do circuito que integra o hidrogerador (Imagem retirada do “*Manual de Esquentador*”)

O interesse da realização de testes com HDG's prendeu-se por um lado com a análise do comportamento do componente, para comprovação de fiabilidade e por outro lado, da necessidade de dados fidedignos, e com a maior precisão possível. Para tal, surgiu a necessidade de fazer uma análise de cálculo de incertezas inerente ao sistema de leitura utilizado, que possa ser utilizada no futuro, sempre que se caracterizem HDG's. Foi ainda

solicitado pelo departamento de desenvolvimento a colaboração na caracterização de HDG's em fase de desenvolvimento.

Assim sendo, foram analisados dois tipos de HDG's. Os primeiros trataram-se de HDG's já comercializados (Figura 29) que foram caracterizados e para os quais se obteve a incerteza associada.



Figura 29 – Hidrogerador comercializado

O outro tipo de HDG analisado foi um protótipo (Figura 30), que para além da turbina geradora de potencial eléctrico, possui um dispositivo – o Sensor Hall capaz de fazer a leitura de caudal que percorre o componente. O cálculo de incertezas também foi desenvolvido para este protótipo e associada a caracterização realizada.

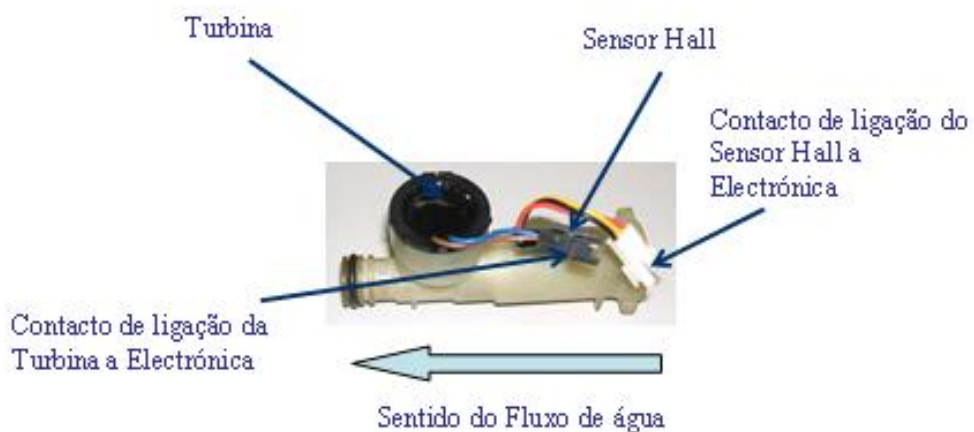


Figura 30 – Hidrogerador com Sensor Hall (Protótipo)

Este sensor tem como princípio de funcionamento o efeito Hall.

O efeito Hall, assim designado em homenagem a Edwin Hall, que em 1879 descobriu o efeito causado por um campo magnético sobre o movimento de electrões.

Quando um condutor eléctrico está exposto a um campo magnético, as suas cargas eléctricas tendem a desviar-se da sua trajectória por actuação da força de Lorentz. O ângulo de desvio da trajectória do fluxo de corrente é conhecido por ângulo de Hall e é uma característica intrínseca de cada material, determinada através do grau de mobilidade dos electrões. A par desta característica, e mais uma vez tendo em conta o grau de mobilidade dos electrões é possível determinar o coeficiente de Hall – RH.

Para todos os materiais é possível determinar o coeficiente de Hall. No entanto, a sua aplicação tem maior relevância associada a materiais cuja mobilidade de electrões é mais elevada, como é caso dos semicondutores.

De forma simples, o efeito Hall vai ser gerado ao aplicar um campo magnético perpendicular à espessura de um material que é percorrido por uma corrente i (Figura 31). Nestas condições, vai ser criada uma acumulação de carga nos limites da material gerando uma diferença de potencial designada por tensão de Hall – V_{Hall} .

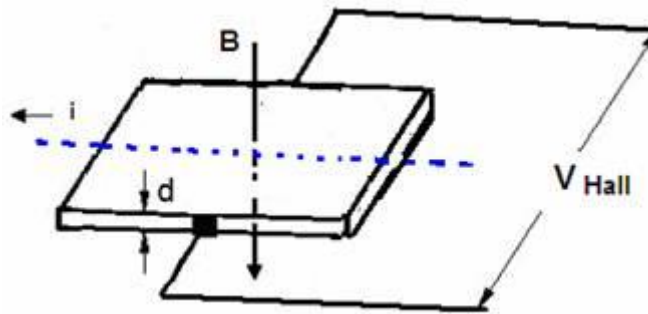


Figura 31 – Esquema representativo do efeito Hall (Imagem retirada da página web <http://www.smar.com/brasil2/shownews.asp?Id=305> a 7 de Maio de 2008

Como principal vantagem, o sensor Hall pode medir tantos campos contínuos, como campos alternados. E podem ser utilizados nas mais diversas aplicações, como é o caso de motores, sensores de velocidade, sistema de injeção em motores, medição de corrente, potência e

campo magnético, controle de motores DC sem escova, sensores de proximidade, controle de rotação, controle de posição, entre outros.

No caso dos hidrogeradores, o efeito Hall é explorado como sensor para a medição de frequência, sendo o sinal em frequência proporcional ao caudal de água que percorre o HDG, apresentando uma boa repetibilidade e fiabilidade. Ao receber um *input* de uma fonte geradora de sinal, o sensor Hall vai transmitir a electrónica do esquentador um sinal da real posição do sistema.

3.4.1 Procedimento de teste

Segundo a MOS definida para os HDG's é importante saber qual o comportamento eléctrico destes para diferentes caudais. No caso dos HDG's que já são implementados nos esquentadores é importante saber qual o comportamento destes para caudais de 2.0 – 0.1 l/min, 2.5 – 0.1 l/min e 14 – 0.5 l/min.

No quadro seguinte é possível observar, as variáveis que são importantes conhecer para cada caudal.

Tabela 5 – Características a analisar nos HDG's comercializados (Excerto da Tabela retirada da MOS de Hirogeradores)

nr.	description	unit	Specifications			remark
			Nom	Min	Max	
3.1	Functional behaviour					
3.1.1	Water flow @ 2.0 -0.1 l/min (*)					
	Pressure drop	[bar]			0.23	
	Voltage	[V rms]		1.7		Load: 20 Ohm +/- 1%
	Electric Power	[mW]		145		Load: 20 Ohm +/-1%
	Frequency	[Hz]		520	680	Load: 20 Ohm +/-1%
	Efficiency	[%]		20.7		Load: 20 Ohm +/-1%
3.1.2	Water flow @ 2.5 -0.1 l/min (*)					
	Pressure drop	[bar]			0.30	
	Voltage	[V rms]		2.0		Load: 20 Ohm +/- 1%
	Electric Power	[mW]		200		Load: 20 Ohm +/- 1%
3.1.3	Water flow @ 14 -0.5 l/min (*)					
	Pressure drop	[bar]			0.55	
	Voltage	[Vrms]			2.5	Load: 20 Ohm +/-1%
	Frequency	[Hz]		750	910	Load: 20 Ohm +/- 1%
3.2	Tightness					

No caso dos HDG's - Protótipo os caudais a considerados são 2.0 l/min, 2.3 l/min, 2.55 l/min e 18 l/min., sendo apresentado na tabela seguinte as variáveis a analisar para cada caudal.

Tabela 6 - Características a analisar nos HDG's comercializados (Excerto da Tabela retirada da MOS de Hidrogeradores Protótipo)

No.	Description	Unit	Specifications			Remark
			Nom	Min	Max	
4.1	Functional behaviour					
4.1.1	Water flow @ 2.0 -0.1l/min (*)					
	Electric Power	[mW]		75		See Annex 5.1 "Test Load"
	Voltage on test load circuit	[V]	3.07	2.9	3.2	See Annex 5.1 "Test Load"
4.1.2	Water flow @ 2.3 -0.1 l/min (*)					
	Electric Power @ 2°C till 45 °C (@ 45°C till 70 °C)	[mW]		110 (105)		See Annex 5.1 "Test Load"
	Voltage on test load circuit	[V]	3.07	2.9	3.2	See Annex 5.1 "Test Load"
4.1.3	Water flow @ 2.6 ±0.05 l/min (*)					
	Pressure drop	[bar]			0.21	
4.1.4	Water flow @ 18 -0.5 l/min (*)					
	Pressure drop	[bar]			0.55	

Em ambas as situações não foi possível considerar o caudal máximo, uma vez que o sistema regulador de caudal está limitado a cerca de 10 l/min variável.

Neste teste os HDG's foram montados num circuito de água onde é possível regular o caudal. Electricamente eles estão ligados a um sistema de aquisição de dados.

O sistema de aquisição consiste num multímetro Keithley 2750, ligado a um computador e os dados são adquiridos para um programa que “corre” em Excel (Figura 32).

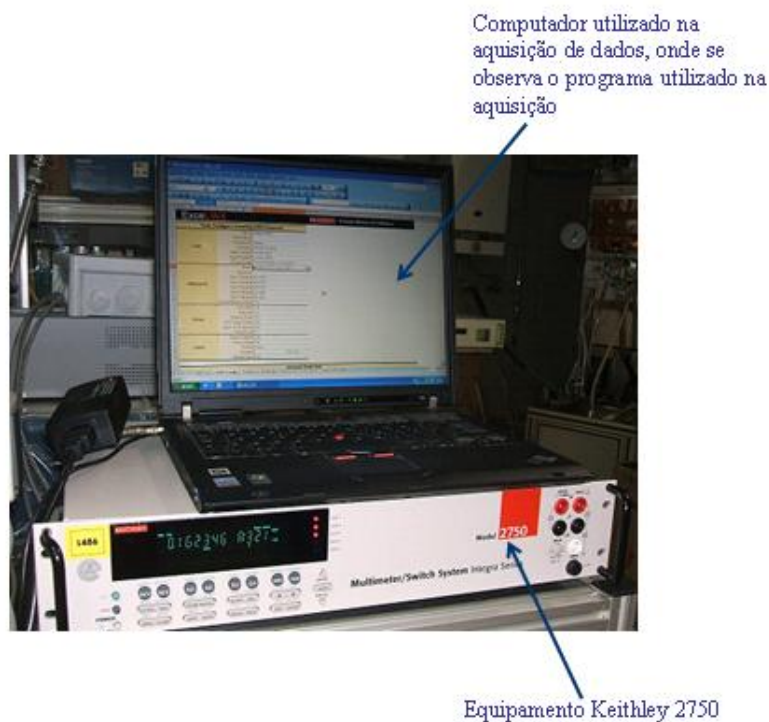


Figura 32 – Equipamento de Aquisição

Na Figura 33 observa-se, respectivamente, o caudalímetro utilizado neste teste.



Figura 33 – Caudalímetro

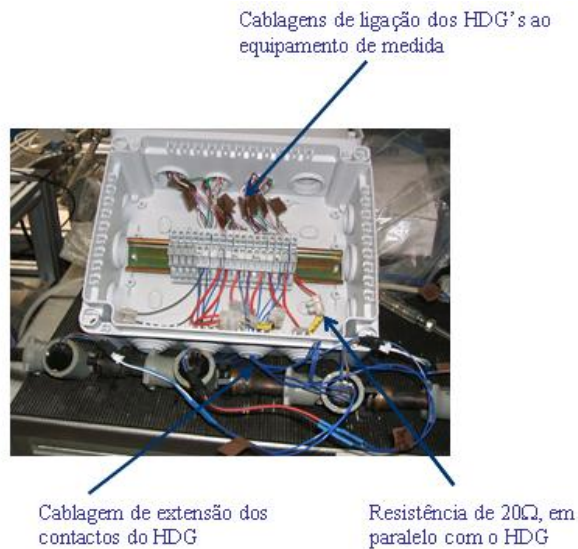


Figura 34 – Montagem do sistema de HDG's comercializados

Na Figura 34 é possível observar montagem criada para a aquisição das variáveis de cinco HDG's (na imagem só é possível observar três dos cinco HDG's montados). A cada HDG foi ligada uma resistência de 20Ω (a carga) em paralelo e uma cablagem de aquisição, conectada ao multímetro de aquisição Keithley.

A montagem de aquisição preparada para os HDG – Protótipo, pode ser observada na imagem seguinte. Nesta montagem, apenas um HDG é analisado de cada vez. Os contactos da turbina geradora foram ligados ao Keithley, em paralelo com uma carga (confidencial), e o circuito de alimentação do sensor Hall ligado à fonte de alimentação ISOTECH (Figura 36), a uma tensão de alimentação de 3 Vdc, com limitação de corrente; o sinal em tensão e a corrente solicitada pelo sensor Hall à fonte foram medidos pelo Keithley. O sinal de feedback do sensor de Hall, frequência (proporcional ao caudal que percorre o HDG), foi também adquirido pelo Keithley.



Figura 35 – Montagem de aquisição para o HDG com Sensor Hall

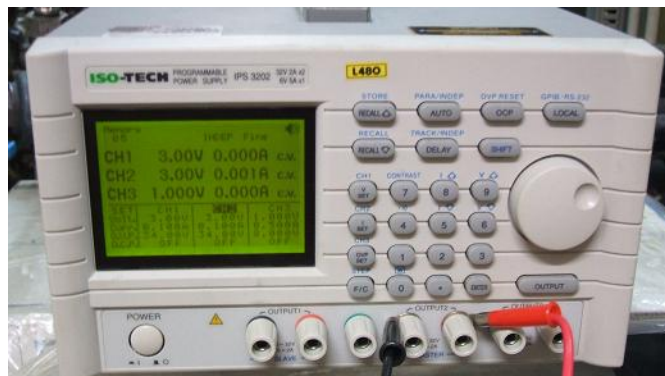


Figura 36 - Fonte de alimentação utilizada no HDG's protótipo

Após a caracterização, os HDG's já incluídos na produção de esquentadores foram sujeitos a um teste de stress térmico, ou seja, os HDG's foram sujeitos a ciclos alternados de água quente (aproximadamente 60 °C) e água a 9 °C, durante 7 dias (o equivalente a 20000 ciclos). No final deste teste foram novamente caracterizados para verificar se ainda se mantinham as características de funcionamento.

Estes testes, para além de servirem de análise ao funcionamento dos HDG's, serviram também de base para o cálculo de incertezas de todo o sistema de aquisição montado para a caracterização dos HDG's.

3.5 Outros Testes Realizados

Nesta subsecção serão apresentados outros testes realizados durante o período passado no laboratório de Fiabilidade. Tiveram como objectivo a colaboração com os trabalhos que são levados a cabo por este laboratório com o objectivo de validar a qualidade dos componentes.

3.5.1 Transformadores

Constituídos por duas ou mais bobinas acopladas ao longo de um veio magnético, estes dispositivos têm como função mais corrente a redução ou aumento da tensão e/ou corrente entre as bobinas do primário e secundários por indução entre as bobinas.

Utilizados na conversão de energia eléctrica, estes dispositivos estão implementados nas placas electrónicas dos esquentadores e caldeiras, para transformação da tensão da rede em baixa tensão para alimentar a própria placa de controlo.

Os transformadores (Figura 37) testados têm uma bobina primária de 230 Volts e duas secundárias, uma de 24 Volts e uma de 230 Volts.



Figura 37 - Transformador

3.5.1.1 Procedimento de teste

Na caracterização inicial dos transformadores foi aplicada e medida a tensão na rede e foram medidas as tensões nas bobinas secundárias.

De seguida, foi preparado uma montagem de dez transformadores em carga, alimentados a 230 Volts. Esta montagem foi colocada em estufa, sujeita a 500 ciclos de temperatura entre -10 °C e 80 °C, com tensão ON no primário dos transformadores durante as 2 primeiras horas, e tensão OFF nas 2 horas seguintes do ciclo.

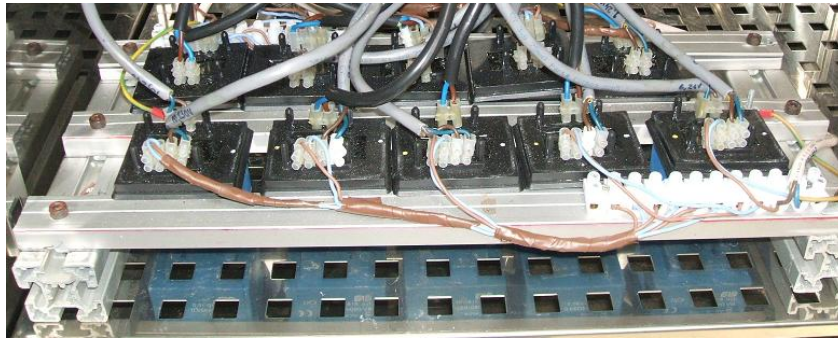


Figura 38. – Montagem do teste em estufa

A Tabela 7 descreve o procedimento de teste seguido e no Gráfico 6 é representado o ciclo realizado pela estufa.

Tabela 7- Tabela do procedimento seguido

Test 2	Temperature- and el. load- change test -10 to 80 °C, 500 changes cycle time about 4 hrs. minimum hold time at end temperature 0,25 hrs. nominal load according MOS voltage 0 / 230 VAC voltage ON during heating up and 80°C voltage OFF during cooling down and -10°C measurement at 100, 250, 500 changes	Quality of Connection between coil body and potting material	n>=10. Accept if: no failures, fully functional. Max. permitted drift of properties see table 2. Experience: Cracks in potting material, no connection between coil body and potting mat.
---------------	--	--	--

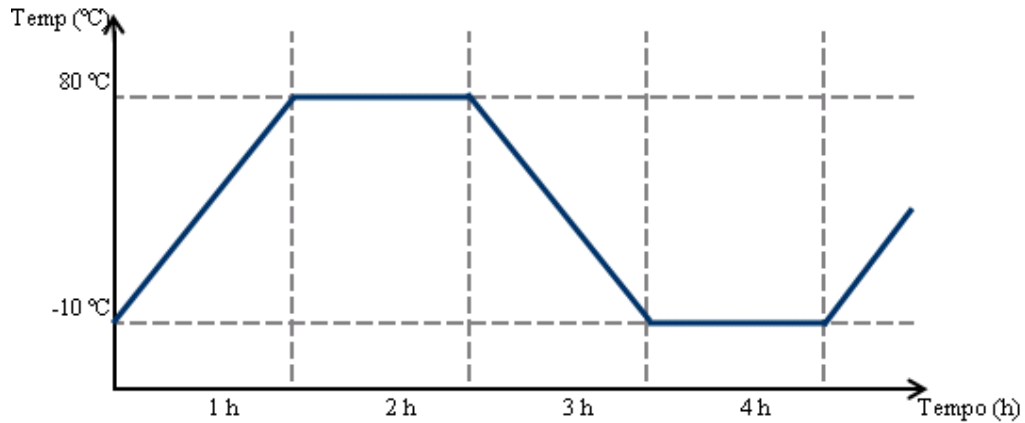


Gráfico 6 – Representação do ciclo de funcionamento da estufa

3.5.2 Motores Eléctricos

Utilizados com o objectivo de imprimir movimento aos mais variados mecanismos, os motores convertem as mais variadas formas de energias (consoante o tipo de motor utilizado) em energia mecânica.

No que respeita a motores eléctricos, eles transformam energia eléctrica para movimentar um determinado mecanismo. Podem funcionar em corrente contínua ou em corrente alternada e são de todos os motores os mais utilizados dado a sua versatilidade, limpeza e facilidade de comando.

Os modelos analisados são motores (Figura 39) destinados a caldeiras com a função de proceder a abertura ou fecho de válvulas de três vias (Figura 40) responsáveis pela transição entre aquecimento de águas sanitárias e de aquecimento central.



Figura 39 – Motor eléctrico de aplicação nas caldeira



Figura 40 – Válvula de Três Vias

Por aplicação no motor de tensão alternada 230 Vac nas entradas 1 e 3 ou 1 e 2 (Figura 41), o veio do motor fica recuado ou avançado e actua no veio da válvula de 3 vias, que abre respectivamente o circuito de aquecimento central ou o circuito de águas sanitárias

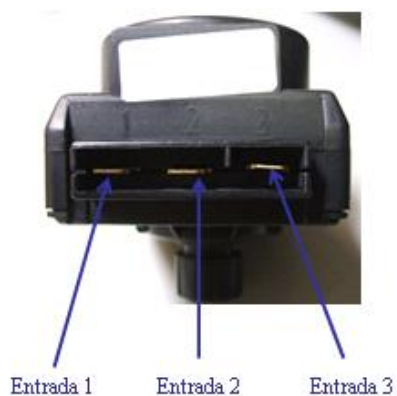


Figura 41 - Pormenor das entradas do Motor

Os motores e as válvulas de 3 vias foram sujeito a um teste de tempo de vida, sendo pretendido comprovar a sua fiabilidade ao fim de 250000 ciclos, o equivalente a 15 anos de vida. Durante o período de teste, os motores executaram a abertura e fecho das válvulas de três vias: durante 10 segundos a válvula estava aberta e durante 10 segundos estava fechada.

Na Figura 42 é mostrada montagem do teste de motores.

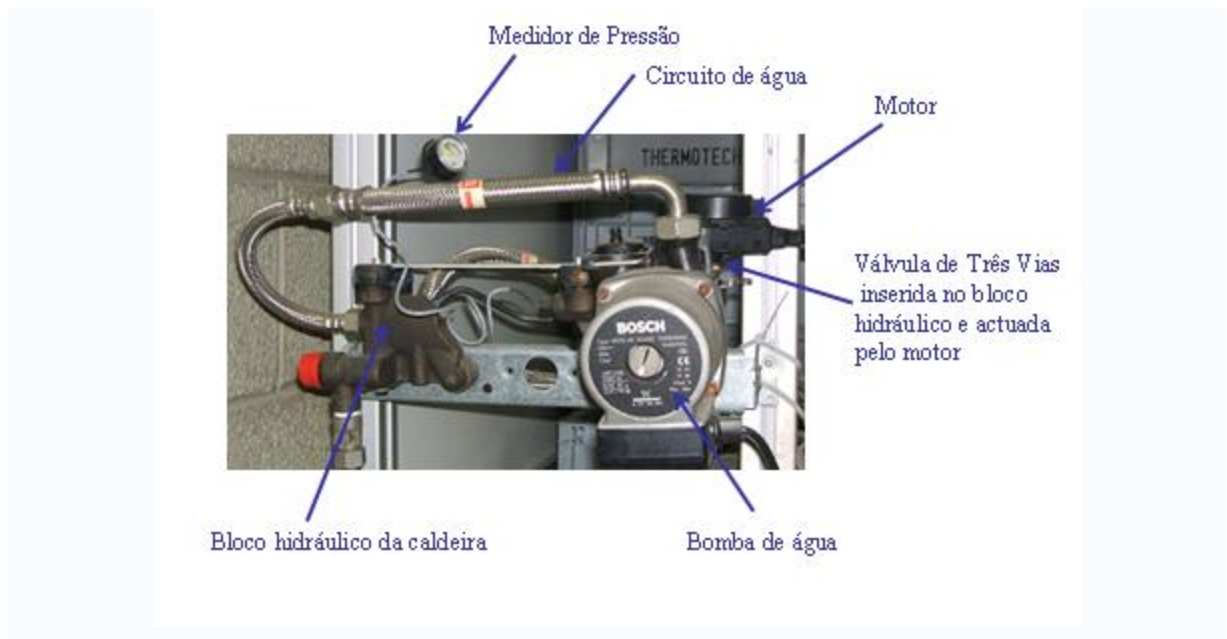


Figura 42 – Montagem de teste dos Motores

No início e fim do teste foi necessário caracterizar o veio das válvulas e dos motores quanto ao curso de movimento e quanto a força. Na figura seguinte é possível observar um “*template*” do software utilizado na medição da força necessária para fazer a deslocação do veio das válvulas ou dos motores.

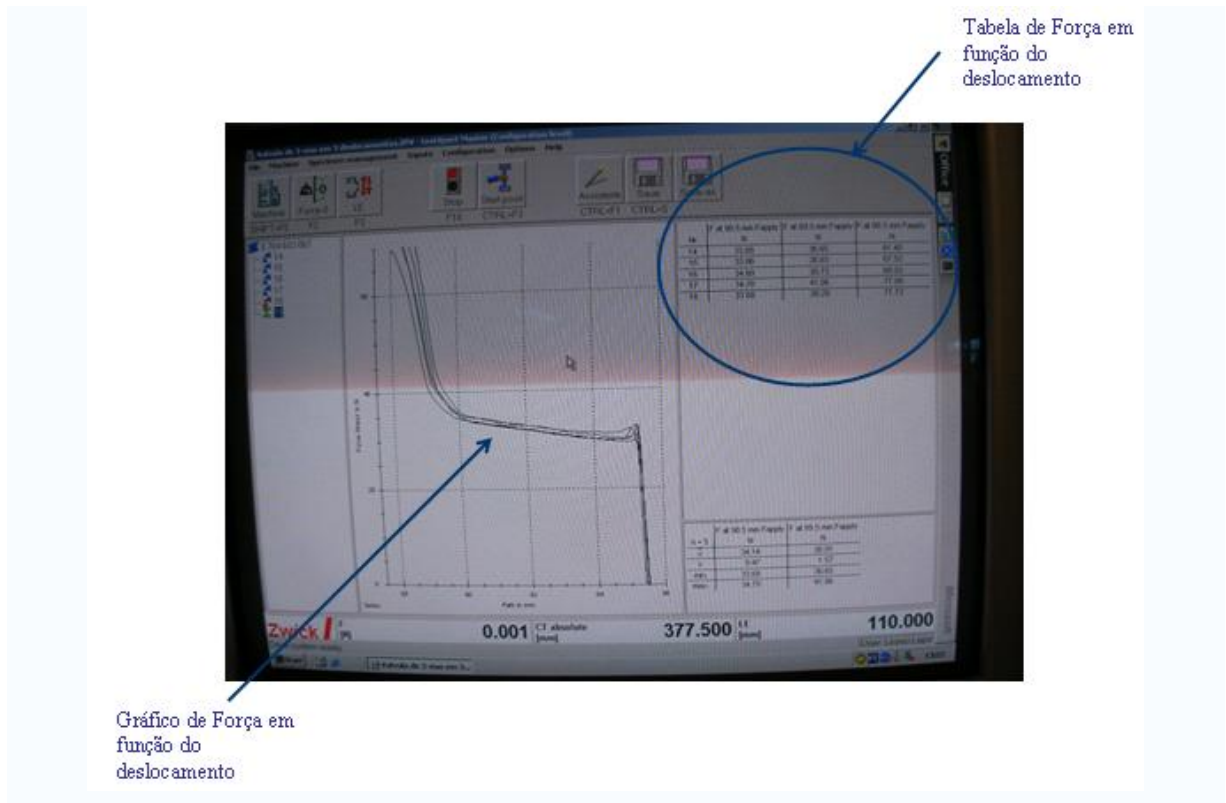


Figura 43 – Programa de medição do deslocamento e força do veio do motor e da válvula

Para a montagem deste teste, foi necessária a preparação de um temporizador de forma a controlar o ciclo de teste descrito anteriormente.

Temporizadores ou timers

Dispositivo capaz de medir tempos, este tipo de componente é utilizado nas mais diversas aplicações, contabilizando tempo e/ou controlando sequências num determinado circuito de controlo.

Existe no mercado uma vasta gama de temporizadores podendo estes ser mecânicos, electromecânicos, digitais ou programas em computadores.

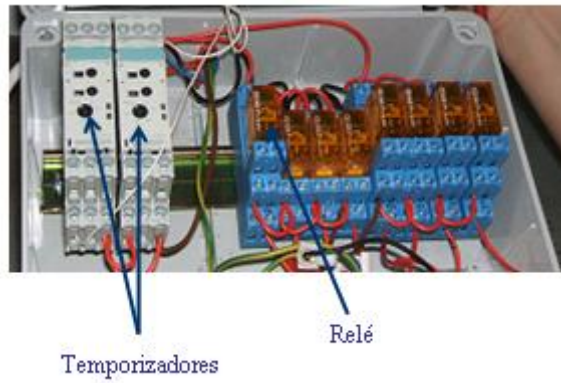


Figura 44.-Montagem dos temporizadores e relés de accionamento dos motores

Neste teste recorreu-se ao uso de temporizadores (Figura 44) uma vez que estes são de fácil implementação e cumprem em pleno as necessidades inerentes a este teste.

Um temporizador controlava o tempo de ciclo, 10 segundos tensão 230 Vac nos entrada 1 e 3 dos motores (aquecimento central) e 10 segundos tensão 230 Vac nos entrada 1 e 2 dos motores (águas sanitárias). O Gráfico 7 é uma representação simples do ciclo a que são sujeitos os motores.

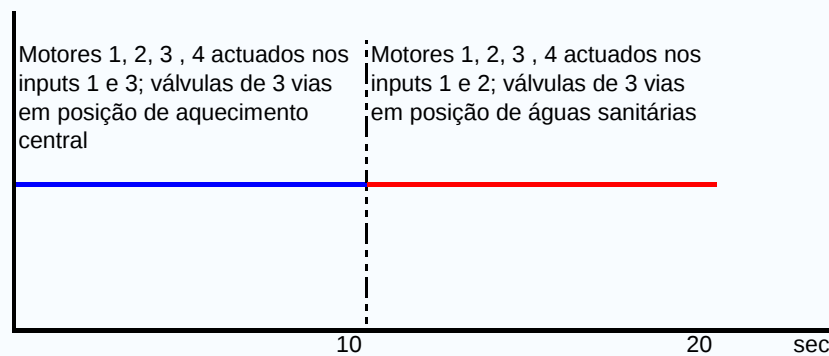


Gráfico 7 – Gráfico de actuação dos Motores

Nota: foram utilizados relés actuados pelo temporizador, para os sinais de alimentação as entradas dos motores estarem separados uns dos outros.

Um segundo temporizador actuava 1 contador, para a contagem dos ciclos.

3.5.3 Pressostatos

Os pressostatos são sensores de pressão do tipo On-Off. Este tipo de dispositivo, no esquentador, pertence ao grupo dos dispositivos de segurança e têm como função detectar variações no nível de pressão convertendo uma alteração num sinal digital.

Eles são utilizados nos esquentadores de exaustão forçada, instalados junto ao ventilador e à chaminé.

No caso dos equipamentos a gás de exaustão forçada, para que estes entrem em funcionamento é necessário que o contacto do pressostato se encontre fechado dando sinal à electrónica que o ventilador se encontra em funcionamento.

Sempre que a posição o interruptor do pressostato é aberta, a electrónica fecha imediatamente a válvula de gás.

Em termos construtivos, o pressostato é constituído por dois canais de ligação, que estão por sua vez ligados a duas câmaras separadas por uma membrana. Para além disso possuem um micro-interruptor contido numa cápsula de vidro e um estilete que faz abrir ou fechar o contacto do interruptor. Os pressostatos possuem ainda um parafuso de ajuste, com o intuito de fazer a regulação do ponto de abertura e fecho do interruptor, contudo este parafuso regulador vem selado pelo fornecedor.

Na Figura 45 é possível observar os esquemas do pressostato para o estado ON e para o estado OFF.

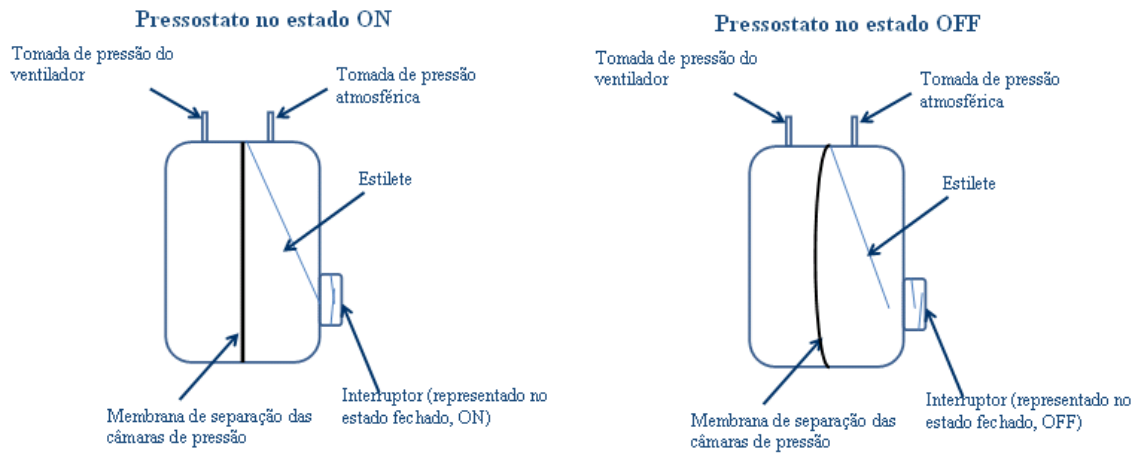


Figura 45.- Esquema do Pressostato

Como se pode pelo esquema, o interruptor abre sempre que a pressão atmosférica é superior ao valor de pressão do ventilador.

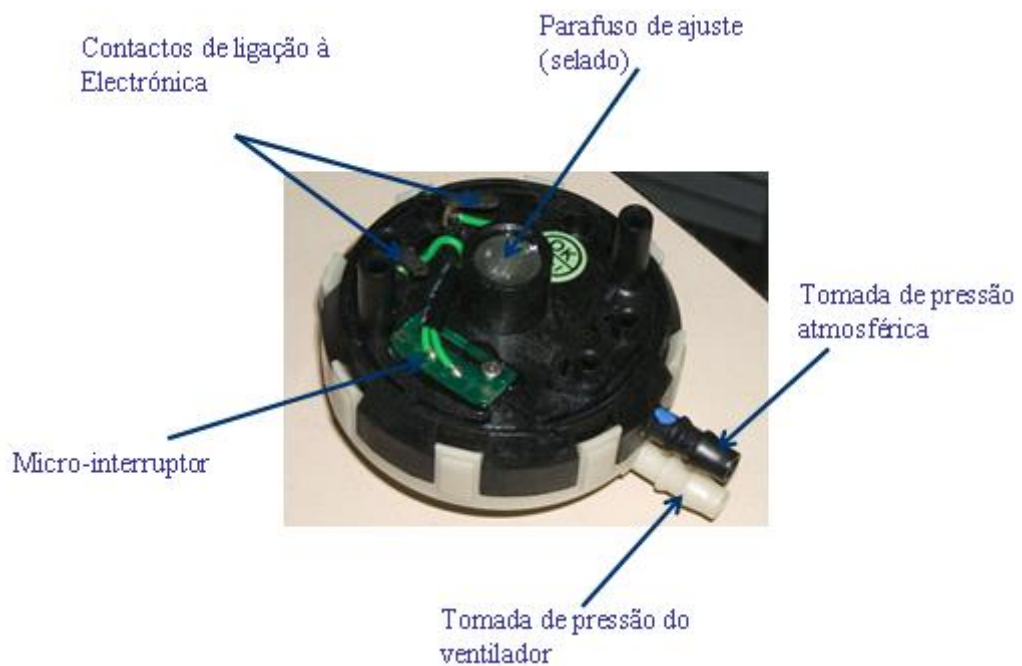


Figura 46.- Pressostato

Atendendo ao esquema da Figura 45, o canal do lado esquerdo do pressostato vai estar ligado ao ventilador através de um venturi. O lado direito está ligado a chaminé do aparelho a gás. No normal funcionamento do equipamento a pressão na câmara da esquerda vai ser maior que na câmara da direita, nesta posição o estilete é comprimido e o contacto do interruptor encontra-se no estado fechado devido às forças electromagnéticas existentes entre o estilete e o interruptor, deixando passar corrente para a electrónica.

Sempre que por algum motivo a exaustão dos gases de combustão é impedida, a pressão no interior da câmara da direita vai subir, obrigando a membrana a deslocar-se para a esquerda, libertando o estilete que deixa de exercer magnetismo sobre o interruptor este abre. Interrompida a passagem de corrente, a electrónica fecha imediatamente a válvula de gás

No que diz respeito a análise de fiabilidade deste componente, a MOS define uma caracterização inicial do componente que consiste na avaliação da pressão de abertura e fecho do interruptor, através de pressurização e despressurização da câmara ligada ao ventilador e posterior medição da resistência eléctrica do interruptor quando fechado.

Caracterizado o componente, este é submetido a ciclos de pressurização e despressurização capazes de fazer a abertura e fecho do interruptor. Nas figuras seguintes observa-se o equipamento de teste concebido para a execução dos ciclos e de seguida é apresentado o gráfico explicativo dos ciclos a que os pressostatos são sujeitos.

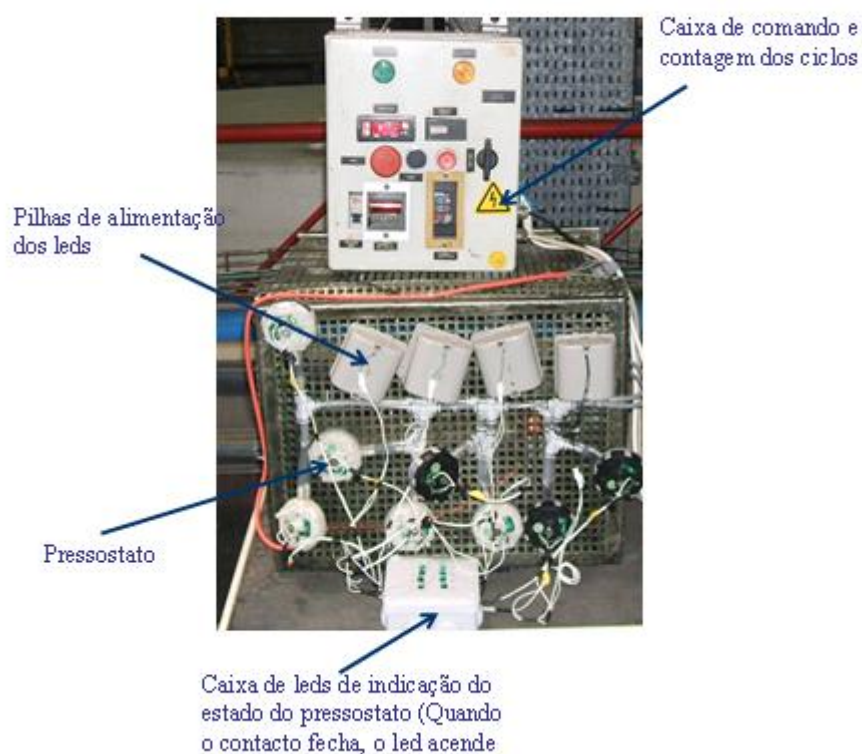


Figura 47.- Montagem de teste dos Pressostatos



$R (\Omega)$ - resistência entre contactos eléctricos pressostato

Gráfico 8 – Descrição do ciclo de actuação dos Pressostatos

Após serem completados 250000 ciclos, o correspondente a 15 anos de vida, eles são caracterizados novamente de forma idêntica à inicial com o objectivo de verificar se as suas características se mantêm dentro da tolerância definida pela MOS.

3.5.4 Microswitches

Os Microswitches (Figura 48 e Figura 49) são dispositivos destinados a detecção de fluxo, ou seja, no caso da aplicação em esquentadores e caldeiras, eles detectam a passagem ou não de água.

Sendo um dispositivo do tipo normalmente fechado, este é accionado pela passagem de água, que empurra o êmbolo, fazendo actuar um micro-interruptor.

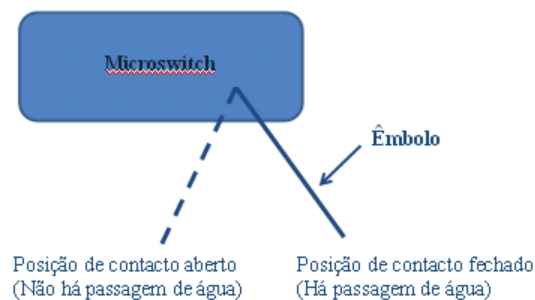


Figura 48 – Esquema do Microswtich



Figura 49 - Microswitch

Quando o esquentador é percorrido por água, o contacto do microswitch é accionado, é dado sinal a placa electrónica que os restantes componentes podem entrar em funcionamento.

O procedimento de teste a que foram sujeitos os microswitches consistiu em fazer uma caracterização da resistência do microswitch quando actuado. Após a caracterização, os microswitch são colocados num dispositivo (Figura 50) projectado para fazer a activação cíclica destes dispositivos empurrando o êmbolo para a posição de fechado. Após serem activados/desactivados 250000 vezes, a resistência do microswitch é novamente avaliada.

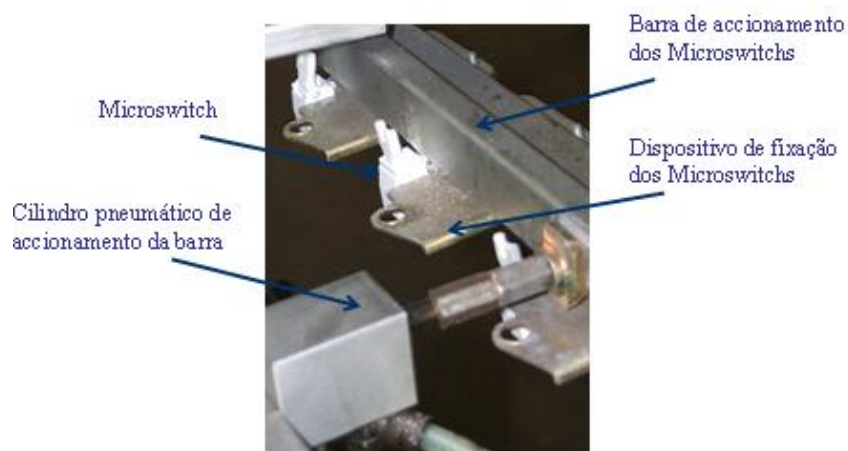
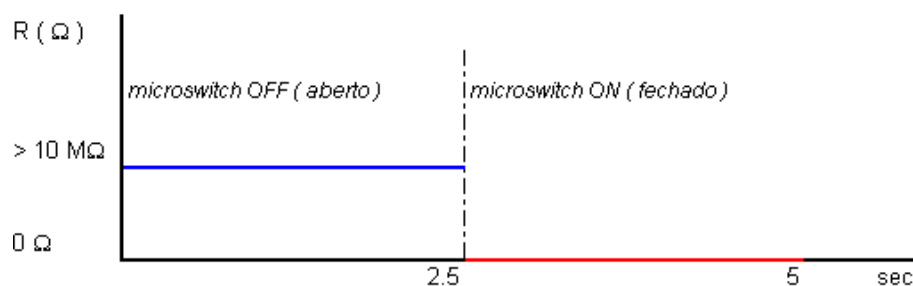


Figura 50 – Mecanismo de actuação do Microswitch

No Gráfico 9 é descrito o ciclo de actuação do microswitchs.



$R (\Omega)$ - resistência entre contactos eléctricos do microswitch

Gráfico 9 – Gráfico do ciclo de actuação do Microswitch

3.5.5 Tampa do Automático de Gás

O automático de gás é um componente complexo, responsável por fazer a admissão de gás para o queimador, regulando a quantidade necessária à queima, com o objectivo de obter a temperatura da água desejada pelo utilizador.

Estes componentes têm de ser estanques e uma vez que são accionados electronicamente é necessário garantir determinadas características eléctricas.

Uma parte importante do automático de gás é a tampa (Figura 51) onde se encontram as válvulas piloto e principal, como se pode observar na figura seguinte.

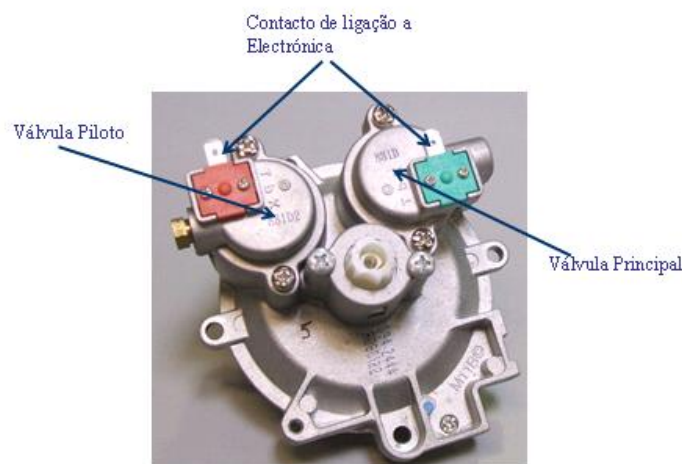


Figura 51 – Tampa da Válvula de Gás

Como já foi referido anteriormente a válvula piloto é responsável por alimentar o esquentador aquando da ignição. Esta válvula é normalmente aberta ao contrário da válvula principal que é normalmente fechada.

Caracterizaram-se 25 tampas de gás que foram posteriormente montadas em esquentadores e estão em funcionamento. No fim do tempo de vida destes esquentadores, as tampas voltarão a ser caracterizadas.

A caracterização envolveu teste eléctrico e teste de estanquidade. Na tabela seguinte é possível observar as condições consideradas para a caracterização, definidas na MOS para válvulas de gás.

Tabela 8 – Descrição do teste efectuado as Tampas da Válvula de Gás

	Válvula Piloto	Válvula Servo	Tensão da alimentação da Válvula Piloto (Vdc)	Tensão da alimentação da Servo (Vdc)	Valor da taxa de fuga inferior à taxa de fuga máxima permitida (36 cc/min)?
Medição Resistência	Aberto	Fechado	0	0	-----
Teste estanquidade à pressão de 150 mbar	Aberto	Fechado	0	0	Sim
Teste estanquidade à pressão de 10 mbar	Aberto	Fechado	0	0	Sim
Teste estanquidade à pressão de 10 mbar	Aberto	Fechado	0	0	Sim
Teste estanquidade à pressão de 50 mbar	Fechado	Aberto	0.8	0.8	Sim

Na figura seguinte é apresentado o equipamento utilizado no teste das tampas das válvulas.

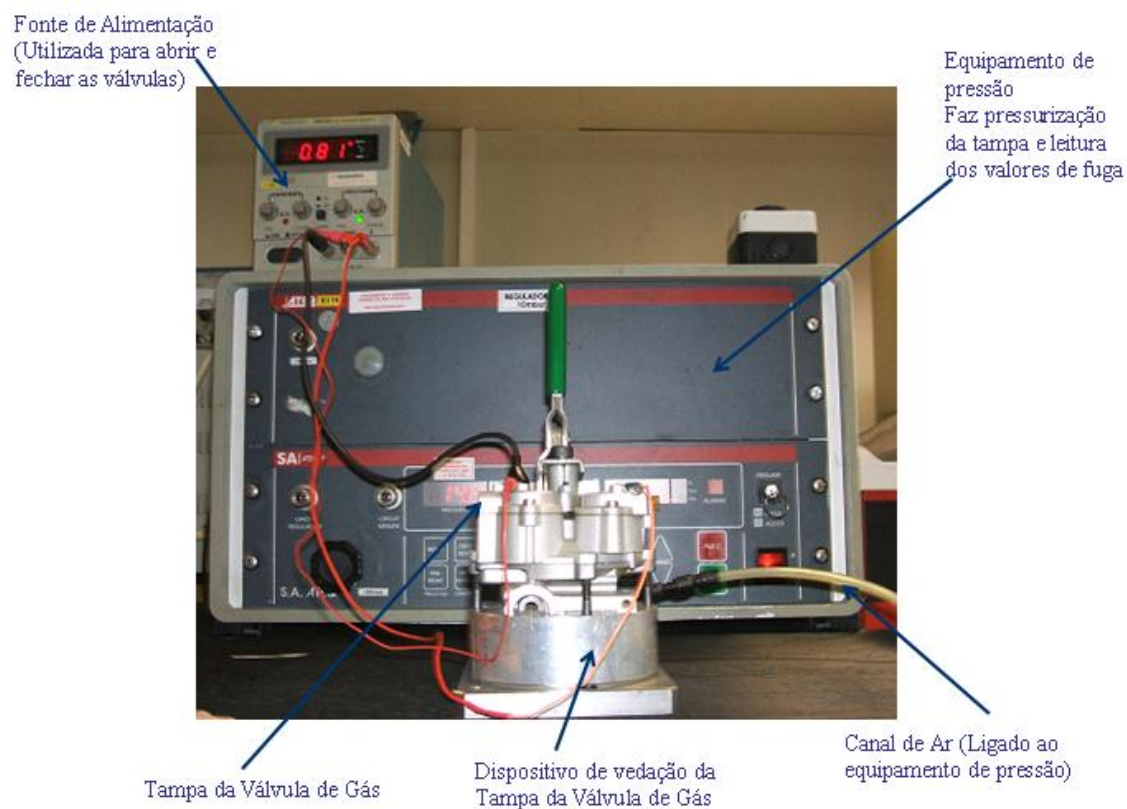


Figura 52 – Equipamento utilizado na caracterização das Tampas da Válvula de Gás

4 Resultados

No capítulo anterior foi feita uma descrição dos componentes analisados, os testes realizados e as motivações de cada teste.

Na presente secção de texto, serão apresentados os resultados obtidos depois de fazer uma referência ao que era esperado.

Como já referido anteriormente, nesta secção constam apenas resultados relativos aos testes executados com NTC's, AGU's e HDG's.

4.1 NTC's – Negative Temperature Coefficient

4.1.1 NTC's de contacto

Com base em análises anteriores ao início deste projecto que concluíram a necessidade de intervenção a nível da montagem destes componentes, surgiu a possibilidade de implementar o uso da pasta térmica como forma de melhorar o comportamento destes componentes, protegendo-os ao mesmo tempo da corrosão.

Logo após o início do Projecto em Ambiente Industrial, ficou a cargo da aluna a realização de testes para verificação da existência ou não de melhorias de performance dos NTC's quando era utilizada pasta térmica.

No capítulo 3 foi referido que para concluir quanto aos benefícios da pasta térmica apenas foi realizado o teste de resistência à água uma vez que de todos os testes presentes na MOS, este é o mais agressivo e o mais adequado a avaliar a função da pasta térmica. A realização deste teste surgiu durante a realização do FMEA na qual a aluna teve oportunidade de participar visto ser o elemento da equipa que melhor conhecia os detalhes da realização deste teste em particular.

As três ilustrações seguintes têm como objectivo dar uma pequena ideia da agressividade do teste, mostrando a formação de corrosão.



Figura 53 - Estado dos NTC's de contacto ao fim do primeiro dia de teste (ao fim de 5 horas)

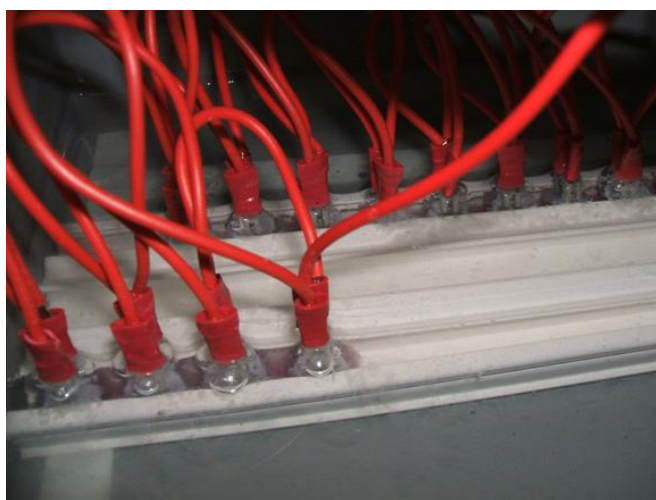


Figura 54 - Estado dos NTC's de contacto ao fim de 4 dias

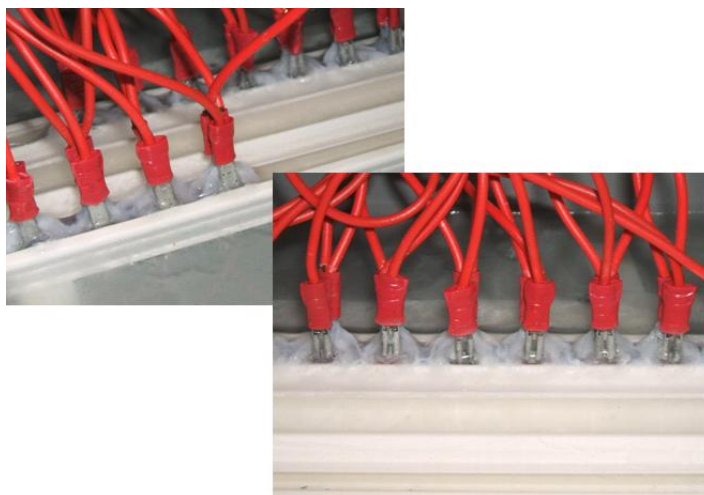


Figura 55 – Estado dos NTC's de contacto ao fim de 7 dias

Para a obtenção de resultado significativos foram testados 50 NTC's, segundo o plano já descrito no capítulo 3. Na tabela seguinte é apresentado um resumo dos resultados encontrados.

Tabela 9 – Resumo de resultados dos NTC's de Contacto

	NTC's testados	NTC's destruídos pelo teste	NTC's Funcionais	NTC's dentro de especificação
NTc's sem pasta térmica	25	2	21	20
NTc's com pasta térmica	25	0	25	25

Na tabela são considerados NTC's destruídos, todos aqueles que devido a corrosão de alguma forma partiram os contactos de ligação a electrónica como se vê no exemplo da Figura 56).

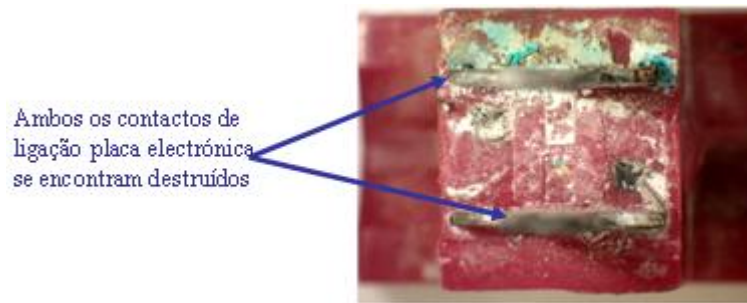


Figura 56. – Exemplo de NTC com contactos partidos

A figura anterior mostra uma situação de clara destruição dos contactos, devido a corrosão electroquímica.

Os NTC's funcionais são todos aqueles a que foi possível ler uma resistência diferente de infinito. Os restantes, apesar de ser possível ler um valor de resistência, esta nem sempre se encontrava dentro dos valores de tolerância.

No Gráfico 10 observa-se a distribuição dos valores de resistência lidos para os NTC's de Contacto testados com pasta térmica, é possível observar que todos se encontram dentro dos limites (a vermelho).

No Gráfico 11 observa-se a distribuição das resistências lidas para os NTC's sem pasta térmica. Não é possível no gráfico detectar a existência de NTC's destruídos ou não funcionais, mas (a roxo) observa-se o NTC fora de especificação.

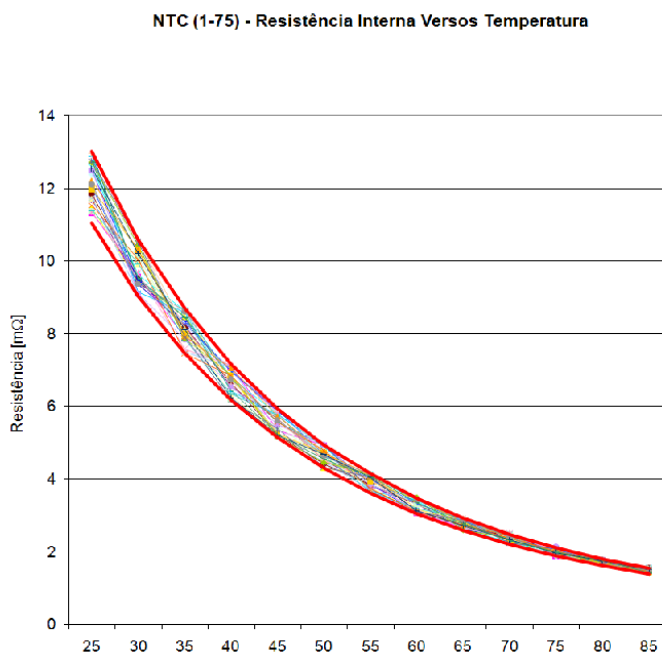


Gráfico 10 – Distribuição do valores de resitência obtidos para os NTC's de Contacto com Pasta Térmica

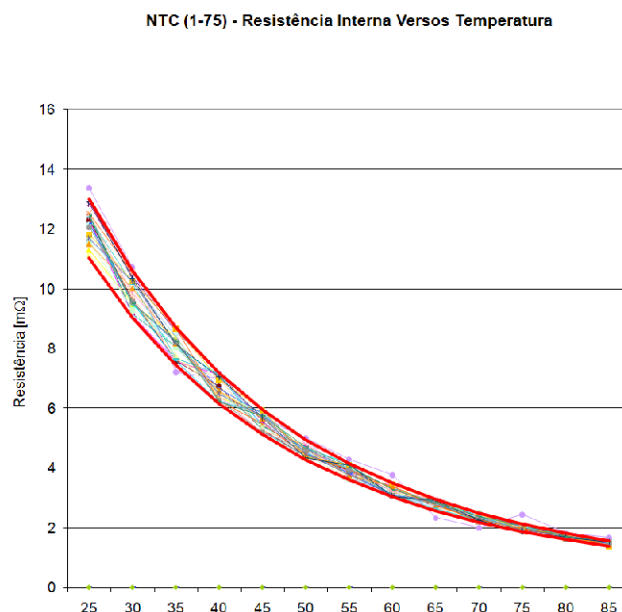


Gráfico 11 - Distribuição do valores de resitência obtidos para os NTC's de Contacto sem Pasta Térmica

4.1.2 NTC's de imersão

Antes de qualquer outro comentário é de referir que a aluna, apesar de ter iniciado o teste, não teve oportunidade de o concluir uma vez que o planeamento de execução vai terminar após a conclusão do projecto. No entanto, tendo em conta os resultados obtidos na análise intermédia, foi possível ter uma ideia do comportamento dos componentes (Tabela 10).

Tabela 10 – Planeamento do teste em dias e em número de ciclos

Teste ciclico - NTC's de imersão	Início do teste	Teste intermédio	Fim do teste
Data	13-03-2008	03-06-2008	13-07-2008
Número de Ciclos	0	150000	300000

Com o intuito de conseguir produtos de grande qualidade, aos preços mais competitivos, a BOSCH Termotecnologia está em constante procura de oportunidade de melhoria dos seus componentes. Trabalhando sempre por manter um leque de fornecedores credíveis e competentes para cada um dos componentes que implementa nos seus esquentadores. O estudo destes componentes foi reflexo dessa procura.

Com esta análise esperava-se comprovar a qualidade dos componentes, abrindo uma porta ao estabelecimento de relações comerciais com os novos fornecedores.

Com base nos resultados obtidos na primeira análise dos NTC's de imersão, no banho termoestático, foi possível verificar que os valores obtidos (Tabela 11) correspondem quase em 100% aos valores esperados, ou seja, os valores de resistência registados encontravam-se dentro dos valores de tolerância definida pela tabela seguinte.

Tabela 11 – Tabela padrão do comportamento dos AGU's de Imersão (Tabela retirada da MOS de NTC's de Contacto)

TEMP	R nom	R min	R max	-R % Tol.	+R %Tol.	+Temp.Tol.	-Temp.Tol.
0	36417.6	35754.5	37089.3	-1.82	1.84	0.38	-0.39
5	28768.9	28295.1	29247.8	-1.65	1.66	0.35	-0.36
10	22890.3	22551.9	23231.4	-1.48	1.49	0.33	-0.33
15	18338.1	18097.1	18580.5	-1.31	1.32	0.30	-0.30
20	14787.9	14617.1	14959.2	-1.15	1.16	0.27	-0.27
25	12000.0	11880.0	12120.0	-1.00	1.00	0.24	-0.24
30	9796.4	9683.7	9909.4	-1.15	1.15	0.29	-0.29
35	8043.6	7939.3	8148.5	-1.30	1.30	0.33	-0.34
40	6641.0	6545.5	6737.2	-1.44	1.45	0.38	-0.38
45	5512.1	5425.2	5599.8	-1.58	1.59	0.43	-0.43
50	4598.3	4519.7	4677.8	-1.71	1.73	0.48	-0.48
55	3854.8	3783.9	3926.7	-1.84	1.86	0.53	-0.54
60	3246.7	3182.9	3311.5	-1.97	2.00	0.58	-0.59
65	2746.9	2689.5	2805.2	-2.09	2.12	0.63	-0.64
70	2334.1	2282.5	2386.5	-2.21	2.25	0.69	-0.70
75	1991.6	1945.3	2038.8	-2.32	2.37	0.74	-0.76
80	1706.2	1664.6	1748.6	-2.44	2.49	0.80	-0.81
85	1467.3	1429.9	1505.5	-2.55	2.60	0.86	-0.87
90	1266.6	1233.0	1301.0	-2.66	2.72	0.91	-0.94
95	1097.3	1067.0	1128.3	-2.76	2.83	0.97	-1.00
100	953.9	926.6	981.9	-2.86	2.94	1.03	-1.06
105	832.0	807.4	857.3	-2.96	3.04	1.10	-1.13
110	728.0	705.7	750.9	-3.06	3.15	1.16	-1.19
115	639.0	618.9	659.8	-3.15	3.25	1.22	-1.26
120	562.6	544.3	581.4	-3.25	3.34	1.29	-1.33
125	496.7	480.2	513.8	-3.34	3.44	1.36	-1.40
130	439.8	424.7	455.4	-3.42	3.54	1.42	-1.47
135	390.5	376.8	404.6	-3.51	3.63	1.49	-1.54
140	347.6	335.1	360.5	-3.60	3.72	1.56	-1.62
145	310.2	298.8	322.0	-3.68	3.81	1.63	-1.69
150	277.5	267.1	288.3	-3.76	3.89	1.71	-1.77

A tabela anterior serviu de comparação com os resultados obtidos na primeira leitura de resistências.

Na tabela seguinte é possível observar os primeiros resultados obtidos e verificar que apenas três leituras se encontram fora de especificação.

Os valores de resistência encontrados para a de temperatura de 84 °C, foram comparados com tolerâncias obtidas por interpolação da tabela de valores padrão.

Tabela 12 – Resultados da primeira caracterização dos NTC's de Imersão

Amostra		Temperatura									
		25°C	Dentro de Tolerância?	45°C	Dentro de Tolerância?	75°C	Dentro de Tolerância?	80°C	Dentro de Tolerância?	84°C	Dentro de Tolerância?
1	NTC's de comparação, Fornecedor actual	11985	Sim	5482	Sim	1997	Sim	1685	Sim	1549	Sim
2		12003	Sim	5537	Sim	2010	Sim	1711	Sim	1536	Sim
3		11881	Sim	5492	Sim	2017	Sim	1705	Sim	1503	Sim
4		11997	Sim	5535	Sim	1983	Sim	1709	Sim	1495	Sim
5	NTC's novos, Fornecedor 1	12084	Sim	5513	Sim	1953	Sim	1693	Sim	1482	Sim
6		11939	Sim	5544	Sim	1973	Sim	1701	Sim	1506	Sim
7		12101	Sim	5436	Sim	1952	Sim	1679	Sim	1486	Sim
8		12107	Sim	5485	Sim	1968	Sim	1693	Sim	1497	Sim
9		12119	Sim	5534	Sim	1955	Sim	1683	Sim	1558	Não
10		12078	Sim	5465	Sim	1949	Sim	1678	Sim	1521	Sim
11		12051	Sim	5467	Sim	1942	Não	1675	Sim	1499	Sim
12		12053	Sim	5452	Sim	1977	Sim	1682	Sim	1517	Sim
13	NTC's novos, Fornecedor 2	12057	Sim	5453	Sim	1989	Sim	1673	Sim	1477	Sim
14		12052	Sim	5469	Sim	1946	Sim	1712	Sim	1486	Sim
15		12068	Sim	5467	Sim	1972	Sim	1666	Sim	1479	Sim
16		12076	Sim	5456	Sim	2015	Sim	1688	Sim	1471	Não
17		12079	Sim	5453	Sim	1949	Sim	1674	Sim	1491	Sim
18		12072	Sim	5461	Sim	1953	Sim	1738	Sim	1481	Sim
19		12083	Sim	5480	Sim	1987	Sim	1690	Sim	1536	Sim
20		12068	Sim	5472	Sim	1964	Sim	1703	Sim	1476	Sim

Na tabela que se segue são apresentados os resultados da análise intermédia feita aos NTC's ao fim de 150000 ciclos. Esta observação foi feita directamente no dispositivo de teste.

Uma vez que não existe uma estabilidade de temperatura no dispositivo de teste, como existe no banho termoestático, nesta tabela também são apresentados os valores de temperatura lidos para cada momento com o auxílio de um termopar calibrado.

Tabela 13 – Resultados da caracterização intermédios dos NTC's de Imersão

Amostra		Temperatura					
		Temperatura (°C) (9 °C - 11 °C)	Resistência (Ω)	Dentro de Tolerância?	Temperatura (°C) (84 °C - 88 °C)	Resistência (Ω)	Dentro de Tolerância?
1	NTC's de compara ção, Fornece	9.6	23454	Sim	84.7	1467	Sim
2		10.1	22857	Sim	86.0	1393	Sim
3		10.4	22453	Sim	87.7	1376	Sim
4		10.1	22820	Sim	85.2	1455	Sim
5	NTC's novos, Fornece dor 1	10.0	22550	Sim	84.5	1502	Não
6		9.6	23526	Sim	85.3	1466	Sim
7		9.2	23860	Sim	87.3	1385	Sim
8		10.3	22657	Sim	84.8	1452	Sim
9		9.0	24175	Sim	84.2	1510	Sim
10		10.3	22755	Sim	85.2	1463	Sim
11		9.0	23995	Sim	87.0	1381	Sim
12		9.8	23404	Sim	87.1	1406	Sim
13	NTC's novos, Fornece dor 2	10.2	22801	Sim	87.9	1347	Sim
14		10.2	22375	Sim	86.4	1385	Sim
15		10.4	22541	Sim	85.7	1470	Sim
16		9.4	23770	Sim	84.6	1495	Sim
17		10.2	22372	Sim	85.1	1484	Sim
18		10.5	22709	Sim	85.9	1455	Sim
19		10.3	22874	Sim	87.3	1336	Sim
20		9.3	23735	Sim	86.3	1424	Sim

Mais uma vez os valores de resistência, para as temperaturas indicadas, foram interpolados da tabela padrão e os resultados obtidos apresentavam-se dentro das tolerâncias estabelecidas com a excepção de uma resistência lida à temperatura de aproximadamente 84° C.

Na última a análise a realizar a estes NTC's, espera-se que se mantenham os mesmos resultados positivos obtidos até a fase intermédia da análise.

4.2 AGU's – Termóstato Bimetálico

Para inferir quanto a possibilidade do teste de linha ser alterado, foram analisados um total de 30 sensores, tendo sido seleccionados amostras de 5 sensores de cada referência utilizada pela BOSCH. Cada referência varia em valor nominal de temperatura de abertura do sensor.

Na tabela que se segue é apresentado um resumo dos resultados obtidos para cada amostra de cada temperatura nominal.

Tabela 14 – Resumo de resultados obtidos para cada referência de AGU's

Temperatura nominal de abertura (°C) do sensor	Máxima resistência medida, antes do teste, está dentro da tolerância?	Amostras	Temperatura seleccionada no regulador do ferro de soldar	Máxima resistência medida, depois do teste, está dentro da tolerância?	O sensor ficou funcional depois do teste de stress térmico?	São detectados estragos no sensor quanto observados ao microscópio?
65	Sim	de 1 a 5	260 °C	Sim	Sim	Não foram detectados estragos
140	Sim	de 6 a 10	260 °C	Sim	Sim	
120	Sim	de 11 a 15	260 °C	Sim	Sim	
110	Sim	de 16 a 20	260 °C	Sim	Sim	
130	Sim	de 21 a 25	260 °C	Sim	Sim	
100	Sim	de 26 a 30	260 °C	Sim	Sim	

O mais importante a considerar neste teste são os factos de as resistências internas se terem mantido depois dos testes submetidos, e quando analisados ao microscópio não foram detectadas quaisquer alterações à forma normal do termóstato bimetalico.

Na tabela seguinte são apresentados os valores de temperatura de abertura do sensor, quando testados em estufa.

Tabela 15 – Resultados do comportamento dos AGU's em estufa após o aquecimento prolongado com o protótipo

Amostra	Temperatura Nominal (°C)	Teste em estufa- Temperatura de abertura	Dentro de especificação?	Teste em estufa- Temperatura de fecho	Dentro de especificação?
1	65 °C	68.4	Sim	52.2	Sim
2		68	Sim	52.1	Sim
3		68.4	Sim	50.9	Sim
4		67.2	Sim	51.2	Sim
5		67.7	Sim	53.3	Sim
6	140 °C	143.3	Sim	123.4	Sim
7		143.3	Sim	123.6	Sim
8		143.4	Sim	123.9	Sim
9		142.8	Sim	123.7	Sim
10		143.3	Sim	123.9	Sim
11	120 °C	123.8	Sim	106.4	Sim
12		123.4	Sim	106.4	Sim
13		123.2	Sim	106.4	Sim
14		123.3	Sim	106.9	Sim
15		123.4	Sim	104.9	Sim
16	110 °C	113.3	Sim	93.9	Sim
17		113.4	Sim	93.6	Sim
18		113.3	Sim	93.9	Sim
19		113.3	Sim	93.8	Sim
20		113.3	Sim	93.9	Sim
21	130 °C	133.9	Sim	113.9	Sim
22		133.9	Sim	113.8	Sim
23		133.4	Sim	113.8	Sim
24		133.3	Sim	113.7	Sim
25		133.8	Sim	113.9	Sim
26	100 °C	103.7	Sim	85.1	Sim
27		103.3	Sim	84.5	Sim
28		103.6	Sim	85.5	Sim
29		103.6	Sim	84.6	Sim
30		101.5	Sim	84.8	Sim

Este teste foi realizado após terem sido submetidos ao aquecimento prolongado (mais de três horas) com o protótipo de teste dos AGU's a ser implementado na linha de montagem.

Como se pode ter ver pela tabela, todos os sensores abriram/fecharam a temperaturas que respeitam as tolerâncias, sendo que as tolerâncias consideradas estão patentes na MOS de AGU e seguem a seguinte regra:

$$\text{Temperatura de Abertura (°C)} = \text{Temperatura Nominal do Sensor (°C)} \pm 4 \text{ °C}$$

$$\text{Temperatura de Fecho (°C)} = \text{Temperatura Nominal do Sensor (°C)} - 15 \text{ °C} \pm 4 \text{ °C}$$

4.3 HDG's – Hidrogeradores

A principal contribuição da análise de HDG's para este trabalho prendeu-se com o Cálculo de Incertezas inerente a medição de grandezas relativas aos HDG's.

Atendendo ao facto dos dois tipos de HDG's terem características diferentes foi calculada a incerteza para cada um dos casos.

4.3.1 HDG comercializado

Este HDG, trata-se de um componente mais simples uma vez que apenas possui magnete. Assim sendo, foram analisadas as incertezas associadas às leituras de voltagem e corrente alternada e frequência.

Nesta situação, foi calculada também a incerteza associada às medições do caudalímetro.

A Tabela 16 resume as incertezas consideradas que contribuíram para a determinação da incerteza máxima para cada variável do HDG.

Tabela 16 – Incerteza associada ao magnete

	Equipamento	Contribuição da Incerteza			Incerteza Calculada
Tipo de Incerteza		Tipo A	Tipo B		
Distribuição			Rectangular	Rectangular	
		Número de Medições Efectuadas	∞	∞	
Graus de Liberdade					
Coeficiente de Sensibilidade		1	1	1	
K					
Variáveis do Magnete (Energia de alimentação):					
Tensão (Vac)	Keithley 2750	Repetibilidade = Desvio Padrão / SQRT (Nº Leituras)	Erro Máximo Admissível do Fabricante / SQRT (3)	Resolução / SQRT (3)	u_c
Frequência (Hz)		Repetibilidade = Desvio Padrão / SQRT (Nº Leituras)	Erro Máximo Admissível do Fabricante / SQRT (3)	Resolução / SQRT (3)	u_c
Currente(Aac)		Repetibilidade = Desvio Padrão / SQRT (Nº Leituras)	Erro Máximo Admissível do Fabricante / SQRT (3)	Resolução / SQRT (3)	u_c

Tabela 17 – Incerteza das medições de corrente em função de caudal obtidas pelo Keithley

	Equipamento	Contribuição da Incerteza		
Tipo de Incerteza		Tipo A	Tipo B	
Distribuição			Rectangular	Rectangular
Graus de Liberdade		Número de Medições Efectuadas	∞	∞
Coefficiente de Sensibilidade		1,5601	1,5601	1,5601
K				
Variáveis do Magnete (Energia de alimentação):				
Caudal (l/min) = c * corrente (mAac), onde c = coeficiente sensibilidade = dQ / dI ((l/min) / (mAac)), onde Q = caudal (l/min) e I = corrente do caudalímetro (mA)	Keithley 2750	Repetibilidade = Desvio Padrão / SQRT (Nº Leituras)	Erro Máximo Admissível do Fabricante / SQRT (3)	Resolução / SQRT (3)

Tabela 18 – Incertezas associadas à medição de caudal através do caudalímetro

	Equipamento	Contribuição da Incerteza					Incerteza Calculada
Tipo de Incerteza		Tipo A	Tipo B				
Distribuição			Rectangular	Rectangular	Normal	Normal	
Graus de Liberdade		Número de Medições Efectuadas	∞	∞	50	50	
Coefficiente de Sensibilidade		1,5601	1,5601	1,5601	1,5601	1,5601	
K					2	2	
Variáveis do caudalímetro							
Caudal (l/min) = c * corrente (mAac), onde c = coeficiente sensibilidade = dQ / dI ((l/min) / (mAac)), onde Q = caudal (l/min) e I = corrente do caudalímetro (mA)	Caudalímetro Endress Hauser Promac 53B	c*repetibilidade = c*desvio padrão / sqrt (nº leituras) - não considerei porque considerei a oscilação máxima da corrente e do caudal	erro máximo admissível do fabricante / sqrt (3)	resolução / sqrt (3)	erro OAC = Oscilação máxima do caudal a partir da oscilação máxima da corrente (mA) = dQ/dAc * OAC / 6 = c * OAC / 2	erro OA = Oscilação máxima do Caudal (l/min) / 2	u_c

A incerteza associada ao caudal é calculada pela soma das contribuições da Tabela 17 e Tabela 18.

Para todas as contribuições de incerteza apresentadas em corrente foi necessário multiplicar um coeficiente de sensibilidade com o intuito de transformar o valor de incerteza em corrente em incerteza de caudal.

As incertezas que seguem uma distribuição normal surgem da observação do comportamento do caudalímetro em função da corrente. Nesta situação foi necessário fazer uma observação retirando as variações máximas de caudal e de corrente lidas pelo caudalímetro.

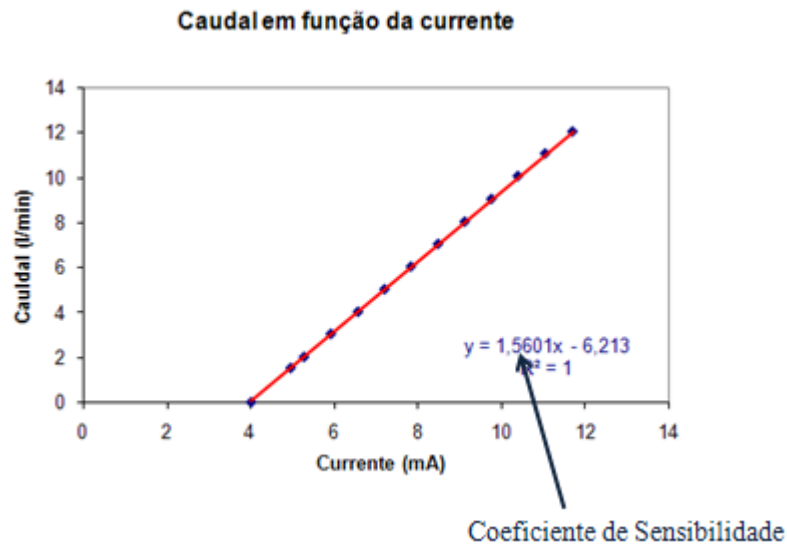


Gráfico 12 – Distribuição gráfica e equação de caudal em função da corrente

O Gráfico 12 foi obtido a partir das leituras de caudal e de corrente efectuadas no caudalímetro. Este gráfico foi traçado com o caudal como variável dependente com o intuito de determinar de forma imediata o coeficiente de sensibilidade (valor assinalado no gráfico)

Para cada caudal foram recolhidos 500 leituras, que serviram como base de cálculo para as incertezas do tipo A. Para incertezas do tipo B, exceptuando as incertezas do caudalímetro que seguem uma distribuição normal, seguiram as indicações dos fabricantes.

Em anexo, Anexos B, C e D, é possível consultar as indicações dos fabricantes.

As tabelas que se seguem são idênticas às anteriores, apresentando agora os valores de incerteza obtidos para o caudal de 2 l/min.

Tabela 19 – Cálculo de Incertezas das grandezas do Magnete para 2 l/min e dependente do Keithley

	Equipamento	Contribuição da Incerteza			Incerteza Calculada
Tipo de Incerteza		Tipo A	Tipo B		
Distribuição			Rectangular	Rectangular	
		Número de Medições Efectuadas	--	--	
Graus de Liberdade					
Coeficiente de Sensibilidade		1	1	1	
K					
Variáveis do Magnete (Energia de alimentação):					
Tensão (Vac)	Keithley 2750	0,002714014	0,002346838	5,7735E-06	0,007175948
Frequência (Hz)		1,299387146	0,127124344	0,19225764	2,639341247
Corrente(Aac)		0,109233298	0,05157674	5,7735E-07	0,241595311

Tabela 20 – Cálculo de Incertezas associadas ao caudal e dependente do Keithley

	Equipamento	Contribuição da Incerteza		
Tipo de Incerteza		Tipo A	Tipo B	
Distribuição			Rectangular	Rectangular
Graus de Liberdade		Número de Medições Efectuadas	∞	∞
Coefficiente de Sensibilidade		1,5601	1,5601	1,5601
K				
Variáveis do caudalímetro				
Caudal (l/min) = c * corrente (mAac), onde c = coeficiente sensibilidade = dQ / dI ((l/min) / (mAac)), onde Q = caudal (l/min) e I = corrente do caudalímetro (mA)	Keithley 2750	0,001955669	5,88118E-05	5,7735E-07

Tabela 21 - Cálculo de Incertezas associadas ao caudal e dependente do caudalímetro

	Equipamento	Contribuição da Incerteza					Incerteza Calculada
Tipo de Incerteza		Tipo A	Tipo B				
Distribuição			Rectangular	Rectangular	Normal	Normal	
		Número de Medições Efectuadas	∞	∞	50	50	
Graus de Liberdade							
Coefficiente de Sensibilidade		1,5601	1,5601	1,5601	1,5601	1,5601	
K					2	2	
Variáveis do caudalímetro							
Caudal (l/min) = c * corrente (mAac), onde c = coeficiente sensibilidade = dQ / dI (l/min) / (mAac)), onde Q = caudal (l/min) e I = corrente do caudalímetro (mA)	Caudalímetro Endress Hauser Promac 53B	0,008151709	4,50362E-06	5,7735E-05	0,0345	0,046803	0,116448983

Para os restantes caudais o procedimento seguido foi o mesmo, apresentando-se de seguida uma tabela resumo do cálculo de incertezas.

Tabela 22 – Resumo do Cálculo de Incertezas de cada Caudal

Incertezas				
	Voltagem (Vac)	Frequencia (Hz)	Corrente (mAac)	Caudal (l/min)
2 l/min	0,007175948	2,639341247	0,241595311	0,116448983
2.5 l/min	0,005806646	2,597677771	0,154217566	0,116559498
10 l/min	0,005008861	0,571670967	0,12761077	0,152226682
Max	0,007175948	2,639341247	0,241595311	0,152226682

A incerteza calculada foi então associada à caracterização feita, caracterização que constitui em:

Tabela 23 – Dados da caracterização

Caudais	Requisito da MOS	Voltagem (Vac)	Requisito (Vdc)	Frequência	Requisito	Corrente (mAac)	Requisito
2 l/min	Sim	Sim	$\geq 1,7$	Sim	$520 \leq F \leq 680$	Sim	$V \times I \geq 200 \text{ (mW)}$
2,5 l/min	Sim	Sim	$\geq 2,0$	Não		Sim	$V \times I \geq 145 \text{ (mW)}$
10 l/min	Não	Sim		Sim		Sim	

Onde V representa voltagem, I corrente e F frequência.

Para a caracterização foram feitas dez leituras de cada grandeza, para cada HDG em cada caudal. Foram calculadas as médias dos resultados obtidos e foram comparadas com às tolerâncias as quais foi adicionada a incerteza calculada, assim sendo os requisitos considerados passaram a ser:

Tabela 24 – Tolerâncias considerando agora o cálculo de Incertezas

Caudais	Requisito da MOS	Voltagem (Vac)	Requisito (Vdc)	Frequência	Requisito	Corrente (mAac)	Requisito
2 l/min	Sim	Sim	$\geq (2,0 - 0,0072)$	Sim	$(520 - 2,6393) \leq F \leq (680 - 2,6393)$	Sim	$V \times I \geq (145 - (0,0072 \times 0,2416)) \text{ (mW)}$
2,5 l/min	Sim	Sim	$\geq (1,7 - 0,0072)$	Não		Sim	$V \times I \geq (200 - (0,0072 \times 0,2416)) \text{ (mW)}$
10 l/min	Não	Sim		Sim		Sim	

4.3.2 HDG – Protótipo

O método seguido para o cálculo de incertezas associado a este HDG é muito semelhante ao descrito na subsecção anterior. Nesta situação foi também determinado a incerteza associada ao Sensor Hall e é apresentado na Tabela 25, Tabela 26, Tabela 27 e Tabela 28

Tabela 25 – Incerteza associada ao Sensor Hall devido ao Keithley

	Equipamento	Contribuição da Incerteza		
Tipo de Incerteza		Tipo A	Tipo B	
Distribuição			Rectangular	Rectangular
		Número de Medições Efectuadas		
Graus de Liberdade			∞	∞
Coefficiente de Sensibilidade		1	1	1
K				
Variáveis do Sensor Hall:				
Tensão (Vdc)	Keithley 2750	Repetibilidade = Desvio Padrão / SQRT (Nº Leituras)	Erro Máximo Admissível do Fabricante / SQRT (3)	Resolução / SQRT (3)
Frequência (Hz)		Repetibilidade = Desvio Padrão / SQRT (Nº Leituras)	Erro Máximo Admissível do Fabricante / SQRT (3)	Resolução / SQRT (3)
Corrente(Adc)		Repetibilidade = Desvio Padrão / SQRT (Nº Leituras)	Erro Máximo Admissível do Fabricante / SQRT (3)	Resolução / SQRT (3)

Tabela 26 - Incerteza associada ao Sensor Hall devido à fonte de alimentação

	Equipamento	Contribuição da Incerteza			Incerteza Calculada
Tipo de Incerteza		Tipo A	Tipo B		
Distribuição			Rectangular	Rectangular	
		Número de Medições Efectuadas			
Graus de Liberdade			∞	∞	
Coefficiente de Sensibilidade		1	1	1	
K					
Variáveis do Sensor Hall:					
Tensão (Vdc)	Fonte alimentação ISO-TECH IPS3202	Repetibilidade = Desvio Padrão / SQRT (Nº Leituras)	Erro Máximo Admissível do Fabricante / SQRT (3)	Resolução / SQRT (3)	u_c
Frequência (Hz)					u_c
Corrente(Adc)		Repetibilidade = Desvio Padrão / SQRT (Nº Leituras)	Erro Máximo Admissível do Fabricante / SQRT (3)	Resolução / SQRT (3)	u_c

O cálculo de incertezas é feito através da soma das contribuições das Tabela 25 e Tabela 26.

A imagem da subsecção anterior apresenta-se o exemplo de cálculo de incerteza para o sensor Hall para um caudal de 2 l/min.

Tabela 27 - Incerteza associada ao Sensor Hall devido ao Keithley para 2 l/min

	Equipamento	Contribuição da Incerteza		
Tipo de Incerteza		Tipo A	Tipo B	
Distribuição			Rectangular	Rectangular
		Número de Medições Efectuadas		
Graus de Liberdade			--	--
Coefficiente de Sensibilidade		1	1	1
K				
Variáveis do Sensor Hall:				
Tensão (Vdc)	Keithley 2750	4,30662E-06	6,35185E-05	5,7735E-06
Frequência (Hz)		0,012939746	0,096390034	1,92258E-07
Corrente(Adc)		6,50515E-07	1,71852E-06	5,7735E-07

Tabela 28 - Incerteza associada ao Sensor Hall devido à fonte de alimentação para 2 l/min

	Equipamento	Contribuição da Incerteza			Incerteza Calculada
Tipo de Incerteza		Tipo A	Tipo B		
Distribuição			Rectangular	Rectangular	
		Número de Medições Efectuadas			
Graus de Liberdade			--	--	
Coefficiente de Sensibilidade		1	1	1	
K					
Variáveis do Sensor Hall:					
Tensão (Vdc)	Fonte alimentação ISO-TECH IPS3202	0	0,012413031	5,7735E-06	0,000128371
Frequência (Hz)					3,85218E-06
Corrente(Adc)		0	0,002887906	5,7735E-10	0,19450939

Na tabela seguinte são apresentados os valores de incerteza calculados para cada caudal.

Tabela 29 - Resumo do Cálculo de Incertezas de cada Caudal

	Incertezas						
	Voltagem (Vac)	Frequencia (Hz)	Corrente (mAac)	Voltagem (Vdc)	Frequencia (Hz)	Corrente (mAdc)	Caudal (l/min)
2 -0.1 l/min	0,004656235	0,981489474	0,000655713	0,000128371	0,194509390	0,000003852	0,117426139
2.3 -0.1 l/min	0,005812529	1,612127426	0,000656695	0,011547712	0,192968276	0,001154707	0,117426139
2.6 +/-0.05 l/min	0,005125757	1,103065716	0,000655963	0,011547712	0,193967688	0,001154707	0,117426139
11 l/min	0,005172836	1,007759398	0,000655910	0,011547870	0,226487192	0,001154710	0,117431759
Max	0,005812529	1,612127426	0,000656695	0,011547870	0,226487192	0,001154710	0,117431759

A semelhança do que foi feito para a análise da caracterização dos HDG's já comercializados, também para os HDG's - Protótipo o procedimento de verificação dos resultados obtidos foi o mesmo. Ou seja, às tolerâncias definidas pela MOS foram adicionadas as incertezas calculadas, alargando assim ligeiramente o intervalo de tolerância de cada grandeza

Para ambos os HDG's, a caracterização foi feita antes e após teste de ciclos, definido no capítulo 3, com o intuito de verificar se os componentes permanecem em bom estado de funcionamento após o teste.

5 Conclusões

5.1 NTC's – Negative Temperature Coefficient

5.1.1 NTC's de contacto

Dos testes realizados aos NTC's de contacto, chegou-se a resultados significativos e determinantes para a tomada de decisão quanto à implementação da pasta térmica na montagem dos NTC's nos diferentes equipamentos produzidos.

O ponto último desta análise, foi a “conclusão” do FMEA onde foram revistos os pontos já analisados anteriormente e avaliada a eficácia das acções da aplicação de pasta térmica para melhoria do comportamento dos NTC's, tendo sido identificados novos modos de falha associados à implementação da pasta térmica e medidas que minimizem ou impeçam essas mesmas falhas.

5.1.2 NTC's de Imersão

No capítulo 4, na secção dedicada à apresentação dos resultados dos NTC's de Imersão foram mostrados desde logo bons resultados para a primeira leitura.

Os resultados da análise intermédia, não contrariaram os primeiros resultados obtidos. Contudo, até ao final deste trabalho não foi possível concluir análise destes componentes, não sendo possível descrever neste capítulo o parecer do departamento de Qualidade sobre a escolha de novos fornecedores.

No entanto, analisando apenas os resultados obtidos até ao término deste projecto, estes foram indicadores de que um possível contrato de fornecimento com os novos fornecedores não representaria qualquer ameaça à qualidade dos produtos de aquecimento de águas BOSCH.

5.2 AGU's – Termóstato Bimetálico

Da análise de resultados obtidos para os AGU's verifica-se que o novo protótipo não causou qualquer deterioração no sensor, sendo os resultados obtidos indicativos da garantia de

fiabilidade dos componentes após serem sujeitos ao teste de comprovação da abertura do bimetálico com o protótipo.

Esta parte do trabalho demorou cerca de um mês e meio a ser concluída, e após a apresentação dos resultados obtidos aos diferentes departamentos envolvidos na produção e teste de equipamentos, o protótipo foi aceite e implementado como teste de linha, representando um ganho significativo quer a nível de tempos, quer a nível energético.

5.3 Hidrogeradores

O trabalho realizado com hidrogeradores, foi sem dúvida o mais extenso, uma vez que implicou o estudo de cálculo de incertezas, a montagem do sistema de aquisição e um número elevado de leituras realizadas a cada grandeza eléctrica do HDG para cada caudal considerado.

Foi um trabalho importante para o laboratório, uma vez que permitiu e irá permitir uma caracterização mais cuidada dos HDG's. Uma vez que aos valores de tolerância definidos pela MOS foram associados os valores de incerteza inerentes ao equipamento utilizado nesta caracterização.

A nível de caracterização, comprovou-se a fiabilidade de ambos os tipos de HDG's. No entanto, por questões com fornecedores, o protótipo de HDG não pode avançar, tendo sido escolhida como alternativa a construção de um conjunto de componentes de substituição ao HDG's protótipo testado. Este conjunto é constituído pelo Hidrogerador e pelo Sensor Hall independentes.

5.4 Considerações finais

Foi possível, nestes quase cinco meses, observar o que é a realidade industrial, em especial no que respeita ao funcionamento do departamento de qualidade, tendo ainda a oportunidade de perceber um pouco do que diz respeito às relações humanas num ambiente profissional e à comunicação interdepartamental, através da colaboração em trabalhos conjuntos que culminaram em decisões importantes para a empresa.

Exemplos dessa participação, foram os casos de estudo dos NTC's de Contacto e os AGU's. A realização dos testes descritos neste texto contribuiu, respectivamente, para a implementação de alterações na montagem dos componentes e na nova forma de teste que foi implementado nas linhas de montagem da BOSCH Tesmotecnologia.

Para o caso dos NTC's de Contacto, espera-se que o número de não conformidades detectadas no campo seja reduzido significativamente, devido a implementação da pasta térmica, que além de favorecer a o contacto do NTC ao tubo do permutador, protege o componente da corrosão por humidade.

No caso dos AGU's, a alteração do modo de teste na linha significou de imediato uma redução de consumo de electricidade de 90%, para além do tempo de teste ter sido diminuído para cerca de metade do tempo. Esta alteração traduziu-se numa poupança muito considerável, dado que se trata de um teste realizado à totalidade dos equipamentos produzidos nas instalações de Cacia (neste ano, mais de um milhão de testes).

O estudo de NTC's de Imersão, ficou por concluir uma vez que o teste se prolongou para além do fim deste projecto. No entanto, foi possível elaborar um parecer positivo das fases intermédias de caracterização realizadas.

A implementação de um sistema de aquisição para HDG's e a determinação das incertezas inerentes a cada variável dos HDG's vai permitir que as caracterizações futuras sejam muito mais expeditas e feitas forma automática (o que reduz significativamente os erros introduzidos pela medição efectuada pelo operador e permite poupar alguma mão-de-obra) ao contrário do que tinha sido feito até a realização do presente trabalho.

Durante este trabalho e depois de terem surgido diversos problemas de instabilidade de caudal, foi instalado um vaso expensor de 8 l, imediatamente antes do caudalímetro. Esta mudança garantiu maior estabilidade ao sistema, mas tratou-se de uma situação provisória até que seja possível instalar um vaso expensor de maior capacidade que está dependente da criação de condições no laboratório e da determinação da capacidade volumétrica adequada.

Quando se concretizar a instalação do vaso expensor definitivo, será necessário rever o cálculo de incertezas relativo ao caudalímetro, sendo apenas necessário novas leituras para cada caudal e introduzir no “template” criado pela autora.

Apesar deste trabalho se ter desenvolvido no Laboratório de Fiabilidade, é de referir que não houve oportunidade de aprofundar estudos realizados com base na análise estatística de Fiabilidade, uma vez que o laboratório não apresenta ainda neste momento uma base de dados históricos relativos ao comportamento de falhas suficientemente alargada e trabalhada.

Como foi referido na secção 2.1, para se poder analisar a Fiabilidade de componentes, é em primeiro lugar necessário construir um histórico dos modos de falhas e dos períodos de ocorrência.

Em resumo, esta é uma proposta que se deixa ao departamento da qualidade para um futuro próximo. Esta iniciativa, no caso de ser implementada, certamente contribuirá para a melhoria do tratamento de dados provenientes da análise de componentes. Para tal é necessário aumentar o tamanho das amostras a testar e cruzar essa informação com o histórico existente tanto de testes como de dados relativos às ocorrências de avarias no campo.

A nível pessoal, este trabalho permitiu desenvolver conhecimentos relativamente a FMEA's, ao Cálculo de Incertezas e ainda a familiarização com conceitos práticos de electricidade e electrónica, como foi o exemplo da aprendizagem de programação de um PLC LOGO!, indo mais além do que era inicialmente previsto.

A oportunidade de ter realizado este projecto na BOSCH Termotecnologia, divisão de uma das maiores multinacionais mundiais, terá certamente repercussões muito positivas para a carreira da autora, uma vez que este trabalho fez uma ponte entre a vida académica e a vida profissional.

Bibliografia, Documentação e Fontes Consultadas:

- Wheeler, Donald J. – “Understanding variation:the key to managing Chaos”, SPS Press, Knoxville Tennessee, 1993
- Guerra, Franklin – “Iniciação à fiabilidade industrial”, 3ª Edição. 1977
- Johnson, Curtis D. – “Controlo de Processos:Tecnologia da Instrumentação” Fundação Caloustre Gulbenkian, Lisboa, 1990
- D’Oliveira, Teresa – “Teses e dissertações” Editora RH, Lisboa, 2002

Obras Citadas:

- Accreditation, E. E.-o. (1999). "Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration".
- AFNOR. (1998). Norma X06-501.
- Didelet, F. (2003). "Fiabilidade". *Instituto Politécnico de Setúbal - Escola Superior de Tecnologia* .
- . ISQ. (2007). "Acção de Formação em Cálculo de Incertezas".
- . ISQ. (2005). "Vocabulário Internacional de Metrologia".
- .José Carlos de Toledo, D. C. (n.d.). "FMEA - Análise de Modos de Falha e Efeitos". *GEPEQ - Grupo de Estudos e Pesquisas em Qualidade* .
- BOSCH. (1996). Terms and Procedures of Reability Engineering.
- Krakheche, I., Zwirtes, M., Fistarol, A., & Tibolla, V. (2003). *Sensores de Temperatura*.
- Toledo, J. C., & Capaldo Amaral, D. *FMEA - Análise de Tipo e Efeitos de Falha*. GEPEQ - Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade.

Sites Consultados:

- Análise Modal de Falhas e Efeitos, Consultado em:
http://www.spi.pt/documents/books/inovint/iq/conteudo_integral/acesso_conteudo_integral/ca

[pitulo2_texto/capitulo2_3_texto/acc2_3_texto_apresentacao.htm](#) [Visitado em:23 de Maio de 2008]

- FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), Consultado em : <http://www.quality-one.com/services/fmea.php> [Visistado em 23 de Maio de 2008];

- FMEA Consultado, em : <http://pt.wikipedia.org/wiki/Fmea> [Visistado em 23 de Maio de 2008];

- AEP – Qualidade, Consultado em : <http://www.aeportugal.pt/Inicio.asp?Pagina=/Areas/Qualidade/FerramentasQualidadeNorma16949&Menu=MenuQualidade> [Visistado em 23 de Maio de 2008];

- Sistemas de Gestão da Qualidade, Consultado em : <http://www.sebrae-sc.com.br/sebraetib/Hp/conceitos/certificacao/qs9000.html> [Visistado em 23 de Maio de 2008];

- Fiabilidade, Consultado em: <http://docentes.esa.ipcb.pt/armando/sht/fiabilidade.pdf> [Visistado em 1 de Abril de 2008];

- Noções de Fiabilidade, Consultado em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Fiabilidade> [Visistado em 1 de Abril de 2008];

- Incerteza, Consultado em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Incerteza> [Visistado em 15 de Abril de 2008];

- Vocabulário de Metrologia Legal, Consultado em: <http://www.if.ufrj.br/teaching/metrol/metro.html> [Visistado em 15 de Abril de 2008];

- Teoria dos Erros, Consultado em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Teoria_dos_erros [Visistado em 15 de Abril de 2008];

- Teoria dos Erros I, Consultado em: <http://pt.shvoong.com/exact-sciences/mathematics/1678516-teoria-dos-erros/> [Visistado em 15 de Abril de 2008];

- A Incerteza, Consultado em: <http://www.defi.isep.ipp.pt/~ndg/site/docs/Aula4.pdf> [Visistado em 15 de Abril de 2008];

- Quantificação das Incerteza nas Medições Analíticas, Consultado em:
http://www.eurachem.fc.ul.pt/Guia_Eurachem_P.pdf [Visistado em 15 de Abril de 2008];
- Siemens, LOGO! , Consultado em: http://www.automation.siemens.com/logo/index_76.html
[Visitado em 24 de Junho de “2008];
- Temporizador, Consultado em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Temporizador> [Visistado em 28 de Abril de 2008];
- Temporizadores, Consultado em:
<http://radatec.vilabol.uol.com.br/circuitos/temporizadores.htm> [Visitado em 28 de Abril de 2008];
- Temporizadores/Contadores, Consultado em:
<http://w3.ualg.pt/~rmarcel/TP2%20Temporizadores%20Contadores.pdf> [Visitado a 28 de Abril de 2008];
- Transformador, Consultado em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Transformador> [Visitado a 24 de Abril de 2008];
- Transformador Electrónica, Consultado em: <http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/39/37/> [Visitado a 24 de Abril de 2008];
- Motor, Consultado em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor> [Visitado a 28 de Abril de 2008];
- Motor Eléctrico, Consultado em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9trico
[Visitado a 28 de Abril de 2008];
- Como funcionam os motores eléctricos, Consultado em:
<http://ciencia.hsw.uol.com.br/motor-eletrico.htm> [Visitado a 28 de Abril de 2008];
- Click HDG, Consultado em:
http://www.vulcano.pt/index.php?headline=147&visual=5&id=030&sub_id=1&campanha=1&item=616 [Visitado a 24 de Abril de 2008];

- Junkers – Sistema de ignição de esquentadores, Consultado em:

<http://www.junkers.com/pt/pt/ek/aconselhamento/esclarecimentostecnicos/sistemasdeignicao.html> [Visitado a 24 de Abril de 2008];

- Portal PCH - Hidrogerador, Consultado em:

http://www.portalpch.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=219&Itemid=163 [Visitado a 24 de Abril de 2008];

- Efeito Hall, Consultado em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Hall [Visitado a 24 de Abril de 2008];

- O Sensor Hall, Consultado em: <http://www.globalmag.com.br/hall.htm> [Visitado a 24 de Abril de 2008];

- Sensor Hall – A tecnologia dos Posicionadores Inteligentes de última geração, Consultado em: <http://www.smar.com/brasil2/shownews.asp?Id=305> [Visitado a 24 de Abril de 2008];

- Sensor Hall, Consultado em: <http://planetabuggy.com.br/electronics/sensorhall.htm> [Visitado a 24 de Abril de 2008];

- Negative Temperature Coefficient, Consultado em:

http://en.wikipedia.org/wiki/Negative_temperature_coefficient [Visitado a 31 de Março de 2008];

- Sensor de Temperatura, Consultado em:

<http://www.mercantilgenuina.com.br/images/uploads/Sensor%20de%20Temperatura.htm> [Visitado a 31 de Março de 2008];

- Sensores de Temperatura, Consultado em:

<http://pt.delphi.com/enpt/manufacturers/auto/sensors/cc/hvactemp/> [Visitado a 31 de Março de 2008];

- Temperature Coefficient of Resistance, Consultado em:

http://www.allaboutcircuits.com/vol_1/chpt_12/6.html [Visitado a 31 de Março de 2008];

- Pasta Térmica, Consultado em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Pasta_t%C3%A9rmica

[Visitado a 31 de Março de 2008];

- Termostato, Consultado em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Termostato> [Visitado a 1 de Junho de 2008];
- Robert Bosch, Consultado em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Robert_Bosch [Visitado a 15 de Março de 2008];
- Robert Bosch, Consultado em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Robert_Bosch [Visitado a 15 de Março de 2008];
- Robert BOSCH GmbH, Consultado em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Robert_Bosch_GmbH [Visitado a 15 de Março de 2008];
- BOSCH Termotecnologia, S.A, Consultado em:
<http://www.bosch.pt/content/language1/html/3808.htm> [Visitado a 15 de Março de 2008];

Anexo A – Certificado de Participação no Seminário de Ensaio de Segurança Eléctrica em Máquinas de Fins de Linha



Figura 57 – Certificado de participação no seminário Ensaio de Segurança Electrónica em máquinas de fim de linha

Anexo B – Características técnicas do Multímetro Keithley 2750

Tabela 30 – Características DC (retirado do Manual técnico do Equipamento Keithley 2750)

DC CHARACTERISTICS¹

Conditions: MED (1 PLC)² or 10 PLC or MED (1 PLC) with Digital Filter of 10

			Test Current ±5% or Burden Voltage	Input Resistance or Open Circuit Voltage ³		Accuracy: ±(ppm of reading + ppm of range) (ppm = parts per million) (e.g., 10ppm = 0.001%)				Temperature Coefficient 0°–18°C & 28°–50°C
Function	Range	Resolution		2700/2701	2750	24 Hour ⁴ 23°C ±1°	90 Day 23°C ±5°	1 Year 23°C ±5°		
Voltage ¹¹ →	100.0000 mV	0.1 µV		>10 GΩ	>10 GΩ	15 + 30	25 + 35	30 + 35	(1 + 5)/°C	
	1.000000 V	1.0 µV		>10 GΩ	>10 GΩ	15 + 6	25 + 7	30 + 7	(1 + 1)/°C	
	10.00000 V	10 µV		>10 GΩ	>10 GΩ	10 + 4	20 + 5	30 + 5	(1 + 1)/°C	
	100.0000 V	100 µV		10 MΩ ±1%	10 MΩ ±1%	15 + 6	35 ± 9	45 ± 9	(5 + 1)/°C	
	1000.000 V ⁵	1 mV		10 MΩ ±1%	10 MΩ ±1%	20 + 6	35 ± 9	50 ± 9	(5 + 1)/°C	
Resistance ^{6, 8}	1.000000 Ω ²⁴	1 µΩ	10 mA		5.9 V	80 + 40	80 + 40	100 + 40	(8 + 1)/°C	
	10.00000 Ω ²⁴	10 µΩ	10 mA		5.9 V	20 + 20	80 + 20	100 + 20	(8 + 1)/°C	
	100.0000 Ω	100 µΩ	1 mA	6.9 V	12.2 V	20 + 20	80 + 20	100 + 20	(8 + 1)/°C	
	1.000000 kΩ	1 mΩ	1 mA	6.9 V	12.2 V	20 + 6	80 + 6	100 + 6	(8 + 1)/°C	
	10.00000 kΩ	10 mΩ	100 µA	6.9 V	6.8 V	20 + 6	80 + 6	100 + 6	(8 + 1)/°C	
	100.0000 kΩ	100 mΩ	10 µA	12.8 V	12.8 V	20 + 6	80 + 10	100 + 10	(8 + 1)/°C	
	1.000000 MΩ ²³	1.0 Ω	10 µA	12.8 V	12.8 V	20 + 6	80 + 10	100 + 10	(8 + 1)/°C	
	10.00000 MΩ ^{23, 25}	10 Ω	0.7 µA/10 MΩ	7.0 V	7.0 V	150 + 6	200 + 10	400 + 10	(70 + 1)/°C	
Dry Circuit Resistance ^{21, 24}	100.0000 MΩ ^{23, 25}	100 Ω	0.7 µA/10 MΩ	7.0 V	7.0 V	800 + 30	2000 + 30	2000 + 30	(385 + 1)/°C	
	1.000000 Ω	1 µΩ	10 mA		20 mV	80 + 40	80 + 40	100 + 40	(8 + 1)/°C	
	10.00000 Ω	10 µΩ	1 mA		20 mV	25 + 40	80 + 40	100 + 40	(8 + 1)/°C	
	100.0000 Ω	100 µΩ	100 µA		20 mV	25 + 40	90 + 40	140 + 40	(8 + 1)/°C	
Continuity (2W) →	1.000000 kΩ	1 mΩ	10 µA		20 mV	25 + 90	180 + 90	400 + 90	(8 + 1)/°C	
	1.000000 kΩ	100 mΩ	1 mA	6.9 V	12.2 V	40 + 100	100 + 100	100 + 100	(8 + 1)/°C	
Current	20.00000 mA	10 nA	< 0.2 V			60 + 30	300 + 80	500 + 80	(50 + 5)/°C	
	100.0000 mA	100 nA	< 0.1 V			100 + 300	300 + 800	500 + 800	(50 + 50)/°C	
	1.000000 A	1.0 µA	< 0.5 V ⁹			200 + 30	500 + 80	800 + 80	(50 + 5)/°C	
	3.000000 A	10 µA	< 1.5 V ⁹			1000 + 15	1200 + 40	1200 + 40	(50 + 5)/°C	
Channel (Ratio) ¹⁰			Ratio Accuracy = Accuracy of selected Channel Range + Accuracy of Paired Channel Range							
Channel (Average) ¹⁰			Average Accuracy = Accuracy of selected Channel Range + Accuracy of Paired Channel Range							

Tabela 31 - Características AC (retirado do Manual técnico do Equipamento Keithley 2750)

AC SPECIFICATIONS

Function	Range	Resolution	Calibration Cycle	Accuracy: ±(% of reading + % of range), 23°C ± 5°C				
				3 Hz–10 Hz	10 Hz–20 kHz	20 kHz–50 kHz	50 kHz–100 kHz	100 kHz–300 kHz
Voltage ² →	100.0000 mV	0.1 µV	90 Days (all ranges)	0.35 + 0.03	0.05 + 0.03	0.11 + 0.05	0.6 + 0.08	4.0 + 0.5
	1.000000 V	1.0 µV						
	10.00000 V	10 µV	1 Year (all ranges)	0.35 + 0.03	0.06 + 0.03	0.12 + 0.05	0.6 + 0.08	4.0 + 0.5
	100.0000 V	100 µV						
Current ² →	750.000 V	1.0 µV	(Temp. Coeff.) ⁹ /°C ⁵	0.035 + 0.003	0.005 + 0.003	0.006 + 0.005	0.01 + 0.006	0.03 + 0.01
	1.000000 A	1.0 µA	90 Day/1 Yr.	0.30 + 0.04	0.10 + 0.04	0.14 + 0.04		
	3.000000 A ¹⁴	10 µA		0.35 + 0.06	0.16 + 0.06	0.18 + 0.06		
Frequency ⁴ and Period →			(Temp. Coeff.) ⁹ /°C ⁵	0.035 + 0.006	0.015 + 0.006			
				(3 Hz–500 kHz) (333 ms–2 µs)				
	100 mV to 750 V	0.333 ppm 3.33 ppm 33.3 ppm	90 Day/1 Yr.	100 ppm + 0.333 ppm (SLOW, 1s gate)	100 ppm + 3.33 ppm (MED, 100ms gate)	100 ppm + 33.3 ppm (FAST, 10ms gate)		

Anexo C – Características técnicas da Fonte de Alimentação ISO – TECH IPS3202

Tabela 32 - Características técnicas da fonte de alimentação (retirado do Manual técnico do Equipamento ISO – TECH IPS3202)

SPECIFICATIONS		IPS-3201	IPS-3202
Output	Voltage	0-32V×3	0-32V×2, 0-6V×1
	Current	0-1A×3	0-2A×2, 0-5A×1
	OVP	0-33V×3	0-33V×2, 0-7V×1
Load effect	Voltage	$\leq 3\text{mV}$ ($\leq 5\text{mV}$ rating current $> 3.0\text{A}$), test points are at the +output terminal and –output terminal point.	
	Current	$\leq 3\text{mA}$ ($\leq 5\text{mA}$ rating current $> 3.0\text{A}$), test points are at the +output terminal and –output terminal point.	
Source effect	Voltage	$\leq 3\text{mV}$, test points are at the +output terminal and –output terminal point.	
	Current	$\leq 3\text{mA}$, test points are at the +output terminal and –output terminal point.	
Setting resolution	Voltage	10mV	
	Current	1mA(2mA rating current $> 3.0\text{A}$)	
	OVP	10mV	
Program accuracy (25±5℃)	Voltage	$\leq 0.05\% + 20\text{mV}$	
	Current	$\leq 0.1\% + 5\text{mA}$ (+10mA rating current $> 3.0\text{A}$)	
	OVP	$\leq 0.05\% + 20\text{mV}$	
Ripple & noise (20Hz~20MHz)	Voltage	Ripple $\leq 1\text{mVrms}/3\text{mVp-p}$ Noise $\leq 2\text{mVrms}/30\text{mVp-p}$	
	Current	$\leq 3\text{mA rms}$ ($\leq 5\text{mA rms}$ rating current $> 3.0\text{A}$)	
Temperature coefficient (0~40℃)	Voltage	$\leq 100\text{ppm} + 3\text{mV}$	
	Current	$\leq 100\text{ppm} + 3\text{mA}$	
Readback resolution	Voltage	10mV	
	Current	1mA(2mA rating current $> 3.0\text{A}$)	
Response time; Voltage up Voltage down	10%~90%	$\leq 100\text{ms}$	
	90%~10%	$\leq 100\text{ms}$ ($\geq 10\%$ rating load)	

Anexo D - Características técnicas do Caudalímetro Endress Hauser Promac 53B

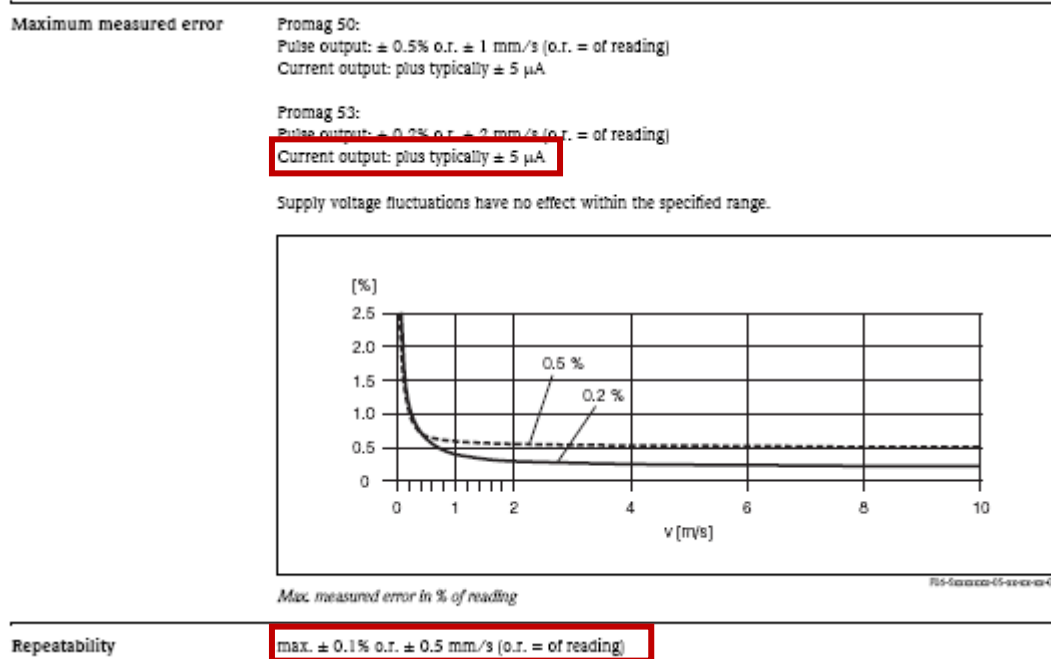


Figura 58 – Características técnicas do Caudalímetro (retirado do Manual técnico do Equipamento Endress Hauser Promac 53B)