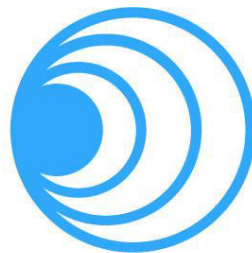


Gonçalo Manuel Machado Pereira

**Câmara Automatizada Para Teste De
Detetores De Gases**



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA

2018

Gonçalo Manuel Machado Pereira

Câmara Automatizada Para Teste De Detetores De Gases

Mestrado Em Engenharia Elétrica Eletrónica

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Prof. Dr. Paulo Santos



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA

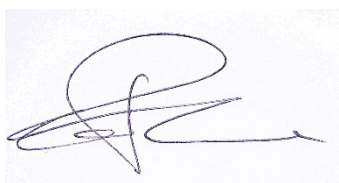
2018

Câmara Automatizada Para Teste De Detetores De Gases

Declaração de autoria de trabalho

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

(Gonçalo Manuel Machado Pereira)



.....

©Copyright: (Gonçalo Manuel Machado Pereira)

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas e entidades que de algum modo contribuíram para a realização deste projeto.

RESUMO

A ideia da construção de uma câmara automatizada para o teste de detetores de gases surge no desenvolvimento de um detetor de monóxido de carbono (CO) e gás de petróleo liquefeito (LPG) na empresa Global Fire Equipment, S.A. (GFE). O projeto consiste na criação de uma câmara hermética capaz de realizar os testes necessários para atestar o correto funcionamento de um detetor de gás usado nos sistemas endereçáveis de deteção de incêndios.

A opção da construção de uma câmara para o teste dos detetores de gases prende-se com o facto de câmaras de teste com as características necessárias serem soluções por medida e dispendiosas, que encarecem o desenvolvimento do produto.

A Câmara Automatizada Para Teste De Detetores De Gases (CGAS) é constituída por três partes, a unidade de processamento (computador), a unidade de controlo e a câmara de teste. A câmara possui vários sensores e atuadores, que serão monitorizados pela unidade de controlo, equipada com uma central de deteção de incêndios. Por fim esta unidade é controlada pelo computador através de um ambiente gráfico gerado pelo software Labview.

PALAVRAS-CHAVE: CGAS, PCB CGAS, Transdutor de CO, Transdutor LPG, *Firmware*, LabVIEW, Aplicação CGAS.

Abstract

The idea of building an automated gas detector test chamber originated in the development of a carbon monoxide (CO) and liquefied petroleum gas (LPG) detector at Global Fire Equipment, S.A. (GFE). The project consists of creating an airtight chamber capable of performing the necessary tests to attest the correct functioning of a gas detector used in Addressable Fire Detection Systems.

The option of constructing a chamber for the testing of gas detectors is related with the fact that test chambers with the necessary characteristics are not cost-effective and are customized solutions that make the product development more expensive.

The Automated Chamber for Testing Gas Detectors (CGAS) consists of three parts, the processing unit (computer), the control unit and the test chamber. The chamber has several sensors and actuators, which will be monitored by the control unit, equipped with a fire detection panel. Finally, this unit is controlled by the computer through a graphical user interface generated by Labview Software.

KEYWORDS: CGAS, PCB CGAS, CO Transducer, LPG Transducer, Firmware, LabVIEW, CGAS Application.

Índice Geral

| | |
|---|--------------|
| ÍNDICE DE FIGURAS | i |
| ÍNDICE DE TABELAS | vii |
| LISTA DE ABREVIATURAS..... | ix |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. Enquadramento | 1 |
| 1.2. Motivação | 2 |
| 1.3. Objetivos..... | 2 |
| 2. ESTADO DA ARTE | 5 |
| 2.1. Detetores de gases..... | 5 |
| 2.2. Testes de detores de gases | 6 |
| 2.3. Câmaras de teste de gases | 6 |
| 2.4. Câmaras de teste standard..... | 8 |
| 2.5. Análise de câmaras de teste de gases | 9 |
| 2.5.1. Sistema da Insistec para teste de sensores de gás | 9 |
| 2.5.2. Sistema da Kenosistec para teste de sensores de gás..... | 10 |
| 2.5.3. Sistema da INERIS para teste de sensores de gás..... | 11 |
| 2.5.4. Sistema da BAM para teste e calibração de sensores de gás | 12 |
| 2.5.5. Instalações para o teste de sensores de hidrogénio em segurança da JRC (SenTeF)..... | 13 |
| 2.6. Justificação para a construção da câmara de gases..... | 17 |
| 3. EQUIPAMENTOS DE AUTOMATIZAÇÃO..... | 18 |
| 3.1. Sensores e equipamentos de automatização usados em laboratórios..... | Erro! |
| Marcador não definido. | |
| 3.1.1. Controladores térmicos de caudal mássico para gases | 18 |
| 3.1.2. Higrómetros | 19 |
| 3.1.3. Cromatógrafo | 20 |
| 3.1.4. Sensor de pressão..... | 21 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.5. Medidores de fluxo de ar | 22 |
| 3.1.6. Sensores de temperatura | 24 |
| 3.1.7. Sensor temperatura Pt100 | 25 |
| 3.2. Norma EN 54-26..... | 25 |
| 3.2.1. Métodos de ensaio e avaliação..... | 26 |
| 3.2.2. Câmara de ensaio de gás da EN54-26 | 27 |
| 3.2.3. Condições dos testes | 28 |
| 3.2.4. Testes a efetuar ao detetor na câmara de ensaio de gás [1] | 29 |
| 4. CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DA CGAS..... | 35 |
| 4.1. Descrição geral da câmara automatizada para teste de detetores de gases | 35 |
| 4.2. Transdutores e atuadores na CGAS | 37 |
| 4.2.1. Sonda de velocidade do ar | 38 |
| 4.2.2. Sonda de humidade e temperatura | 39 |
| 4.2.3. Transdutor de pressão absoluta..... | 40 |
| 4.2.4. Transdutor de CO..... | 41 |
| 4.2.4.1. Calibração do transdutor CO por comparação com outro transdutor..... | 43 |
| 4.2.4.2. Calibração do transdutor de CO com gás calibrado | 45 |
| 4.2.5. Transdutor de LPG..... | 49 |
| 4.2.6. Central de deteção de incêndios..... | 53 |
| 4.2.7. Instalação elétrica | 53 |
| 4.2.8. Instalação pneumática da CGAS | 54 |
| 4.2.8.1. Transdutor de pressão | 55 |
| 4.2.8.2. Cilindro pneumático | 56 |
| 4.2.8.3. Válvula pneumática do cilindro..... | 57 |
| 4.2.8.4. Válvula pneumática do ar comprimido | 58 |
| 4.2.9. Sistema de admissão de gás | 58 |

| | | |
|--|---|------------|
| 4.2.9.1. | Garrafas de gás | 59 |
| 4.2.9.2. | Sistema de controlo de admissão dos gases..... | 60 |
| 4.3. | Placa de controlo PCB CGAS | 61 |
| 4.4. | Desenho da câmara automatizada para o teste de detetores de gases | 66 |
| 4.5. | Construção da câmara automatizada para teste de detetores de gases..... | 70 |
| 4.6. | Montagem da câmara automatizada para teste de detetores de gases..... | 74 |
| 4.6.1. | Montagem da porta | 74 |
| 4.6.2. | Montagem do interior da câmara | 75 |
| 4.6.3. | Montagem das paredes da câmara | 75 |
| 4.6.4. | Montagem da válvula de exaustão | 77 |
| 4.6.5. | Montagem final..... | 77 |
| 4.6.6. | Suporte para o detetor | 79 |
| 4.6.7. | Informações e segurança..... | 79 |
| 5. | SOFTWARE DE INTERLIGAÇÃO DA CGAS..... | 81 |
| 5.1. | <i>Firmware</i> da PCB CGAS | 81 |
| 5.2. | Aplicação CGAS no LabVIEW | 88 |
| 6. | TESTES E ANÁLISE DA CGAS | 109 |
| 6.1. | Detetores para o teste | 109 |
| 6.2. | Teste do sensor LPG | 111 |
| 6.3. | Teste do detetor de CO | 112 |
| 6.4. | Compatibilidade com a norma EN54-26 | 114 |
| 6.5. | Custos do projeto CGAS..... | 115 |
| 6.6. | Oportunidade de melhorias e correções na CGAS | 116 |
| 7. | CONCLUSÃO | 119 |
| APÊNDICES | | 127 |
| APÊNDICE 1 - Projeto das Instalações | | 128 |
| APÊNDICE 2 - Etiquetas | | 129 |

| | |
|--|------------|
| APÊNDICE 3 – <i>Firmware</i> | 130 |
| APÊNDICE 4 – Instruções de utilização da CGAS | 131 |
| APÊNDICE 5 – Lista de Material e Custos da CGAS | 132 |
| APÊNDICE 6 – Relatório Teste do NB-983CO | 133 |
| ANEXOS | 134 |
| ANEXO A – <i>Datasheet</i> do Sensor ECO-Sure 2E | 135 |
| ANEXO B – <i>Datasheet</i> do Sensor TGS 6810..... | 136 |
| ANEXO C – Certificado da Garrafa de CO a 200ppm | 137 |
| ANEXO D – Certificado da Garrafa de CO a 5% | 138 |
| ANEXO E – Manual de utilizador do NB-983CO | 139 |
| ANEXO G – Manual de utilizador do NB-983LPG..... | 140 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Câmara de Teste de Gás CO na Prevalent Manufacturer Group LTD , China | 7 |
| Figura 2 - Gas Sensor Testing System - Kenosistec UHV & Thin Film Equipment..... | 7 |
| Figura 3 - Sistema da Insistec: GAS SENSOR EVALUATION EQUIPMENT | 10 |
| Figura 4 - Câmara do Sistema da Kenosistec para Teste de Sensores de Gás | 11 |
| Figura 5 - Instalações da INERIS para Teste de Sensores de Gás | 12 |
| Figura 6 - Sistema da BAM para Teste e Calibração de Sensores de Gás | 12 |
| Figura 7 - Esquema do Sistema de Mistura de Gás e do Sistema de Teste e Calibração da BAM | 13 |
| Figura 8 - Diagrama de Blocos da Instalação de teste da JRC..... | 14 |
| Figura 9 - Painel de controlo das instalações de teste de sensores da JRC | 15 |
| Figura 10 - Diagrama do sistema das instalações de teste de sensores de gás da JRC | 16 |
| Figura 11 - Controlador de Fluxo de Massa da Bronkhorst..... | 19 |
| Figura 12 - Princípio de Funcionamento do Higrómetro de Espelho Refrigerado | 20 |
| Figura 13 - Global Analysers Solution Compact GC 4.0 [8]..... | 21 |
| Figura 14 - Anemómetro Mecânico [14]..... | 23 |
| Figura 15 - Sensor de velocidade do ar - anemómetro <i>hot-film</i> [16] | 24 |
| Figura 16 - Aspeto de uma Pt100..... | 25 |
| Figura 17 - Aspeto de uma Pt100 com parafuso e conector..... | 25 |
| Figura 18 - Vista de Lado do Exemplo da Câmara de teste de Gás descrita na Norma EN54-26 | 28 |
| Figura 19 - Condições de exposição aos agentes poluentes..... | 33 |
| Figura 20 - Sonda EE671-V2XCKD..... | 39 |
| Figura 21- SONDA DE HUMIDADE E TEMPERATURA EE060 | 40 |
| Figura 22 - Transdutor de pressão absoluta | 40 |

| | |
|--|----|
| Figura 23 - Sensor ECO-Sure (2e), esquema e PCB..... | 42 |
| Figura 24 - Gráficos da 1ª calibração CO por comparação..... | 44 |
| Figura 25 – Gráficos da 2ª calibração por comparação..... | 44 |
| Figura 26 - Gráfico das linhas de tendência do transdutor de CO | 45 |
| Figura 27 - Calibração do sensor de CO com gás calibrado. | 47 |
| Figura 28 - Gráfico das respostas do transdutor de CO | 49 |
| Figura 29 - Transdutor LPG: esquema do regulador e sensor..... | 50 |
| Figura 30 - Transdutor de LPG: esquema do amplificador de instrumentação. | 51 |
| Figura 31 - Central de deteção de incêndios JUNIOR V4 | 53 |
| Figura 32 - Esquema Elétrico: Alimentação | 54 |
| Figura 33 - Esquema pneumático da CGAS | 55 |
| Figura 34 - Sensor de pressão PSE530-M5-L..... | 56 |
| Figura 35 - Cilindro pneumático (esquerda), controlador de velocidade (centro) e interruptores magnéticos (direita)..... | 57 |
| Figura 36 - Válvula SY3120-5MOE-C4 | 57 |
| Figura 37- Válvula VQ21A1-5YZ-C6-F-Q | 58 |
| Figura 38- Esquema do sistema de admissão de gás..... | 59 |
| Figura 39 - Garrafa de LPG e conectores (esquerda), garrafa CO e regulador (direita)..... | 60 |
| Figura 40 - Regulador de pressão (esquerda), controlador de fluxo (centro) e Válvula VDW10EA (direita) | 61 |
| Figura 41 - Desenho 3D da PCB CGAS (esquerda) e Fotografia da PCB CGAS terminada (direita)..... | 61 |
| Figura 42 - Circuito de alimentação da PCB CGAS | 62 |
| Figura 43 - Circuito do microcontrolador da PCB CGAS | 63 |
| Figura 44 - Circuito de entradas da PCB CGAS | 64 |
| Figura 45 - Circuito de saídas da PCB CGAS | 65 |
| Figura 46 - Desenho da câmara automatizada para teste de detetores de gases..... | 66 |

| | |
|--|----|
| Figura 47 - Painéis de entradas e saídas (a cor verde) e chassis (a cor azul) | 67 |
| Figura 48 - Aberturas na câmara | 68 |
| Figura 49 - Válvula de exaustão em pormenor | 68 |
| Figura 50 - Interior da câmara..... | 69 |
| Figura 51 - Desenho da porta. | 70 |
| Figura 52 - Peça e caminhos de corte (Esquerda); Código G (direita). | 71 |
| Figura 53 - Fresadora CNC com software LinuxCNC (peça de apoio da porta). | 72 |
| Figura 54 - Peça favo de mel no software Cura | 73 |
| Figura 55 - Área de impressão na impressora 3D | 73 |
| Figura 56 - Montagem da porta. 1-Aro, 2-Portas, 3-Dobradiças, 4-Apoio da porta, 5-Parafuso do volante, 6-Barra da porta, 7-União, 8-Volante..... | 74 |
| Figura 57 - Montagem do interior: 1-placa do meio, 2-placa de cima, 3-aro interno, 4-Moldura, 5-Favo CE, 6-Favo CD, 7-Favo BE, 8--Favo BD, 9-Ventoinha..... | 75 |
| Figura 58 - Montagem das paredes da câmara: 1-Acrílico F, 2-Acrílico LE, 3-Acrílico LD, 4-Acrílico T, 5-Acrílico INF, 6-Acrílico SUP, 7-Acrílico INF R | 76 |
| Figura 59 - Montagem das tampas. 1-Tampa SUP, 2-Tampa T, 3-Tampa TR, 4-Tampa LE.. | 76 |
| Figura 60 - Montagem da válvula de exaustão. 1-Curva PVC, 2-Cilindro pneumático, 3-Tampa da válvula, 4-Aro da válvula, 5- Cilindro da válvula, 6-Tampa LE..... | 77 |
| Figura 61 - Montagem final. 1-Painel ES CIMA, 2-sinalizadores, 3 e 4-Caixas, 5-Painel ES LE, 6-Chassi CIMA, 7-Chassi INF, 8-Pés. | 78 |
| Figura 62 - Desenho 3D final..... | 78 |
| Figura 63 - Furação na Placa de Cima para a fixação da base | 79 |
| Figura 64 - Logotipo CGAS..... | 79 |
| Figura 65 - Chapa de características da CGAS | 80 |
| Figura 66 - Fluxograma do <i>firmware</i> | 82 |
| Figura 67 - Função de leitura da UART..... | 83 |
| Figura 68 – Função de leitura das portas digitais..... | 83 |

| | |
|--|-----|
| Figura 69 - Exemplos da função de leitura das portas analógicas | 85 |
| Figura 70 - Exemplos da função de escrita nos portos de saídas digitais | 86 |
| Figura 71 – <i>Firmware</i> , envio dos <i>Bytes</i> pela UART | 87 |
| Figura 72- <i>Firmware</i> - espera de comunicação..... | 87 |
| Figura 73 – Labview, fluxograma geral da aplicação CGAS | 89 |
| Figura 74 – LabVIEW – estruturas e aplicação do fluxograma..... | 90 |
| Figura 75 – LabVIEW - bloco diagrama, condição de iniciar o teste..... | 91 |
| Figura 76 - LabVIEW - blocos de diagrama, comunicação série com a JUNIOR | 91 |
| Figura 77 – LabVIEW - Diagrama de Blocos “SubVI ler_bit” | 92 |
| Figura 78 – LabVIEW - Diagrama de Blocos, comunicação série com PCB CGAS..... | 93 |
| Figura 79 – LabVIEW - Diagrama de Blocos, SubVI Enviar..... | 94 |
| Figura 80 – LabVIEW - blocos diagrama, “SubVI Ler_in” | 94 |
| Figura 81 – LabVIEW - blocos de diagrama, SubVI CO_2_F..... | 95 |
| Figura 82 – LabVIEW - bloco diagrama, fim da comunicação série PCB CGAS..... | 95 |
| Figura 83 – LabVIEW - blocos digrama, segunda sequência | 96 |
| Figura 84 – LabVIEW - blocos digrama, terceira sequência..... | 97 |
| Figura 85 – LabVIEW - bloco diagrama, quarta <i>frame</i> | 98 |
| Figura 86 – LabVIEW - blocos de diagrama, confirmação de válvula exaustão fechada..... | 98 |
| Figura 87 – LabVIEW - Diagrama de Blocos, tempo do teste..... | 99 |
| Figura 88 – LabVIEW - blocos de diagrama, detetor em alarme | 100 |
| Figura 89 – LabVIEW - Diagrama de Blocos, condições de fim de teste..... | 100 |
| Figura 90 – LabVIEW - blocos digrama, abertura e fecho dos gases..... | 101 |
| Figura 91 – LabVIEW - Diagrama de Blocos, atualização gráficos..... | 101 |
| Figura 92 – LabVIEW - blocos de diagrama, <i>frame</i> registo..... | 102 |
| Figura 93 - LabVIEW - Blocos de Diagrama, <i>frame</i> abrir válvula EX | 102 |
| Figura 94 – LabVIEW - Diagrama de Blocos, <i>frame</i> DESCONTAMINAÇÃO..... | 103 |

| | |
|--|-----|
| Figura 95 – LabVIEW - Diagrama de Blocos, <i>frames</i> PARAGEM e REGISTO..... | 104 |
| Figura 96 – LabVIEW - Painel Frontal | 105 |
| Figura 97 – LabVIEW - Project Explorer | 107 |
| Figura 98 - Ícone da aplicação CGAS..... | 107 |
| Figura 99 - Esquema de ligação do detetor com o ZMU | 109 |
| Figura 100 - ZMU instalado na base do detetor | 110 |
| Figura 101 - Painel frontal teste detetor LPG | 112 |
| Figura 102 - Painel frontal - teste do detetor de CO | 113 |
| Figura 103 - Regulador de pressão LM52-6-L-100-1,5 | 114 |
| Figura 104 - Gráfico dos custos do projeto CGAS | 115 |
| Figura 105 - Aspeto final da CGAS | 118 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Caraterísticas do sensor ECO-Sure (2e)..... | 42 |
| Tabela 2 - Calibração por comparação com gás, <i>offset</i> e ajuste do ganho. | 48 |
| Tabela 3 - Calibração com gás calibrado: resumo das leituras. | 48 |
| Tabela 4 - Descodificação do <i>byte Inputs</i> | 84 |
| Tabela 5 - Descodificação das entradas analógicas | 85 |
| Tabela 6 - Descodificação das saídas | 86 |
| Tabela 7 - Descodificação dos <i>bytes</i> enviados pelo <i>firmware</i> | 87 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|-----------------|--|
| CGAS | Câmara Automatizada de Teste de Detetores de Gases |
| GFE | Global Fire Equipment |
| CO | Monóxido de carbono |
| LPG | Liquefied petroleum gas |
| UV | Radiação ultravioleta |
| CO ₂ | Dióxido de carbono |
| LN ₂ | Nitrogénio Líquido |
| CH ₄ | Metano |
| H ₂ | Hidrogênio |
| PCI | Interconector de Componentes Periféricos |
| CEI | Comité Eletrotécnico Italiano |
| MCF | Controlador de fluxo de massa |
| PLA | Poliácido láctico |
| STL | Biblioteca Padrão de Gabaritos |
| HVAC | Esquecimento ventilação e ar condicionado |
| LEL | Limite explosivo inferior |
| UART | Universal Asynchronous Receiver Transmitter |
| VI | Virtual Instrumento |
| ppm | Partes por milhão |

1. INTRODUÇÃO

O projeto Câmara Automatizada Para Teste De Detetores De Gases (CGAS) consiste no desenvolvimento e construção de um protótipo capaz de realizar testes a detetores de gases com aplicação nos sistemas de deteção de incêndios seguindo uma sequência automatizada.

1.1. Enquadramento

A Global Fire Equipment (GFE), referência internacional em equipamentos de deteção de incêndios, vê na deteção de gases uma boa oportunidade de mercado. A equipa de pesquisa e desenvolvimento está a desenvolver equipamentos próprios, capazes de detetar a presença de gases (gás de petróleo liquefeito LPG e monóxido de carbono CO) com elevada precisão e cumprindo as normas europeias. Na fase de produção dos detetores, para garantir a sua funcionalidade e qualidade de excelência, a GFE submete os detetores a rigorosos testes de controlo e seu registo. Neste sentido é fundamental existir um sistema capaz de realizar o teste de forma autónoma, assegurando a qualidade e repetibilidade dos resultados.

O tema deste projeto foi proposto pelo Eng. Miguel Sousa, ex-diretor técnico de GFE-TEC, após o meu pedido de colaboração para a realização do projeto de mestrado, fazendo o enquadramento das minhas funções na empresa de chefe geral de produção.

1.2. Motivação

Foi com grande motivação que foi aceite a elaboração deste projeto, que integra duas vertentes, profissional e pessoal.

Na vertente profissional e no exercício das funções na GFE, considero como muito importante existir um sistema capaz de realizar os testes funcionais de forma autónoma, diminuindo a probabilidade da existência de erros e eliminando tarefas de carácter repetitivo e monótono. A elaboração do projeto trouxe mais sensibilidade para compreender o funcionamento e o raciocínio por detrás das variadas máquinas e robôs usados numa produção, fundamental para diagnosticar e resolver problemas.

A nível pessoal é uma realização a construção de um projeto envolvendo áreas como a mecânica e eletrónica, duas áreas com as quais existe uma identificação e desenvolvimento de outros projetos como passatempo.

1.3. Objetivos

O objetivo deste projeto em estrado é a construção de um protótipo da câmara de testes de gases, recolha e processamento dos dados adquiridos pelos sensores. Na construção e desenvolvimento do protótipo vai ter em conta a descrição da câmara de teste do anexo G da Norma EN 54 - 26. A câmara será um cubo em acrílico com cerca de $0.05m^3$ com uma porta de acesso ao seu interior, tendo como entradas (*inputs*) os detetores e o tipo de gás a testar, sendo depois todo o processo automatizado, de acordo com o seguinte:

- Garantia da porta fechada;
- Homogeneização do gás;
- Cálculo da concentração do gás na câmara;
- Ausência de fugas;
- Aquisição de dados e registo;
- Exaustão do gás do interior da câmara;
- Confirmação do manuseamento em segurança dos detetores em teste.

Para atingir estes objetivos serão usados vários tipos de sensores, em paralelo com o desenvolvimento da eletrónica necessária à recolha e processamento de dados, registo e visualização num ambiente gráfico.

2. ESTADO DA ARTE

Apesar do desenvolvimento da CGAS surgir da inexistência de uma solução standard no mercado, foi feita uma pesquisa de soluções e tecnologias usadas em projetos que se aproximam desta solução, como câmaras de teste utilizadas ou desenvolvidas por laboratórios e os seus instrumentos e transdutores instalados. Foi, assim, feita a análise da norma EN 54-26, onde estão descritas todas as características que a câmara de teste de detetores de monóxido de carbono, usados em sistemas de deteção de incêndio, deve contemplar [1].

2.1. Detetores de gases

Os detetores de gás podem ser utilizados individualmente como equipamento de proteção individual, ou usados em sistemas de proteção combinados como, por exemplo, numa central de deteção de incêndios.

A função dos detetores de gás é medir a concentração de um gás. Nos dispositivos individuais ou portáteis esta medição é transmitida ao utilizador através de um *display* normalmente combinado com um sinal luminoso e sonoro, o qual é ativado quando a concentração atinge valores perigosos. Nos fixos ou pontuais, dispositivos usados nos sistemas de proteção, a informação é transmitida à central que irá atuar conforme a sua programação. Os detetores portáteis são usados na sua maioria por trabalhadores em ambientes com atmosferas perigosas e em inspeções de instalações de gases, sendo normalmente capazes de detetar vários tipos de gases. Os detetores fixos são utilizados para monitorizar e controlar ambientes em que exista o risco de contaminação do ar, por gases tóxicos ou explosivos. Este tipo de detetores, por serem de aplicação específica,

normalmente detetam só um tipo de gás, sendo que associam um sensor de gás a um circuito de processamento de sinal de modo a permitir usar o sinal obtido pelo sensor.

A Global Fire Equipment encontra-se a desenvolver detetores de gás para serem incorporados nos seus sistemas de deteção de incêndio, tornando-os assim num sistema de proteção mais completo.

2.2. Testes de detores de gases

No fabrico de detetores de gases é muito importante garantir a sua funcionalidade e fiabilidade, sendo para tal necessário efetuarem-se testes e calibrações.

Podemos distinguir os testes aos detetores de gás em produção em dois tipos: funcionais e de controlo ao processo de fabrico.

O teste funcional tem como objetivo testar o detetor quanto à sua principal função que é detetar o gás. Este teste é realizado na fase final da sua montagem e consiste em submeter o detetor a uma concentração predefinida do gás, que quando atingida o detetor deve ativar o alarme. O teste pode ser feito colocando os detetores dentro de uma câmara selada e injetando o gás, controlando a quantidade de modo a conseguir a concentração correta, ou aplicando uma mistura do gás diretamente sobre o sensor, já com a concentração necessária à sua ativação.

O teste ao controlo do processo de fabrico tem como objetivo assegurar que o detetor mantém as mesmas características e funcionalidades desde o início da sua produção. Este controlo tem especial importância quando o produto é certificado, ou está num processo de certificação. Normalmente o teste de controlo ao processo de fabrico é realizado por amostragem, pois é um teste exaustivo e demorado. Para realizar este teste são usadas câmaras de teste cujo funcionamento e construção estão descritos na Norma pela qual o detetor é certificado.

2.3. Câmaras de teste de gases

As câmaras de testes de gases vão de uma simples caixa em acrílico, onde são colocados os detetores, sendo a concentração do gás calculada através da relação do volume de ar existente dentro da caixa com o volume de gás injetado manualmente através de uma seringa para dentro da caixa como mostra a Figura 1, até câmaras

automatizadas de milhares de euros, que além de controlarem a concentração do gás controlam também outras grandezas tais como a temperatura, a humidade e a pressão Figura 2.

Câmaras automatizadas para teste de gases não são um produto que se encontre facilmente no mercado, tendo a desvantagem de, normalmente, serem dedicadas a um certo tipo de gás. Pelo exposto, as câmaras de teste de gases têm que ser personalizadas a pedido do cliente, o que se traduz num aumento de custos para o projeto.



Figura 1 - Câmara de Teste de Gás CO na Prevalent Manufacturer Group LTD , China



Figura 2 - Gas Sensor Testing System - Kenosistec UHV & Thin Film Equipment

2.4. Câmaras de teste standard

Existem disponíveis no mercado câmaras de teste com vários objetivos, estando a sua disponibilidade diretamente relacionada com a oportunidade de mercado.

Os produtos antes de chegarem ao mercado passam por uma série de testes, muitos destes testes são comuns a vários tipos de produtos, tornando viável a comercialização de câmaras para estes testes.

Podemos encontrar facilmente câmaras de teste como [2]:

- Temperatura
- Corrosão
- UV
- CO₂ e LN₂
- Humidade
- Choque térmico
- Altitude
- Vibração
- Aceleração
- Vácuo
- Armazenamento de baterias de Lítio
- Pó
- Penetração de água (índice IP)

Os fabricantes de câmaras de teste, além de câmara standard, oferecem também a possibilidade de customização, sendo que a mais solicitada é a alteração das dimensões.

2.5. Análise de câmaras de teste de gases

Na pesquisa efetuada sobre câmaras de teste de gases, nos poucos exemplares que foram identificados, verifica-se que são projetos realizados com um objetivo próprio e por vezes com a intervenção de várias entidades, exemplo disso é a Gas Sensor Testing System da Kenosistec desenvolvida com a parceria do ISTITUTO ITALIANO DEL MARCHIO DI QUALITÀ [3].

Estas câmaras foram desenvolvidas com o objetivo de testar/calibrar sensores de gás, ou detetores e a maior parte são usadas em laboratórios de pesquisa ou certificação. As câmaras que se analisam a seguir, são:

- “Full-Automatic GAS SENSOR EVALUATION EQUIPMENT” da Insistec empresa na área da segurança e tecnologia, Figura 3.
- “Gas Sensor Testing System” da Kenosistec, fabricante de equipamentos para deposição de filmes finos em nanotecnologia, desenhada e desenvolvida com a ajuda do IMQ – ISTITUTO ITALIANO DEL MARCHIO DI QUALITÀ, Figura 4.
- Sistema para teste de sensores de gás da Ineris, organismo público francês de investigação de carácter industrial e comercial, Figura 5.
- GASI, Sistema de mistura de gases de ensaio e câmara de ensaio no Instituto Federal de Pesquisa e Ensaio de Materiais (BAM), Alemanha, Figura 6.
- Instalações para o teste de sensores de hidrogénio em segurança (SenTeF) da JRC, Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia.

2.5.1. Sistema da Insistec para teste de sensores de gás

A câmara de teste “Full-Automatic GAS SENSOR EVALUATION EQUIPMENT” da Insistec, foi concebida para o teste de dois gases CO e CH₄ e usa medidores de fluxo de massa para injetar a quantidade certa do gás no interior da câmara. Tem dois modos de funcionamento, calibração e alarme [4]. No modo calibração usa dois pontos de referência: sem presença do gás e com alta concentração; já no modo alarme testa a *performance* da ativação do alarme dos sensores na presença do gás acima da concentração de funcionamento.

O sistema é controlado por um software através de um Interconector de Componentes Periféricos (PCI). A concentração dos gases é obtida por dois analisadores, um de CO e outro de CH₄, com capacidade de medição 30 – 500ppm e 1350 - 12250ppm, respetivamente. A densidade é controlada por purgas de gás até o analisador medir a concentração desejada e utiliza um ventilador para melhor distribuição e homogeneização dos gases. Para a exaustão do gás do interior da câmara são usadas duas válvulas e dois ventiladores axiais, um para extrair e outro para insuflar.

Nas características de segurança, a câmara está equipada com um sensor de pressão de 0 a 1000Pa (pressão máxima que ela suporta) e uma válvula de segurança aos 600Pa. Dispõe também de sinalizadores, botão de emergência, sensores de vibração e de fugas.



Figura 3 - Sistema da Insistec: GAS SENSOR EVALUATION EQUIPMENT

2.5.2. Sistema da Kenosistec para teste de sensores de gás

A Câmara da Kenosistec tem a particularidade de usar três células independentes, cada uma equipada com sensores de pressão, humidade, velocidade de fluxo e temperatura - nesta câmara a temperatura além de monitorizada também é controlada, Figura 4. O fluxo dos gases e concentração desejada é calculada por um microprocessador que permite o controlo dos fluxos de ar seco e húmido, e obter-se a humidade relativa específica. A concentração de gás é calculada através de espectrómetros [5].

As células são seladas e contém ligações para alimentar os sensores e monitorizar facilmente os vários sinais pelo sistema de controlo. O sistema vem equipado com 3 controladores térmicos de caudal mássico para gases, dois para ar (seco e húmido) e outro para gás, e com humidificador e condensador termorregulado.

O sistema permite realizar sequências automáticas para realizar um teste em conformidade com as normas do Comité Electrotécnico Italiano (CEI), o software de controlo além de monitorizar o processo também regista os dados e preenche relatórios.



Figura 4 - Câmara do Sistema da Kenosistec para Teste de Sensores de Gás

2.5.3. Sistema da INERIS para teste de sensores de gás.

A figura 5bmostra o sistema INERIS as concentrações dos gases são geradas por controladores digitais de fluxo de massa [5]. Através de cilindros genéricos é possível gerar misturas e humidade recorrendo a um gás portador, como o nitrogénio ou dióxido de carbono. O teste pode ser realizado usando uma máscara sobre o sensor fornecida pelo fabricante ou volume da câmara, que está equipada com sensores ambientais. Os testes podem ser realizados automática, e ou manualmente.

A humidade e temperatura são monitorizadas através de sonda capacitiva e uma sonda Pt100 respetivamente, todos as saídas são registadas num sistema de aquisição de dados.



Figura 5 - Instalações da INERIS para Teste de Sensores de Gás

2.5.4. Sistema da BAM para teste e calibração de sensores de gás

O sistema da BAM calibra e testa sensores de gás utilizando um sistema de mistura dinâmico capaz de gerar diferentes concentrações e misturas até três gases, Figura 6 e 7 [5]. Para este controlo usam-se controladores térmicos de caudal mássico para gases na mistura sendo também controlada a humidade. A gestão do teste é realizada por um computador que obtém os dados através de uma rede IEEE-BUS e é analisada pelos softwares LabView e Excel.

Para analisar com mais precisão as misturas e concentrações dos gases este sistema dispõe de um higrómetro, um cromatógrafo e um espectrómetro.



Figura 6 - Sistema da BAM para Teste e Calibração de Sensores de Gás

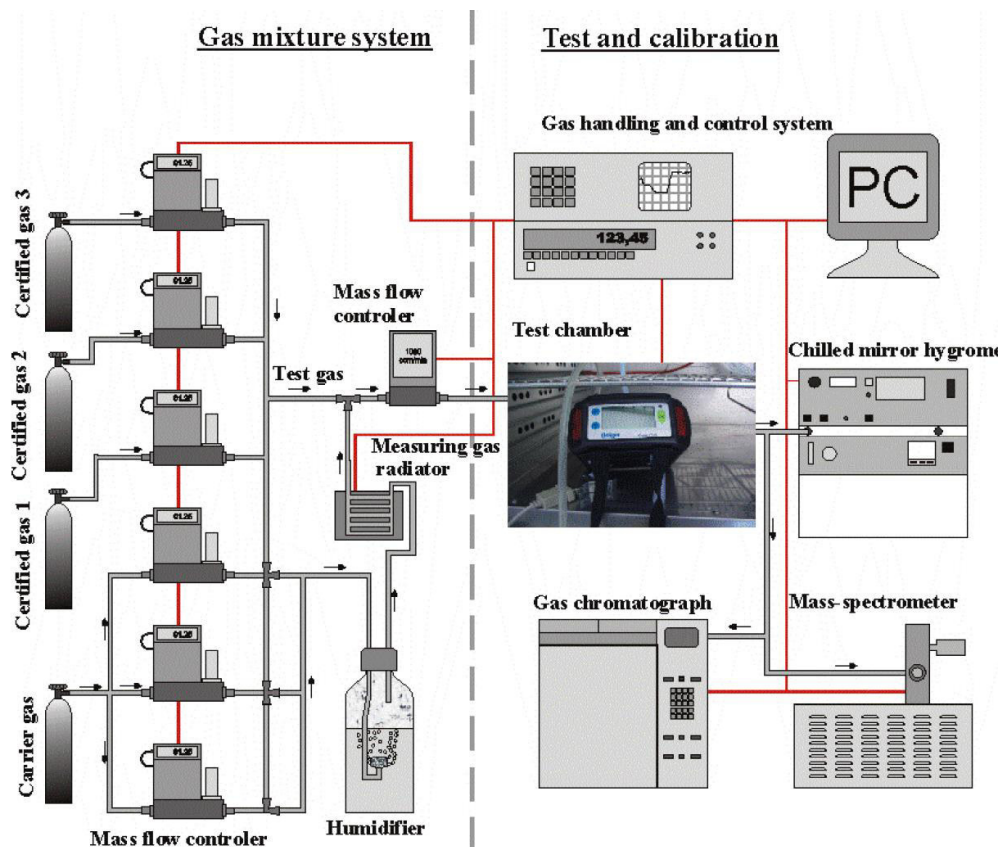


Figura 7 - Esquema do Sistema de Mistura de Gás e do Sistema de Teste e Calibração da BAM

2.5.5. Instalações para o teste de sensores de hidrogénio em segurança da JRC (SenTeF)

As instalações para o teste de sensores de hidrogénio da JRC, pode ser dividida em quatro partes, como se pode ver na Figura 8 delimitado por tracejado [5]:

- Sistema de manuseamento de gás;
- Sistema de controlo e aquisição de dados;
- Sistema analisador de gás;
- Gestão e fornecimento de energia.

Para aquisição de dados dos sensores podem ser usados equipamentos adicionais de modo tornar o sinal compatível com os equipamentos de aquisição.

Este sistema foi pensado para uma simulação realista em termos ambientais e para realizar testes de resposta dinâmica e estabilidade a longo prazo, enquanto a Figura 9

apresenta o painel de conteúdo elaborado em ambiente LabView do teste de sensores da JRC.

Um higrômetro de ponto de orvalho mede a humidade, a concentração do gás é analisada por um cromatógrafo equipado com dois detetores, condutividade térmica (TCD) e um detetor de ionização de chama (FID).

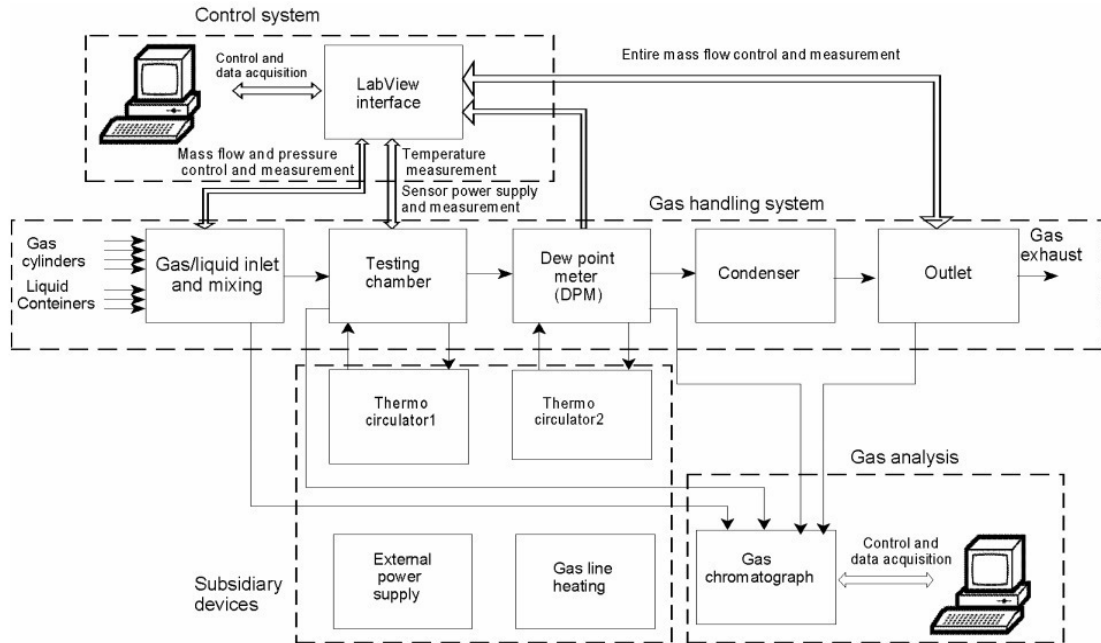


Figura 8 - Diagrama de Blocos da Instalação de teste da JRC

Para descrever o sistema ao pormenor, vamos analisar a Figura 10:

- Secção A, grupo de entrada dos gases é composto por controladores térmicos de caudal mássico para gases (MFC), que podem ser ligados a garrafas de gás ou a um sistema de distribuição.
- Secção B, sistema de simulação de atmosfera, humedificação e contaminação do ar como a poluição (ex. vapor de gasolina).
- Secção C, dois cilindros com 3,8 litros, usados para armazenamento da mistura de gás criada, de modo a controlar a velocidade do fluxo.
- Secção D, Controladores térmicos de caudal mássico para gases, para controlar o fluxo.
- Secção E, Câmaras de ensaio, uma ambiental (C1) e uma para ensaios dinâmicos (C2). A câmara de ensaio ambiental permite medições controladas a longo prazo, controlando

gradualmente a temperatura, uma simulação mais perto das condições naturais. A câmara C2 é usada para alterações mais rápidas da composição do gás, temperatura e caudal.

- Secções F e G são dedicadas aos aparelhos de medição, da humidade e da composição do gás.

-Secção H, define as taxas de fluxo para as experiências dinâmicas.

-Secção I, em combinação com a bomba de vácuo da secção H faz a purga de toda a instalação com argónio.

Toda a instalação é controlada por hardware da National InstrumentsTM e software programado em LabVIEWTM, o processo é gerido no ambiente gráfico programado no LabVIEW através de um computador, Figura 9, tendo o operador acesso à programação das secções acima descritas (exceto G e H) e uma visualização geral do decorrer do teste. O programa controla e adquire os valores de sensores de pressão, temperatura, humidade e controladores térmicos de caudal mássico para gases, através de um módulo Fieldpoint 200. O Cromatógrafo é operado por um computador separado.

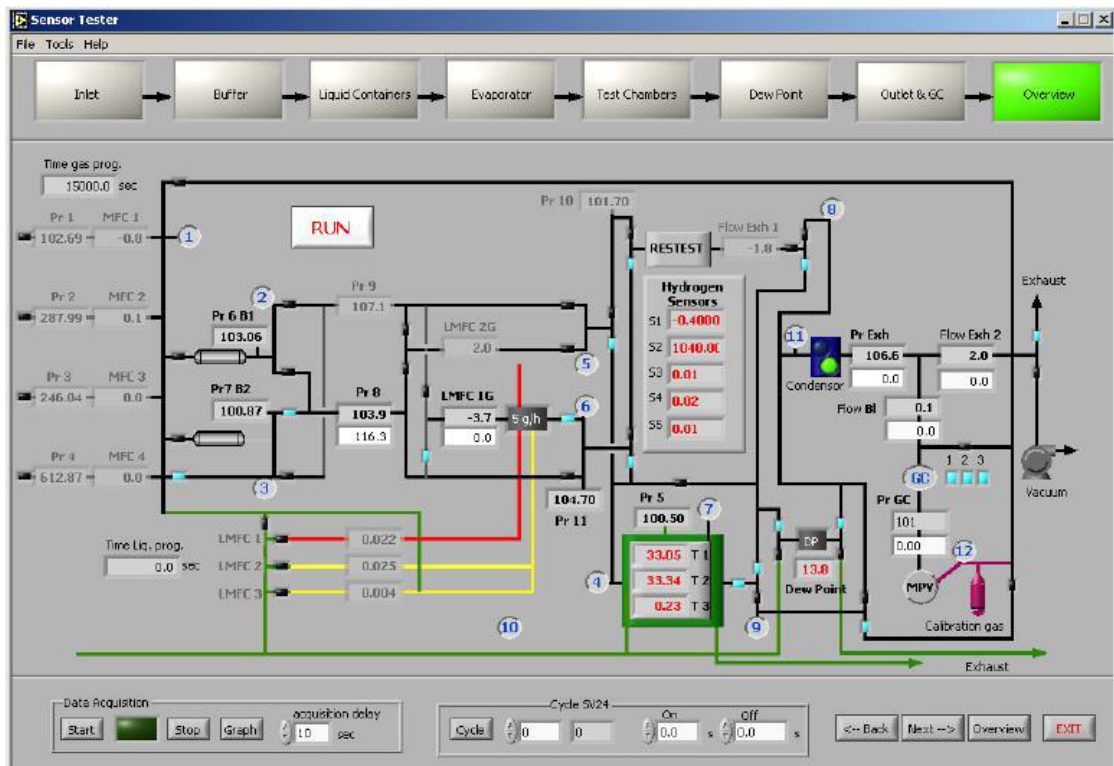


Figura 9 - Painel de controlo das instalações de teste de sensores da JRC

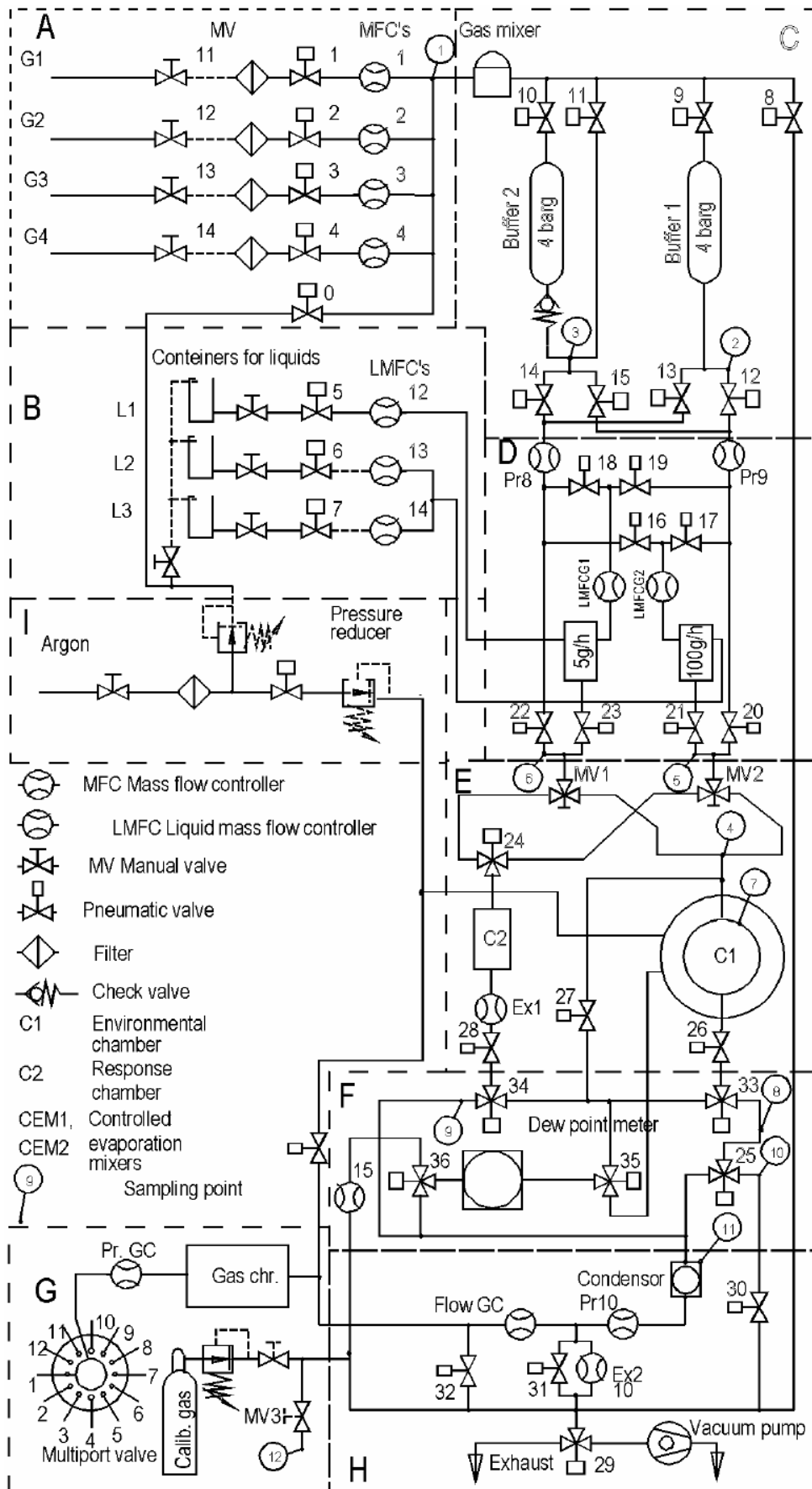


Figura 10 - Diagrama do sistema das instalações de teste de sensores de gás da JRC

2.6. Justificação para a construção da câmara de gases

Como referido anteriormente, as câmaras de teste de gases existentes no mercado não oferecem uma solução completa às necessidades da GFE, seja pela falta de rigor e segurança nas câmaras mais simples, ou pelos elevados custos e desperdício de recursos nas câmaras personalizadas. Por este facto, a empresa optou pela construção de uma câmara à sua medida.

A construção da câmara de testes, além da vantagem económica, vai naturalmente exigir um maior conhecimento do funcionamento dos sensores e das suas características, que se irá traduzir num melhor conhecimento técnico na deteção de gases.

Apesar da norma EN 54-26 ainda não estar em vigor à data, será uma questão de tempo, neste sentido é importante que câmara se aproxime da descrita no anexo G da EN 54-26 [1], de modo a que os testes na fase de desenvolvimento e conceção do detetor de CO sejam o mais próximos possível dos futuros ensaios a realizar em laboratórios acreditados no processo de certificação CE.

3. EQUIPAMENTOS DE AUTOMATIZAÇÃO

A automatização de qualquer processo exige leituras e ações sobre as variáveis, aquisição e controlo, onde as câmaras de teste para detetores de gases são um exemplo disso. Neste capítulo vão ser analisados alguns exemplos de sensores e equipamentos utilizados no controlo deste tipo de processos.

3.1. Controladores térmicos de caudal mássico para gases

Os controladores térmicos de caudal mássico para gases (MFC) é um dispositivo que mede e controla o fluxo de líquidos ou gases, este controlo é efetuado através do envio do valor do fluxo desejado para o MFC através de um sinal digital ou analógico. O dispositivo consiste num controlador, num sensor e numa electroválvula. O gás entra no dispositivo e divide-se em dois circuitos, o principal que segue em direção à electroválvula e um segundo em que o gás é forçado por uma resistência, à sua passagem, a fluir por um tubo capilar. Este tubo está equipado com dois sensores de temperatura e uma resistência, Figura 11.

A resistência de aquecimento está instalada entre os dois sensores de temperatura, o gás ao fluir no tubo vai provocar uma diferença de temperatura entre os dois sensores, que é diretamente proporcional ao fluxo de massa que passa através do sensor. Com a informação do fluxo do gás, o controlador atua sobre a electroválvula de modo a ajustar o fluxo para o valor definido [6]. Os MFC são calibrados para um determinado gás e as especificações do fabricante, como por exemplo a pressão do gás, devem ser cumpridas.



Figura 11 - Controlador de Fluxo de Massa da Bronkhorst

3.2. Higrômetros

Os higrômetros são instrumentos que permitem medir a humidade e podem ser classificados pelo princípio de funcionamento: higrômetros de condensação, de absorção e elétricos.

- Os higrômetros de absorção são instrumentos que determinam a humidade pela absorção do vapor de água por uma substância química higroscópica. No caso dos higrômetros de condensação, é na relação das características do ar e de uma superfície fria onde o vapor de água condensa, que se consegue determinar a humidade. Higrômetros elétricos usam eletrodos metálicos revestidos com sais onde a humidade atmosférica vai fazer variar a resistência entre eles.

- O higrómetro de espelho refrigerado (CMH) é usado na indústria e laboratórios onde a precisão da humidade é importante. O princípio de funcionamento é de um higrómetro de condensação, que permite calcular a temperatura do ponto de orvalho, através da condensação do vapor de água existente num gás sobre um espelho refrigerado, através da análise da reflexão de um feixe de luz sobre o espelho, Figura 12. O espelho é refrigerado a uma temperatura tal que a taxa de condensação é igual à taxa de evaporação, definindo assim a temperatura do ponto de orvalho. Estes aparelhos requerem alguma manutenção como a limpeza do espelho e podem ser adquiridos com um analisador, permitindo a visualização de vários parâmetros relacionados com a humidade, registos dos dados e comunicação com um PC através de RS232 [7].

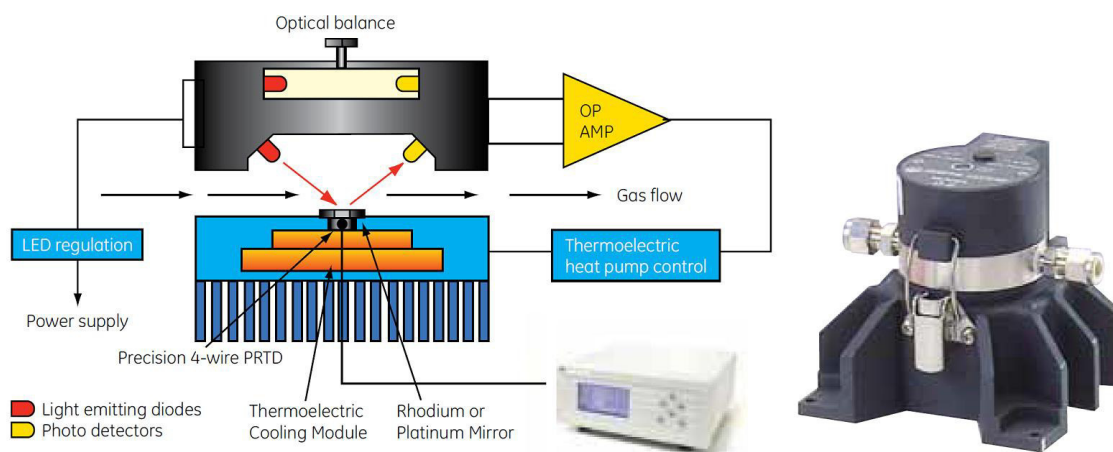


Figura 12 - Princípio de Funcionamento do Higrômetro de Espelho Refrigerado

3.3. Cromatógrafo

O Cromatógrafo é um instrumento capaz de identificar e quantificar várias substâncias, como os gases existentes numa mistura, Figura 15. Para identificar as substâncias é necessário separá-las e para isso recorre a uma série de detetores como exemplo [8]:

- TCD (Detetor de Condutividade Térmica)
- FID (Detetor de Ionização de Chama)

O detetor de condutividade térmica compara a condutividade térmica de dois fluxos de gases, sendo um dos gases a referência e o outro o gás a ser analisado. O princípio de funcionamento baseia-se em de que a velocidade a que um corpo perde calor depende do gás que o rodeia. Num encapsulamento, o gás passa por um filamento aquecido e a velocidade da condutividade térmica do gás vai afetar a resistência elétrica do filamento. Os dois fluxos formam uma ponte de Wheatstone, que permite detetar as variações de tensão [9].

O Detetor de Ionização de Chama quantifica os iões que são gerados pela queima do composto por uma chama de hidrogénio e a corrente iónica é medida por um eléctrodo colocado por cima da chama - este detetor é de alta sensibilidade e estabilidade [10].



Figura 13 - Global Analysers Solution Compact GC 4.0 [8]

3.4. Sensor de pressão

Um sensor de pressão é um dispositivo que converte a pressão num sinal, neste caso num sinal elétrico. Com o objetivo principal de medir a pressão, estes sensores podem ser também utilizados para medir outras unidades como é o caso da altitude.

A pressão de operação é uma característica que define a pressão mínima e máxima, na qual o sensor pode operar, os sensores de pressão podem ser classificados consoante as seguintes características:

- Pressão de operação
- Tipo de pressão
- Precisão
- Tipo de sinal de saída
- Tipo de montagem
- Tipo de tecnologia
- Pressão absoluta, que mede a pressão relativa ao vácuo.
- Pressão manométrica, em que a referência é a pressão atmosférica.

- Pressão de vácuo, que mede a diferença negativa em relação à pressão atmosférica.
- Pressão diferencial, mede a diferença entre duas pressões.
- Pressão manométrica selada, semelhante à manométrica, mas com referência a uma pressão fixa.

A unidade de pressão pode ser dada em *psi*, *mbar*, *Pa* ou em percentagem.

O tipo de sinal de saída pode ser digital, analógico, analógico amplificado, por frequência, linear de tensão ou de corrente.

O sensor está disponível em vários formatos para facilitar a montagem, entre os quais [11]: montagem em placa de circuito impressa, calha DIN, em painel, etc.

As tecnologias usadas para converter a pressão num sinal elétrico nos sensores são por exemplo [12]:

- Sensores potenciométricos: um potenciómetro é acionado pelo movimento de um tubo helicoidal que expande e contrai com a variação da pressão.

- Sensores indutivos: funcionamento idêntico aos potenciómetros, mas o elemento transdutor é uma LVDT (Transformador Diferencial de variável linear) em vez do potenciómetro.

- Sensores capacitivos: através de um diafragma é criado um condensador variável que se deforma com a pressão.

- Sensores piezoresistivos: utilizam materiais que variam a sua resistência elétrica quando submetidos a tensões mecânicas. A pressão vai criar uma tensão mecânica no material e com essa variação da resistência é possível obter um sinal elétrico.

3.5. Medidores de fluxo de ar

Existem vários métodos de medir ou estimar o fluxo de ar [13], como exemplo: anemómetros mecânicos, anemómetros térmicos, etc.

Os anemómetros mecânicos são os dispositivos mais conhecidos para a medição do fluxo do ar. O fluxo de ar ao passar por uma ventoinha ou pás montadas no eixo cria um movimento rotativo, Figura 16. A forma mais comum de medir o movimento é

colocando um gerador no mesmo eixo das ventoinhas e através da energia produzida é possível estabelecer uma relação com a velocidade do fluxo [14].



Figura 14 - Anemómetro Mecânico [14]

Os anemómetros térmicos determinam o fluxo de ar com base no princípio da transferência térmica, também conhecidos com *hot-film* ou *hot-wire*. Este sensor comporta duas resistências depositadas num substrato de vidro, Figura 17. Uma das resistências funciona como sensor que mede a temperatura do fluido, enquanto a outra é aquecida e mantida a uma temperatura constante pela passagem de corrente elétrica. A massa ao fluir pelo sensor vai arrefecer a temperatura da resistência aquecida e a velocidade do ar vai ser calculada com base na potência necessária para manter constante a temperatura entre as duas resistências [15].

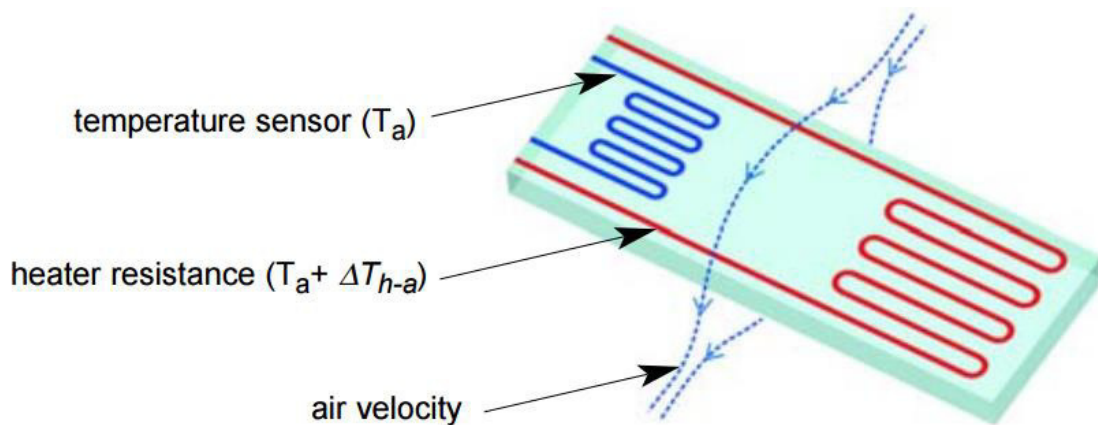


Figura 15 - Sensor de velocidade do ar - anemómetro *hot-film* [16]

3.6. Sensores de temperatura

A temperatura é uma grandeza monitorizada em quase todos processos e para a medir existem vários tipos de sensores para variadas aplicações. A medição da temperatura pode ser feita por contacto direto com o corpo ou por radiação. Nos sensores de contacto direto temos: Termo-resistências metálicas, Termístores e Termopares.

As termo-resistências metálicas ou RTD (Resistance Temperature Detector) são construídas por um núcleo de material isolante com uma resistência enrolada à sua volta. A variação da temperatura vai alterar o valor da resistência elétrica do material condutor, que pode ser em platina níquel, cobre ou tungsténio. São sensores com elevada precisão e fiabilidade, mas têm a desvantagem de serem pouco sensíveis [17].

Os termístores são construídos por materiais semicondutores como os óxidos de níquel, de cobalto ou de manganês. Existe dois tipos de termístores: os NTC (Negative Temperature Coefficient) e os PTC (Positive Temperature Coefficient). Nos NTC a resistência diminui com o aumento da temperatura, ao contrário dos PTC, em que a resistência aumenta com o aumento da temperatura.

Os termopares são sensores ativos formados pela junção de dois materiais condutores, onde a variação da temperatura vai criar uma força eletromotriz, a partir da

qual se pode medir a temperatura. Tem a vantagem de conseguir medir temperaturas altas e tem pouca inércia térmica.

3.7. Sensor temperatura Pt100

O sensor Pt100 é uma termo-resistência metálica ou RTD (Resistance Temperature Detector) em que o material usado para a resistência é a platina, usada pela sua pureza, linearidade, estabilidade e ampla gama de temperaturas. A resistência deste sensor a 0° C é de 100Ω e tem um coeficiente de temperatura de 0,00385 Ω/Ω/°C [17].

Este sensor pode apresentar-se em vários estilos de montagem, do mais simples apenas com a haste em inox e um cabo, Figura 16, até equipados com falanges e conectores, Figura 17. As ligações podem ser feitas por dois ou três condutores, sendo que o terceiro tem como objetivo a compensação da resistência nos próprios cabos.



Figura 16 - Aspeto de uma Pt100



Figura 17 - Aspeto de uma Pt100 com parafuso e conector

3.8. Norma EN 54-26

A marcação CE é um requisito para a venda de produtos dentro da União Europeia. Para se obter a marca CE é necessário que o fabricante prove que o produto cumpre todos os requisitos definidos nas normas europeias harmonizadas.

Desde 25 de janeiro 2015 existe uma norma europeia, a EN 54-26 “*Fire detection and fire alarm systems – Part 26: Carbon monoxide detectors - Point detectors*” [1], norma que regula os detetores de monóxido de carbono usados em sistemas de detecção de incêndio. Ainda não é harmonizada, uma vez que não foi referenciada no Jornal Oficial da União Europeia, ou seja, não pode ser usada para efeitos da marcação CE. Assim que a norma entrar em vigor, existirá um período de coexistência com as normas nacionais. Neste período não é obrigatória, mas já pode ser utilizada e colocada em prática pelo fabricante. No final do período de coexistência, a norma passa a ser obrigatória para a livre circulação do produto na União Europeia - isto significa que o produto só pode ser colocado à venda se tiver a marcação CE, em conformidade com a norma europeia harmonizada aplicável.

3.8.1. Métodos de ensaio e avaliação

As condições ambientais para estabilização da amostra antes do teste devem estar compreendidas entre [1]:

- Temperatura: 15 a 35 °C;
- Humidade relativa: 25 a 75 %;
- Pressão do ar: 86 a 106 KPa;
- A concentração de CO no ambiente não deve exceder 3 µl/l.

A amostra deve estar ligada ao equipamento de alimentação e monitorização indicado pelo fabricante. Na monitorização da amostra em teste de falha ou alarme devem ser utilizadas todas as ligações auxiliares necessárias, como no caso dos detetores convencionais, onde é necessário um dispositivo fim de linha.

A montagem do detetor deve ser feita através da fixação recomendada pelo fabricante, no caso de haver mais que um tipo de fixação deve-se considerar o mais desfavorável a cada teste. O mesmo critério aplica-se relativamente à posição do detetor dentro da câmara: a mais desfavorável é determinada pelo teste de dependência direcional.

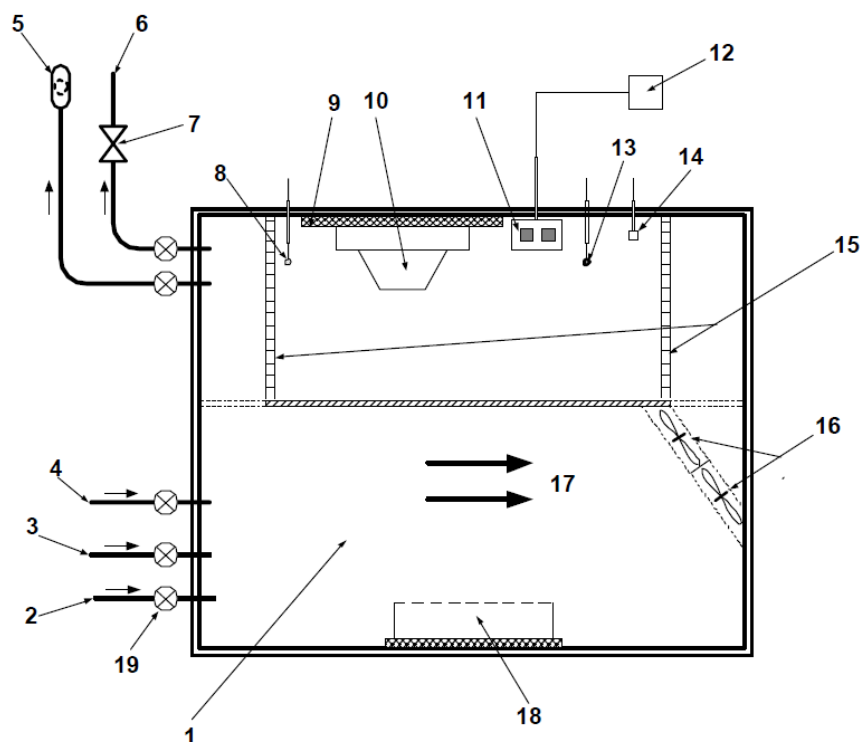
No caso de não especificação das tolerâncias nos parâmetros em teste, deve-se considerar o valor de 5%.

3.8.2. Câmara de ensaio de gás da EN54-26

A norma [1] descreve parâmetros e funcionalidades que os detetores de monóxido de carbono usados nos sistemas de segurança e deteção de incêndios devem respeitar, como também os testes a realizar para atestar tais funcionalidades. O anexo G da EN 54-26 contém informação relativa à construção da câmara de teste de gás para medir o valor da resposta ao CO, Figura 18.

Segundo a norma, devem ser considerados o desenho e as características da câmara de teste de gás de modo a ser um teste standard. Para isso devem-se considerar os seguintes parâmetros:

- Volume da câmara de $0,05\text{m}^3$ a $0,1\text{m}^3$, para um melhor controlo e segurança das pessoas;
- A câmara deve ser selada de modo a não haver fugas nem entradas de gases e deve-se ter em conta o material usado, de modo não haver reacção com o gás;
- Para melhorar as medições do aumento da concentração do gás, o teste deve ser feito num circuito fechado;
- A circulação do ar em redor do detetor deve ser o mais linear possível e o sistema de circulação deve conseguir uma uniforme distribuição da temperatura e concentração do gás;
- A câmara de teste pode ser colocada dentro de uma câmara climática de modo a permitir o aquecimento e arrefecimento durante o acondicionamento ambiental;
- Deve dar-se especial atenção à disposição dos elementos dentro da câmara, de modo a não perturbar as condições do teste.



- | | |
|------------------------------------|---|
| 1 Câmara de teste de gás | 11 Sensor de CO |
| 2 Entrada de ar limpo | 12 Medidor de CO |
| 3 Entrada de gás tóxico | 13 Sensor de temperatura |
| 4 Entrada de CO | 14 Sensor de humidade |
| 5 Válvula de equilíbrio de pressão | 15 Filtro favo de mel |
| 6 Exaustão | 16 Ventoinhas |
| 7 Bomba de vácuo | 17 Direção do ar |
| 8 Sonda de fluxo de ar | 18 Recipiente para teste de substâncias |
| 9 Base para o detetor | 19 Válvulas |
| 10 Detetor em teste | |

Figura 18 - Vista de Lado do Exemplo da Câmara de teste de Gás descrita na Norma EN54-26

3.8.3. Condições dos testes

A câmara de teste deve ser purgada com ar limpo antes de cada teste, para garantir que a concentração de CO no início seja inferior a $1,5\mu\text{l/l}$.

A velocidade do fluxo de ar próximo do detetor deve ser de $0,2 \pm 0,04 \text{ m/s}$.

A temperatura do ar dentro da câmara deve ser $23 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

O detetor deve estar ligado ao equipamento indicado pelo fabricante durante 15 minutos antes do início do teste, de modo a estabilizar.

A taxa de concentração de CO na câmara deve estar entre 1µl/l e 6µl/l por minuto e deve ser idêntica para todas as medições.

O valor da concentração de CO em que o detetor entra em alarme deve ser registado como valor de resposta $S(\mu\text{l/l})$. As variações da temperatura devem ser registadas como $\Delta T(\text{K})$.

Na taxa de sensibilidade ao CO, o detetor não deve sinalizar alarme para uma concentração de 10µl/l, sobreposta à condição inicial de concentração entre 0 e 1,5µl/l.

Na resposta a incêndio de desenvolvimento lento, sendo S_i a resposta inicial ao CO e R a taxa de variação da concentração de CO (S) no tempo, para cada taxa de crescimento de R maior que $S/4$ por hora, o tempo para o detetor entrar em alarme (t_A) não deve exceder $1,6 \times S_i/R$ por mais de 100s e o intervalo de compensação durante este período é limitado, de modo que o valor da resposta ao CO não seja superior a 1,6 do valor inicial.

3.8.4. Testes a efetuar ao detetor na câmara de ensaio de gás [1]

Repetibilidade: tem como objetivo mostrar que o detetor é estável quanto à sua sensibilidade depois de entrar em alarme n vezes. Seguindo as condições da Secção 3.2.3., devem ser testados seis detetores na mesma posição.

Regista-se o valor da resposta mais baixo como S_{min} e o valor mais alto como S_{max} .

O detetor cumpre os requisitos se:

$$\frac{\Delta S_{max}}{\Delta S_{min}} < 1,6 \text{ e } S_{min} > 25\mu\text{l/l} \quad (1)$$

Dependência direcional: verificar a não dependência da direção do fluxo de ar. O detetor será testado oito vezes, uma para cada rotação de 45° em relação ao seu eixo, com as condições descritas na Secção 3.2.3.

Registam-se os valores de resposta S_{min} e S_{max} bem como as orientações em que foram verificados. A orientação de S_{min} vai ser designada como orientação mais sensível e de S_{max} como a orientação menos sensível.

O detetor cumpre os requisitos se obedecer às condições de (1).

Reprodutibilidade: testes para provar que a sensibilidade não varia de detetor para detetor. Realiza-se o teste a todas as amostras conforme a Secção 3.2.3.

Regista-se o valor da resposta mais baixo como S_{min} , o valor mais alto como S_{max} e a média com \bar{S} .

O detetor cumpre os requisitos se obedecer às condições às seguintes Equações:

$$\Delta S1 < 1.33 \text{ sendo } \Delta S1 = S_{max}/\bar{S} \quad (2)$$

$$\Delta S2 < 1.55 \text{ sendo } \Delta S2 = \bar{S}/S_{min} \quad (3)$$

$$S_{min} > 25\mu\text{l/l} \quad (4)$$

Movimento do ar: serve para comprovar que a sensibilidade não varia indevidamente com a taxa de fluxo de ar. Seguindo o procedimento na Secção 3.3, deve-se realizar o teste na orientação menos sensível $S_{(0,2)min}$ e na orientação mais sensível $S_{(0,2)max}$. Repetem-se os testes com uma velocidade de ar de $(1\pm 0,2)$ m/s e regista-se as respostas $S_{(1,0)min}$ e $S_{(1,0)max}$.

O detetor cumpre os requisitos se obedecer às condições às seguintes Equações:

$$0,625 \leq \frac{S_{(0,2)max} + S_{(0,2)min}}{S_{(1,0)max} + S_{(1,0)min}} \leq 1,6 \quad (5)$$

$$S_{(0,2)min} > 25\mu\text{l/l} \text{ e } S_{(1,0)min} > 25\mu\text{l/l} \quad (6)$$

Estabilidade a longo tempo: atesta a estabilidade do detetor por longos períodos de tempo. O detetor é ligado ao equipamento indicado pelo fabricante nas condições descritas na Secção 3.1. durante 84 dias, após este período deve ser medida a resposta como descrita na Secção 3.2.3.

Os valores registados no teste de reprodutividade desta amostra devem ser atualizados, para o caso do S_{max} deve ser considerado o valor superior e para S_{min} o valor inferior dos dois testes.

O detetor cumpre os requisitos se obedecer às três condições:

O detetor não assinalou falta nem alarme durante o ensaio na condição livre de CO;

$$- \frac{S_{max}}{S_{min}} < 1,6 \quad (7)$$

$$- S_{min} > 25\mu\text{l/l} \quad (8)$$

Tolerância à tensão de alimentação: tem como objetivo comprovar que a sensibilidade do detetor não depende da variação da tensão dentro dos parâmetros de funcionamento do mesmo. Devem ser registados os valores de resposta S_{min} e S_{max} nos limites dos parâmetros de alimentação.

O detetor cumpre os requisitos se obedecer às duas condições das Equações 7 e 8.

Resistência à temperatura: atesta que o detetor funciona corretamente a temperaturas elevadas dentro da sua gama de funcionamento. O detetor é instalado na câmara de ensaio na sua orientação menos sensível, ligado ao seu equipamento de controlo e a câmara deve estar nas condições iniciais. Para realizar este teste a câmara de ensaio deve ser colocada dentro uma câmara climática, de modo a que a sua temperatura aumente para $55 \pm 2^\circ\text{C}$, a uma velocidade não superior 1Kmin^{-1} e aquela deve ser mantida constante por 2 horas. Ao fim das duas horas deve-se realizar o teste conforme descrito na Secção 3.3, mas com a temperatura de $55 \pm 2^\circ\text{C}$. Registam-se os valores de resposta S_{min} e S_{max} e calcula-se o ΔS com os valores obtidos no teste de reprodutividade para o mesmo detetor.

O detetor cumpre os requisitos se obedecer às três condições:

- Não apresentar falhas e alarme antes do teste de resposta ao CO;
- Cumprir as condições da Equação 7;
- Cumprir as condições da Equação 8.

Calor seco: este teste consiste em colocar o detetor desligado a uma temperatura de $50 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 21 dias, no final deste tempo é deixado a recuperar entre 1h a 2h em condições normais (descritas acima, entre 15 e 35°C), depois é realizado o teste do valor

de resposta da Secção 3.2.3. Registam-se os valores de resposta S_{min} e S_{max} e calcula-se o ΔS com os valores obtidos no teste de reprodutividade.

O detetor cumpre os requisitos se obedecer às três condições seguintes:

- Não apresentar falhas e alarme devido ao condicionamento;
- Cumprir as condições da Equação 7;
- Cumprir as condições da Equação 8.

Frio: permite atestar que o detetor funciona corretamente a temperaturas baixas dentro dos seus parâmetros de funcionamento. O detetor é instalado na câmara de ensaio na sua orientação menos sensível, ligado ao seu equipamento de controlo e a câmara deve estar nas condições iniciais. Para realizar este teste, a câmara de ensaio deve ser colocada dentro de uma câmara climática, para a sua temperatura ser reduzida para $-10 \pm 3^\circ \text{C}$ a uma velocidade não superior 1Kmin^{-1} e mantida nessas condições por 16 horas. No fim desse tempo, deve realizar-se o teste conforme descrito na Secção 3.2.3., mas com a temperatura de $-10 \pm 3^\circ \text{C}$. Registam-se os valores de resposta S_{min} e S_{max} e calcula-se o ΔS com os valores obtidos no teste reprodutividade para o mesmo detetor.

Este cumpre os requisitos se obedecer às três condições:

- Não apresentar falhas e alarme antes do teste de resposta ao CO.
- Cumprir as condições da Equação 7;
- Cumprir as condições da Equação 8.

Exposição a níveis elevados de monóxido de carbono: demonstra a capacidade para suportar elevados níveis de concentração de CO a que o detetor pode estar sujeito num incêndio. O detetor em funcionamento é colocado num ambiente com uma concentração de CO de $1000 \pm 100 \mu\text{l/l}$ durante 1h e nos últimos 5 minutos deve ser reiniciado. Após 1h de recuperação, o detetor deve ser novamente reiniciado e realizado o teste conforme a Secção 3.2.3. Considerar os valores de resposta S_{min} e S_{max} os extremos medidos entre este teste e o teste de reprodutividade.

O detetor cumpre os requisitos se obedecer às duas condições seguintes:

- Encontra-se em alarme durante o período em que está sujeito à concentração de CO e volte a entrar em alarme 2 minutos depois de reiniciado;
- Após a recuperação, $\frac{\Delta S_{max}}{\Delta S_{min}} < 1,6$ ou apresenta alarme ou falha.

Exposição a agentes químicos em concentrações ambientais: este teste tem como finalidade provar que o detetor não é afetado pelos elementos poluentes ou químicos que possam existir no ambiente em que é inserido. O detetor é colocado numa determinada concentração do agente, durante um período de tempo seguido de um período de recuperação. Finalizado este período, é realizado o teste descrito na Secção 3.2.3. e devem considerar-se os valores de resposta S_{min} e S_{max} os maiores medidos entre este teste e o teste de reprodutibilidade.

Na Figura 19 podemos ver os agentes e os referidos períodos de tempo.

O detetor cumpre os requisitos se obedecer às condições das Equações 7 e 8.

| Tests | Chemical Agent | Concentration ($\mu\text{l/l}$) $\pm 20\%$ | Exposure period (h) | Recovery period (h) $\pm 20\%$ |
|-------|---------------------|--|---------------------|--------------------------------|
| 1 | Carbon Monoxide | 15 | 24 | 1 |
| 2 | Nitrogen dioxide | 5 | 24 | 1 |
| 3 | Sulphur dioxide | 5 | 24 | 1 |
| 4 | Chlorine | 2 | 1 | 1 |
| 5 | Ammonia | 35 | 1 | 1 |
| 6 | Heptane | 500 | 1 | 1 |
| 7 | Ethanol | 1 000 | 1 | 24 |
| 8 | Acetone | 1 500 | 1 | 24 |
| 9 | Hexamethyldisiloxan | 10 | 1 | 1 |
| 10 | Ozone ^a | 0,2 | 1 | 1 |

^a The exposure to ozone does not need to be carried for sensor technologies that are known to be unaffected by this gas (e.g. electrochemical cells).

Figura 19 - Condições de exposição aos agentes poluentes

Na EN 54-26, o Anexo D – Estabelecimento de níveis de exposições de agentes químicos informa que, dado o elevado número de substâncias a testar, é inexequível obter

equipamentos calibrados para a medição das concentrações, pelo que estas podem ser obtidas pelo cálculo volumétrico [1]. No caso do gás a testar se encontrar acondicionado com a concentração desejada, a câmara deve ser purgada (enchida e esvaziada) 10 vezes com o gás para obter a concentração requerida.

Após a realização de cada um dos restantes testes requeridos pela Norma ao detetor (como a resistência à humidade, calor húmido em estado estável, calor húmido em estado estacionário, baixa humidade em estado estável, resistência à corrosão, choque, vibração sinusoidal e compatibilidade eletromagnética (CEM), aquele deve regressar à câmara de ensaio para realizar o teste e deve cumprir os requisitos das condições das Equações 7 e 8.

4. CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DA CGAS

Este capítulo começa pela descrição dos sensores e transdutores utilizados na CGAS, sejam os adquiridos ou os construídos. Será ainda realizada uma breve descrição da central de deteção de incêndios instalada na CGAS e dos atuadores. Seguidamente descreve-se o desenvolvimento do hardware PCB CGAS, o desenho e execução da sua estrutura.

4.1. Descrição geral da câmara automatizada para teste de detetores de gases

O projeto da câmara automatizada para teste de detetores de gases pode dividir-se em três partes: unidade de processamento, unidade de controlo e câmara de teste.

A unidade de processamento é composta por um computador com um programa de controlo programado no software LabView. Este vai fazer a gestão de todo o teste através da leitura dos dados enviados pela unidade de controlo, o que permite ao utilizador acompanhar o estado do teste através do ambiente gráfico.

O programa vai verificar se as condições iniciais especificadas estão reunidas e inicia o fluxograma do teste.

Nas condições iniciais, o programa assegura que:

- O detetor está presente e é o correto;
- A porta está fechada;
- A temperatura e humidade estão dentro dos parâmetros definidos;
- Não existe presença de gás;
- Existe ar comprimido disponível.

Após a confirmação das condições iniciais, o teste é iniciado com a seguinte sequência:

- Fechar a válvula de exaustão;
- Ligar sinalização amarela;
- Abrir o gás por períodos de tempo até a concentração atingir o limite máximo do teste ou o detetor ativar o alarme;
- Registrar os valores lidos pelo sensor e detetor;
- Analisar os dados e classificação do detetor (aprovado ou rejeitado);
- Imprimir um relatório;
- Abrir a válvula de exaustão e injetar ar comprimido para limpar a câmara até o sensor deixar de detetar gás;
- Ligar o sinalizador verde e escrever a mensagem “FIM DO TESTE”.

A unidade de controlo é constituída por dois sistemas diferentes, uma central de deteção de incêndios e uma placa de circuito impresso.

A central de deteção de incêndios faz parte da simulação real do detetor no seu normal funcionamento, o detetor pode ser ligado diretamente ao terminal da central ou através de um módulo, caso necessite de alimentação externa. A ligação entre a central e o detetor, além de fornecer alimentação para o seu funcionamento, também usa um protocolo de comunicação analógica onde o detetor é constantemente interrogado pela central. É nesta, que através de comunicação série RS232 o sistema de processamento vai encontrar a resposta do detetor em teste.

A placa de controlo é uma placa desenhada e dedicada para o projeto e é composta por um microcontrolador, entradas e saídas digitais e analógicas e comunicação série. As entradas digitais fazem a leitura dos sensores digitais, como dos sensores magnéticos dedicados às posições da porta e válvulas; as saídas digitais vão atuar os sistemas de admissão de gás e circulação de ar. A leitura da concentração do gás é feita através de transdutores ligados às portas analógicas.

Fazem parte da unidade de controlo o sistema pneumático de controlo e admissão de gás e ar comprimido e também o sistema de ar comprimido através de electroválvulas e

de um cilindro, que tem como principal função a abertura e fecho da válvula de exaustão e injeção de ar limpo para dentro da câmara.

O controlo da admissão de gás na câmara é realizado por electroválvulas, onde são usados um redutor de pressão e um de caudal, para maior precisão da admissão do gás antes do controlo feito pela electroválvula. O gás é fornecido ao sistema por pequenas garrafas utilizadas em testes de detetores.

A câmara está equipada com um sinalizador luminoso e sonoro e um botão de emergência que atua sobre a alimentação geral de todo o sistema.

A unidade de teste onde é colocado o detetor tem como principal objetivo conter e controlar a concentração de gás no seu interior.

A sua construção é em chapa de acrílico de forma cúbica e com um volume de 0.05m^3 . O acesso ao seu interior é feito através de uma porta de modo a proceder à colocação e remoção do detetor em teste. A porta está equipada com uma fechadura e um sensor de efeito de *hall* para determinar o seu estado, aberta ou fechada. Foi também colocado um vedante na porta para evitar possíveis fugas de gás.

Para a exaustão dos gases do seu interior foi construída uma válvula, que abre e fecha através do movimento de um cilindro pneumático. Este cilindro possui dois sensores magnéticos que determinam a posição da válvula, sendo assim possível saber em que estado esta se encontra.

Na estrutura está contemplada uma plataforma com uma base para o detetor, assim como duas ventoinhas para melhor homogeneização do gás.

Para monitorização do teste, a câmara está equipada com um sensor de humidade e temperatura, um sensor de LPG e um sensor de CO. Para o detetor foram disponibilizadas várias ligações: a ligação à central, a alimentação de 5V e 24V e uma entrada analógica.

4.2. Transdutores e atuadores na CGAS

Depois da pesquisa das câmaras de teste de detetores de gases ou equipamentos similares no mercado, conclui-se que alguns dos instrumentos utilizados são equipamentos laboratoriais com várias funcionalidades e extremamente dispendiosos

para um único propósito. Por este motivo alguns dos transdutores escolhidos para esta fase do projeto têm um objetivo principal de validação do conceito.

4.2.1. Sonda de velocidade do ar

A sonda de velocidade do ar escolhida para monitorizar a velocidade do ar dentro da câmara e próximo do sensor foi a EE671-V2XCKD da marca E+E Elektronik®, Figura 20. É uma sonda utilizada em sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC). Tem como princípio de funcionamento os anemómetros de filme quente, que permitem uma alta precisão, reprodutibilidade e estabilidade a agentes poluentes, característica importante uma vez que é usada num ambiente com gases. A saída da sonda é linear de 0 -5 V, o que corresponde a uma faixa de medição 0 – 5 m/s com uma precisão de 3% entre 0.5 e 5m/s. A fonte de alimentação pode variar na gama 10 e 29V DC, opera num intervalo de temperatura -20° a 60°C e uma humidade relativa de 5-95%, não condensada. Para esta sonda é necessário reservar alimentação de 24V, entrada analógica e massa (GND).

Para obter a velocidade do ar em função da tensão de saída é calculada a equação da reta entre os dois pontos da faixa de medição, partindo do princípio que a resposta é linear conforme indicado pelo fabricante.

Assim, obtemos os dois pontos:

Velocidade do ar: (0V , 0m/s) e (5V , 5m/s)

Aplicando a equação da reta Equação 9:

$$y = mx + b, \quad m = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \quad (9)$$

A velocidade do ar obtida no sensor EE671-V2XCKD é proporcional à tensão:

$$velocidade\ ar = V (m/s) \quad (10)$$

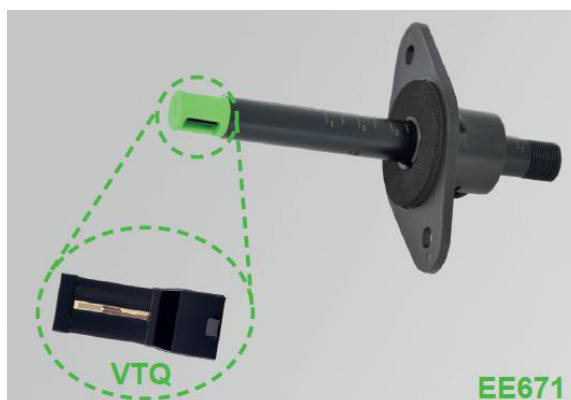


Figura 20 - Sonda EE671-V2XCKD

4.2.2. Sonda de humidade e temperatura

Também a sonda de humidade e temperatura escolhida para o projeto foi da marca E+E Elektronik®, com a designação EE60, Figura 21. É uma sonda com uma medição precisa, protegida de influências externas e com bom desempenho em ambientes corrosivos e sujos, evitando impedâncias parasitas na superfície do sensor. O sensor de humidade é um HCT01-00D com uma faixa de medição 0-100% e uma saída analógica correspondente de 0-5V, sendo a precisão, para uma alimentação de 24V a uma temperatura de 20°C, de 2.5%. Já no que diz respeito à medição da temperatura, a sonda está equipada com uma Pt1000, uma faixa de medição de -40° a 60°C e uma saída analógica de 0-5V, sendo a precisão para uma alimentação de 24V e uma temperatura de 20°C de 0.3%. Tal como na sonda anterior é necessário o fornecimento de 24V, reserva de uma entrada analógica e a massa (GND).

Seguindo o mesmo critério do transdutor anterior, ficamos com os seguintes pontos:

Humidade: (0V , 0%) e (5V , 100%);

Temperatura: (0V , -40°C) e (5V , 60°C);

Aplicando a Equação 9, a humidade relativa obtida no sensor EE60 é dada pela Equação 11 e a temperatura obtida no sensor EE60 é dada pela Equação 12.

$$\textit{Humidade relativa} = 20 \times V (\%) \quad (11)$$

$$\textit{Temperatura} = 20 \times V - 40 (^\circ\text{C}) \quad (12)$$



Figura 21- SONDA DE HUMIDADE E TEMPERATURA EE060

4.2.3. Transdutor de pressão absoluta

Os sensores de gás são influenciados pela pressão atmosférica e por esta razão é necessária a monitorização da mesma. A opção recaiu sobre o sensor P265-30A-4B da marca Kavlico, Figura 22. Baseado na tecnologia capacitativa cerâmica é um transdutor robusto e fiável. Entre as suas aplicações estão compressores industriais e equipamentos de teste. Com uma faixa de atuação 0-30 PSI e um erro total de 2%, tem uma saída analógica de 0.5 - 4.5V e uma alimentação de 5V. Conforme o descrito anteriormente, para este transdutor é necessária uma alimentação de 5V, uma entrada analógica e massa.



Figura 22 - Transdutor de pressão absoluta

O transdutor apresenta a pressão na unidade PSI (*pounds per square inch*), que é convertida em bar ($10^5 Pa$). Para conversão é usada a relação $1 \text{ psi} = 0,068947 \text{ bar}$, ou seja, a faixa de atuação do sensor é aproximadamente de $0 - 2,0689 \text{ bar}$.

Como a resposta de tensão também é linear em relação à pressão, a equação de transdução é uma equação de uma reta com coordenadas:

$$(0.5V, 0bar) \text{ e } (4.5V, 2.0689bar)$$

Aplicando a equação da reta Equação 9, a pressão absoluta em bar obtida no sensor P265-30A-4B é dada por:

$$\text{pressão abs} = 0.5171 \times V - 0.2586 \text{ (bar)} \quad (13)$$

4.2.4. Transdutor de CO

Ao contrário dos transdutores anteriormente descritos (soluções existentes que permitem uma fácil implementação e utilização com saídas lineares), não se encontram facilmente no mercado transdutores de gases com as características pretendidas. Para esta fase de protótipo da câmara de teste de detetores de gases e para uma compreensão e conhecimento sobre os sensores de gases, a opção recaiu na construção de um transdutor para cada tipo gás.

Para o transdutor de CO foram testados três sensores: MQ7 da Hwsensor, TGS5141 da Figaro e o ECO-Sure (2e) da EURO-GAS. O primeiro usa a tecnologia semicondutora e os restantes são eletroquímicos. Depois de alguns testes o sensor escolhido foi o ECO-Sure (2e). A principal característica que levou a esta escolha foi o intervalo de medição de 0 a 500 *ppm*, onde, ao contrário dos outros exemplares, foi possível obter leituras com concentrações baixas.

O MQ7 além de ter um intervalo de medição de 20 a 2000 *ppm*, para o seu funcionamento são necessárias duas tensões e um ciclo de comutação entre ambas, o que torna mais difícil a sua implementação. A curva de resposta à concentração é uma exponencial e existe a necessidade de calibração constante, embora tenha como vantagem o preço e o tempo de resposta.

Com melhor desempenho que o MQ7, o TGS5141, apesar de ter um intervalo de medição de 0 a 10000 *ppm*, tem um *offset* de ± 10 *ppm*, valor que foi confirmado nos testes e considerado muito alto para esta aplicação.

Na Tabela 1 estão as principais características do sensor ECO-Sure (2e):

| | |
|-----------------------------------|--|
| Intervalo de medição | 0 – 500 <i>ppm</i> |
| Sinal de saída | $0.045 \pm 0.015 \mu A$ por <i>ppm</i> |
| <i>Tempo de resposta</i> T_{90} | < 30 Segundos |
| offset | -2 a 4 <i>ppm</i> |
| Sobrecarga máxima | 1000 <i>ppm</i> |
| Repetibilidade | $\pm 5\%$ |

Tabela 1 - Características do sensor ECO-Sure (2e)

Para obter um sinal de saída capaz de ser processado pela PCB CGAS foi desenhado e construído um circuito básico para converter o sinal de saída de corrente em tensão. Este circuito utiliza um amplificador operacional para converter o sinal de saída do sensor e um potenciômetro para calibrar. O circuito é alimentado por uma tensão de 5V, Figura 23.

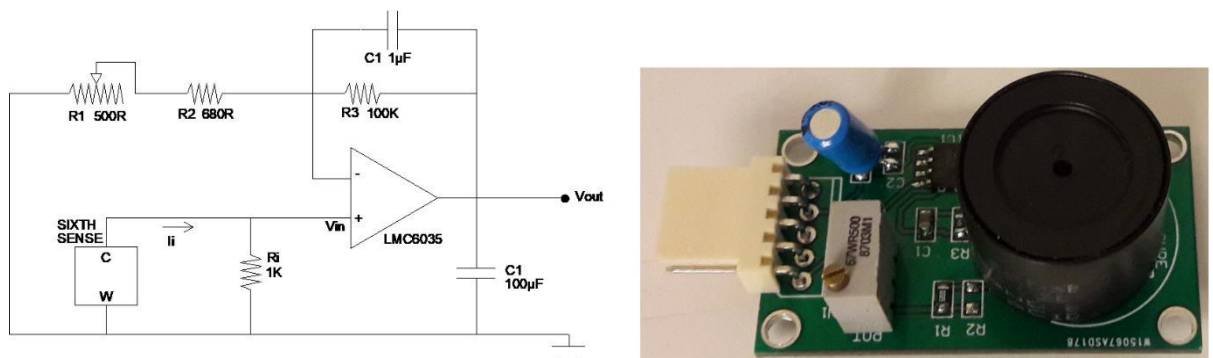


Figura 23 - Sensor ECO-Sure (2e), esquema e PCB

O sinal à saída de um amplificador não inversor V_{out} é dado pelas seguinte Equação [18]:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R3}{R1 + R2}\right) \times V_{in} (V) \quad (14)$$

Em que $R1$, $R2$ e $R3$ são resistências fixas de valor e V_{in} a tensão de entrada, o sinal de entrada no amplificador operacional V_{in} resulta da queda de tensão na resistência Ri , dado por:

$$V_{in} = Ri \times Ii \quad (V) \quad (15)$$

A corrente Ii que passa pela resistência Ri é gerada pelo sensor I_S conforme a concentração do gás por:

$$Ii = I_S \times ppm \quad (A) \quad (16)$$

Reformulando (14), temos que a resposta do sensor em função da concentração é dada por:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R3}{R1 + R2}\right) \times Ri \times I_S \times ppm \quad (V) \quad (17)$$

Para o caso de um sensor com menor sensibilidade, $0.045-0.015\mu A$ por ppm , ou seja, um sinal de saída de $30nA/ppm$ e com o ganho do amplificador no seu maior valor com $R1 = 0\Omega$, a resposta a uma concentração de $1000 ppm$ deverá ser de $V_{out} = 4.44V$.

Já para o caso oposto, um sensor com a maior sensibilidade $60nA$, com o ganho do amplificador no seu menor valor $R1 = 500\Omega$, a resposta a uma concentração de $1000 ppm$ deverá ser de $V_{out} = 5.14V$.

Fica-se, assim, com um intervalo de calibração entre $5.14V$ e $4.44V$ para uma concentração de $1000 ppm$.

4.2.4.1. Calibração do transdutor CO por comparação com outro transdutor

Numa primeira fase, a calibração do transdutor foi obtida por comparação. Num ambiente confinado foram colocados um transdutor e um medidor de CO. Neste foi inserido CO até a concentração média ser $1000 ppm$. Para esta concentração o potenciômetro foi regulado de modo a obter uma leitura de $4V$.

Devido a pequenas aberturas no ambiente confinado, o CO vai-se dissipando. Durante a diminuição da concentração foram registados vários valores da leitura do

aparelho e da tensão dos transdutores. Este processo foi efetuado em duas amostras do sensor ECO-Sure (2e), que continham a sua sensibilidade gravada no encapsulamento, de 49nA ppm e 42nA por ppm. Os dois gráficos da Figura 24 representam essas leituras obtidas na calibração.

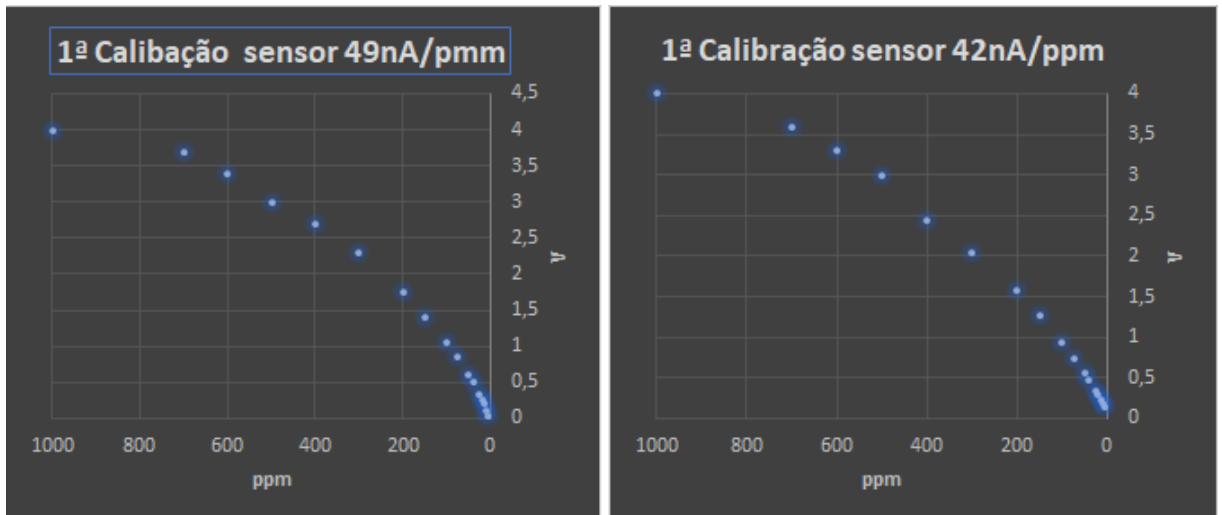


Figura 24 - Gráficos da 1ª calibração CO por comparação

Na primeira calibração, ficou claro que para uma concentração acima de 500 ppm a resposta dos sensores deixa de ser linear e é visível que a segunda amostra apresenta um ligeiro *offset*. O processo foi repetido para uma concentração inicial de 500 ppm e uma tensão de saída de 3V.

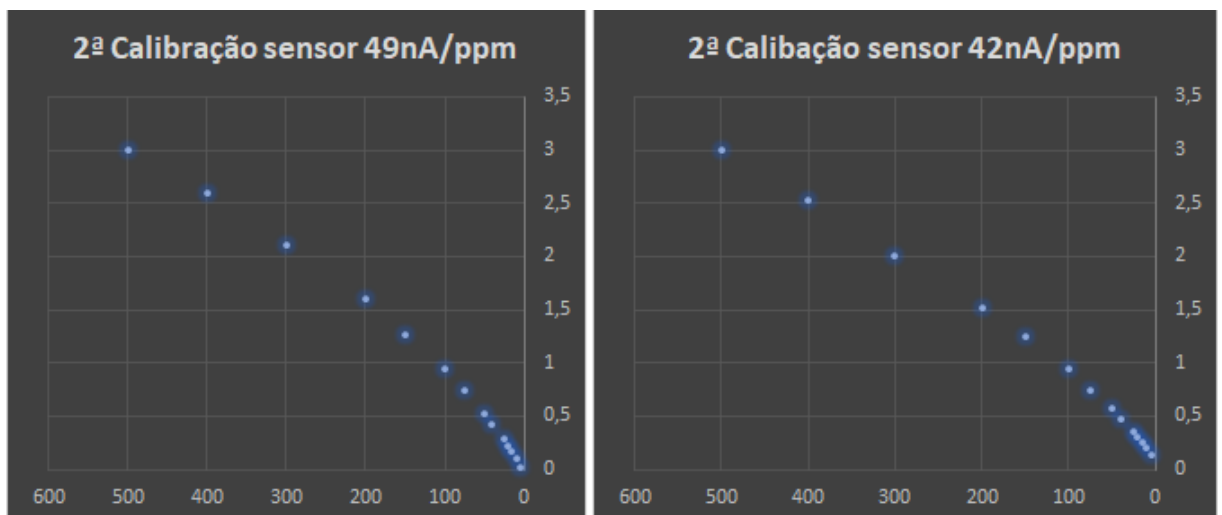


Figura 25 – Gráficos da 2ª calibração por comparação.

Como se pode observar pelos gráficos, a resposta apresenta uma melhor linearidade e o *offset* na segunda amostra continua-se a verificar. Aproveitando a calibração anterior, foi feita a média das duas calibrações e calculada a linha de tendência dos dois gráficos.

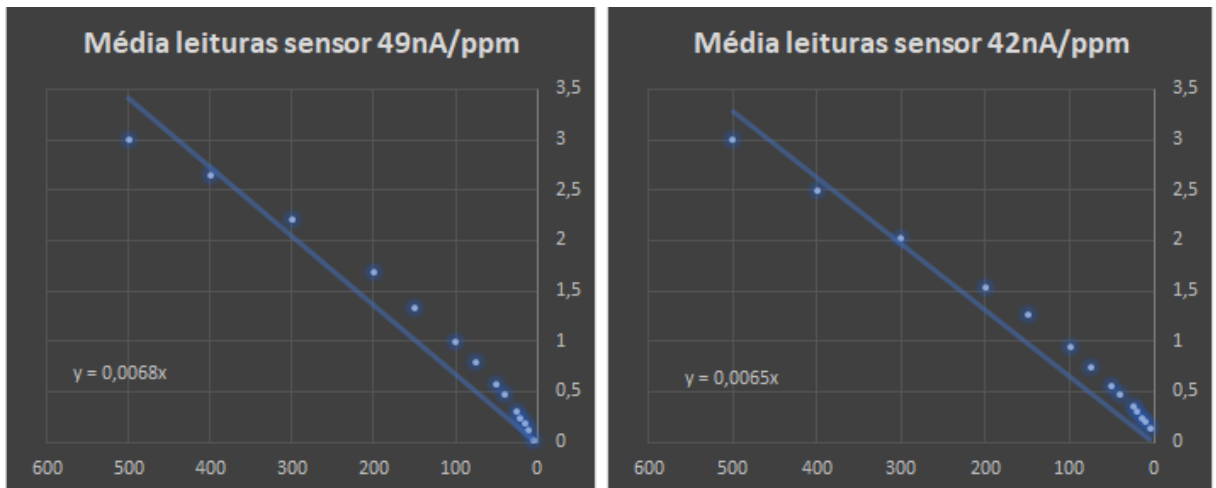


Figura 26 - Gráfico das linhas de tendência do transdutor de CO

Verifica-se que as linhas de tendência dos dois gráficos são idênticas, $y = 0.0068x$ e $y = 0.0065x$.

A equação utilizada na conversão de Volts para *ppm* foi a média dos declives das duas retas $y = 0.0067x$; invertendo a equação, obtém-se $x = 149,5y$ ou seja $CO_{ppm} = 149,5 \times V$. No caso de o sensor ter *offset*, a Equação final deve ser:

$$CO_{ppm} = (149,5 \times V) - offset \quad (18)$$

4.2.4.2. Calibração do transdutor de CO com gás calibrado

A curva que se pode observar nos pontos do transdutor de CO representada nos gráficos da figura 26, dão a ideia que o tempo de resposta dos transdutores e do aparelho de medida podem não serem os mesmos, logo traduz-se num erro de leitura. Dada a importância de obter uma leitura fidedigna de CO, optou-se pela aquisição de uma garrafa de CO de precisão, contendo gás de calibração da marca GASIN, com uma concentração de 200 *ppm* (certificado de calibração no Anexo C).

O método de calibração é o mais usado nos transdutores de gases: o transdutor é inserido num ambiente com ausência do gás a que é sensível e a sua resposta é ajustada

para o valor 0. De seguida, é exposto a uma concentração conhecida e a resposta ajustada ao valor da concentração: com estes dois pontos é possível calibrar o transdutor.

As duas amostras calibradas com o método descrito na secção 4.2.4.1 foram sujeitas a este método. O resultado apresentava um erro aproximadamente de 15%, sendo que numa amostra não foi possível ajustar o ganho de modo a atingir os 1.5V a 200 ppm de leitura, por este motivo foram alterados o circuito e a equação.

O ponto de partida foi redimensionar o valor das resistências de modo a obter uma leitura de 5V para 1000 ppm, considerando os dois extremos de sensibilidade dos sensores. Para o caso do sensor ter a menor sensibilidade de 30nA/ppm, o valor do conjunto de resistências $R1 + R2$ é obtido através da Equação 17.

$$5 = \left(1 + \frac{75000}{R1 + R2}\right) \times 1000 \times 30 \times 10^{-9} \times 1000$$

$$R1 + R2 = 452.722\Omega$$

Já para obter uma resposta de 5V a uma concentração de 1000ppm, com uma resposta do sensor 60nA/ppm:

$$5 = \left(1 + \frac{75000}{R1 + R2}\right) \times 1000 \times 60 \times 10^{-9} \times 1000$$

$$R1 + R2 = 910.93\Omega$$

O valor do potenciómetro deveria ser no mínimo da variação dos dois valores $910.93 - 452.72 = 458.21\Omega$, já a resistência R_2 deve ter um valor próximo de 452.72Ω , de modo a conseguir o ganho necessário à calibração. As alterações ao circuito inicial foi substituir $R_3 = 75000\Omega$ e $R_2 = 470\Omega$.

Assim a equação de transdução fica conforme a Equação 19:

$$CO_{ppm} = (200 \times V) - offset \quad (19)$$

Com uma resolução de leitura do microcontrolador de 10 bits para as portas analógicas, temos que $10^2 = 1024$ em decimal, o que permite uma resolução de $5V \div 1024 = 0.0048V$. Pela Equação 19 cada ppm corresponde a uma leitura de 0.005V, assim o hardware está capacitado para ler 1 ppm, com uma sensibilidade de 200 ppm/V.

Para o processo de calibração foi desenhado e construído um adaptador de modo a libertar o CO sobre o sensor. Este adaptador permite libertação do CO numa pequena

atmosfera em volta do sensor sem aumentar a pressão, como se ilustra na Figura 27. A garrafa de CO para calibração está equipada com um regulador de fluxo de 0 – 1 l/m, permitindo ter controlo sobre o fluxo da mistura.

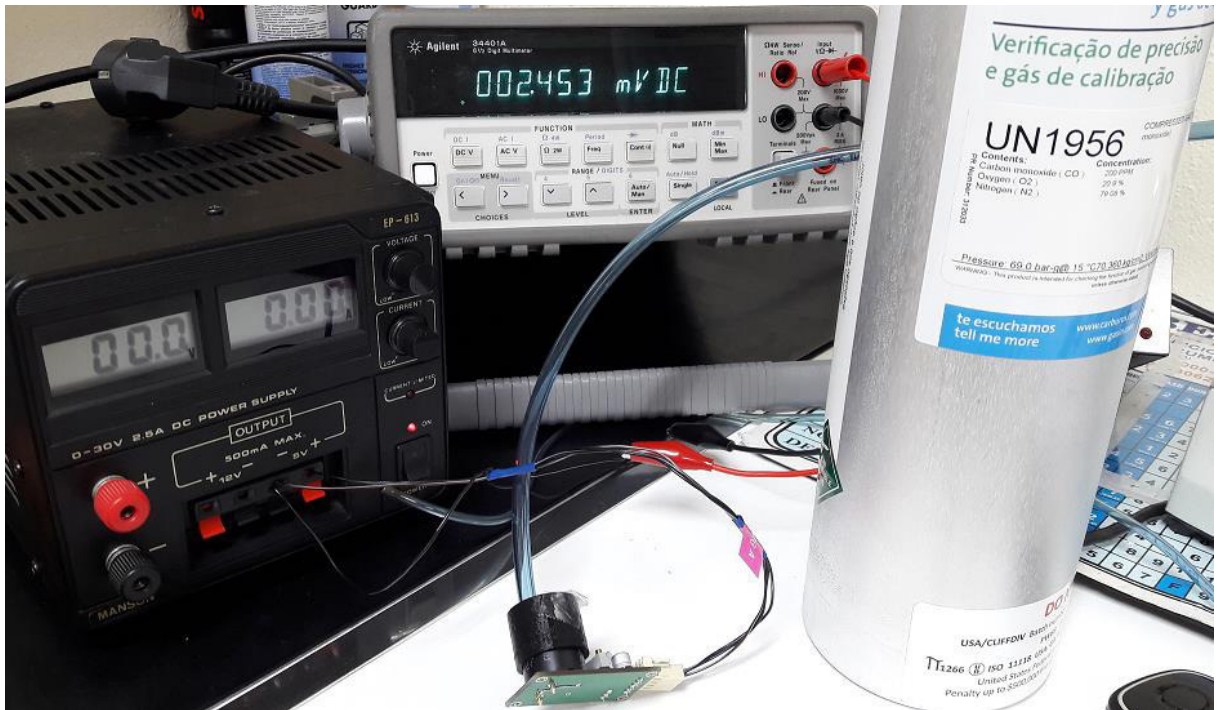


Figura 27 - Calibração do sensor de CO com gás calibrado.

Neste processo foram usadas 4 amostras de transdutores com o mesmo sensor e circuito. Começou-se por medir os *offsets* dos transdutores com o ganho no máximo $R_1 = 0\Omega$ e no mínimo $R_1 = 500\Omega$, de seguida o gás foi aberto a uma taxa de 0.2 l/m e ajustado o ganho ao fim de 5 minutos de exposição, de modo que a leitura fosse conforme a Equação 20:

$$V = (200ppm \div 200) + offset \quad (20)$$

Exposto a uma concentração de 200ppm, o transdutor deve apresentar uma resposta de 1V. A este valor soma-se o valor inicial (*offset*). Na Tabela 2 estão representados os valores de *offset* e o valor da primeira calibração.

| Leitura dos valores iniciais e ajuste do ganho | | | |
|--|------------------------|--------------------------|----------------|
| Amostra | Offset $R_2 = 0\Omega$ | Offset $R_2 = 500\Omega$ | Ajuste/Leitura |
| A | 5mV | 3.3mV | 1.003V |
| B | 83mV | 24mV | 1.024V |
| C | 13mV | 9mV | 1.009V |
| D | 0.5mV | 0.1mV | 1.000V |

Tabela 2 - Calibração por comparação com gás, *offset* e ajuste do ganho.

Foram realizadas mais duas calibrações e efetuadas três leituras, com pequenos ajustes de modo a obter-se o menor erro e verificar a repetibilidade dos transdutores. Na Tabela 3 estão representadas as leituras efetuadas.

| Leituras no transdutor de CO | | | | | | | | | |
|------------------------------|------------|---------|--------|------------|---------|--------|------------|---------|--------|
| Amostra | 1ª Leitura | | | 2ª Leitura | | | 3ª Leitura | | |
| | Esp. | V. lido | Dif. | Esp. | V. lido | Dif. | Esp. | V. lido | Dif. |
| A | 1,006 | 1,010 | -0,004 | 1,015 | 1,001 | 0,014 | 1,040 | 1,030 | 0,010 |
| B | 1,074 | 1,093 | -0,019 | 1,079 | 1,054 | 0,025 | 1,090 | 1,102 | -0,012 |
| C | 1,013 | 1,014 | -0,001 | 1,016 | 1,028 | -0,012 | 1,019 | 1,033 | -0,014 |
| D | 1,000 | 1,001 | -0,001 | 1,000 | 1,002 | -0,002 | 1,000 | 1,024 | -0,024 |

Tabela 3 - Calibração com gás calibrado: resumo das leituras.

Por cada leitura, é apresentado o valor esperado, já incluindo o *offset*, sempre medido antes de cada leitura. O valor obtido na leitura é a diferença entre os dois e os valores são apresentados em Volts. A maior diferença detetada foi de 25mV, o que representa uma diferença de aproximadamente 6ppm, que corresponde a um erro de 3%.

Durante as calibrações, e devido aos repetidos testes em curtos períodos de tempo, foi identificada uma característica importante dos sensores: o tempo de recuperação para o valor inicial varia muito de amostra para amostra, podendo em alguns casos, como o da amostra B, demorar 60 minutos. Por este motivo foram registados os valores da resposta do transdutor amostra C ao longo de 5 minutos, tanto na presença como na ausência de CO. Como se pode ver na Figura 28, o transdutor ao fim de 120 segundos atinge um valor muito próximo do valor máximo, também na resposta à ausência do gás a partir dos 120

segundos varia muito pouco, apesar de ao fim de 300 segundos ainda apresentar um valor de 36mV, diferente dos 13mV que costuma ter de *offset*.

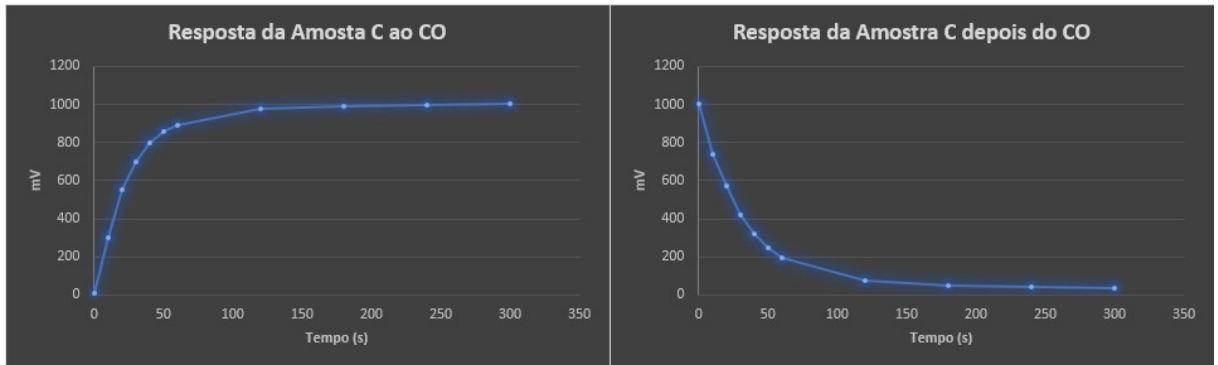


Figura 28 - Gráfico das respostas do transdutor de CO

O tempo de resposta T_{90} (tempo de resposta para 90% da concentração) das amostras sujeitas à presença do CO com uma taxa de 0.2L/m variou entre 43 e 50 segundos. Tempos de resposta superior ao indicado no *datasheet* do sensor, que é um tempo de resposta para 90% da concentração menor de 30 segundos.

4.2.5. Transdutor de LPG

No transdutor de LPG, foi aplicada a mesma solução que no caso do transdutor de CO, que foi a sua construção. A escolha do sensor recaiu no TGS6810 da Figaro, um sensor catalítico com resposta rápida e linear em *mV*. Este foi o fator que mais pesou na escolha, obter uma resposta linear. O intervalo de leitura do sensor é compreendido entre 0-100% LEL (lower explosive limit - limite explosivo), Tabela 4.

| | |
|--------------------------------------|----------------------|
| Intervalo de medição | 0 – 100% <i>LEL</i> |
| Sinal de saída (<i>iso-butane</i>) | 6 ~ 14mV in 1800 ppm |
| Tempo de resposta | < 15 Segundos |
| <i>Offset</i> | -15~ + 55mV |
| Alimentação | 3.0 ± 0.1V AC/DC |

Tabela 4 - Caraterísticas do sensor Figaro TGS6810

Neste caso o sensor é alimentado a 3V, pelo que no transdutor é incluído um regulador de tensão variável LM317, Figura 26, dado que a alimentação reservada aos transdutores dos gases é de 5V.

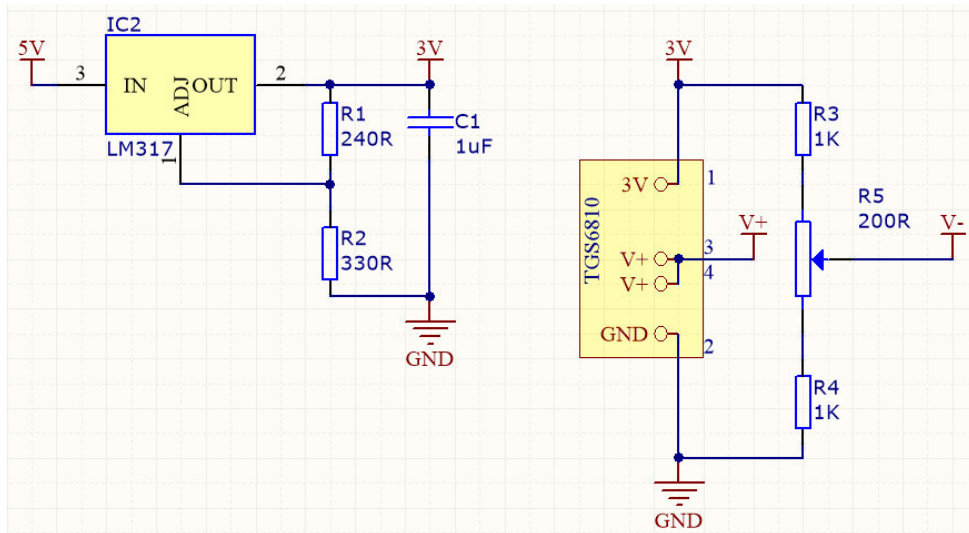


Figura 29 - Transdutor LPG: esquema do regulador e sensor.

Usando a equação do *datasheet* do LM317:

$$V_{out} = 1.25V \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} \quad (21)$$

Desprezando o valor de I_{ADJ} que é aproximadamente $100\mu A$ e escolhendo as resistências de 330Ω e de 240Ω .

$$V_{out} = 1.25V \left(1 + \frac{330}{240} \right)$$

Obtemos uma tensão de $V_{out} = 2.97V$, dentro dos limites do sensor.

O sensor TGS6810 foi inserido num circuito chamada ponte de *Wheatstone* conforme recomendado pelo fabricante no *datasheet*. O potenciômetro R_5 é ajustado com o circuito alimentado, de modo a obter uma tensão entre $V +$ e $V -$ de $0V$. Devido a esta montagem foi necessário recorrer a um circuito de amplificação de instrumentação, como se pode ver na Figura 30.

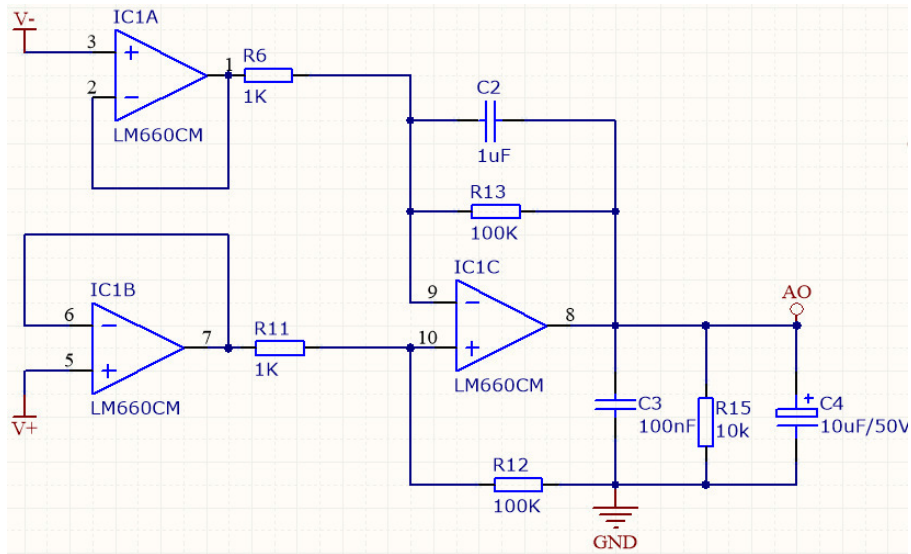


Figura 30 - Transdutor de LPG: esquema do amplificador de instrumentação.

Considerando a equação do ganho do circuito amplificador de instrumentação, com ganho unitário no primeiro estágio, ficamos com a seguinte equação para o ganho do transdutor de LPG [18];

$$V_{out} = \left(\frac{R_{13}}{R_6}\right) \times V_{in} \text{ (V)} \quad (22)$$

Para este caso a tensão V_{in} é a tensão diferencial à saída da ponte de *Wheatstone*, dada por:

$$V_{in} = V_+ - V_- \quad (23)$$

Considerando que a ponte de *Wheatstone* se encontra em equilíbrio, V_{in} é dado pela sensibilidade a multiplicar pela concentração do gás:

$$\Delta V_{in} = \Delta V_{in/ppm} \times ppm \quad (24)$$

Das características do sensor obtemos que a sensibilidade de *output* pode variar entre 6 a 14mV quando sujeito a uma concentração de 1800 ppm. Calculando a sensibilidade $\Delta V_{in/ppm}$ para o caso de 6mV:

$$6 \times 10^{-3} = \Delta V_{in/ppm} \times 1800$$

$$\Delta V_{in/ppm} = 3.33 \times 10^{-6} \text{V}$$

Para uma concentração de 10000 *ppm*, concentração máxima esperada na câmara, substituindo na Equação 24 temos o ΔV_{in} esperado no sensor com uma sensibilidade de 6*mV*:

$$\Delta V_{in} = 3.33 \times 10^{-3} \times 10000$$

$$\Delta V_{in} = 0.33V$$

Aplicando a Fórmula 22, obtemos o sinal de saída para uma concentração de 10000 *ppm* com uma sensibilidade de 6*mV*

$$V_{out} = \left(1 + \frac{100000}{1000}\right) \times 0,33$$

$$V_{out} = 3.36V$$

Assim, para um sensor com uma sensibilidade de 6*mV*, o sinal de saída para uma concentração de 10000 *ppm* deverá ser 3.36*V*.

Repetindo os cálculos, mas considerando uma sensibilidade de 14*mV*, o sinal de saída para uma concentração de 10000 *ppm* deverá ser 7,85*V*.

$$14 \times 10^{-3} = \Delta V_{in/ppm} \times 1800$$

$$\Delta V_{in/ppm} = 7.77 \times 10^{-6}V$$

$$\Delta V_{in} = 7.77 \times 10^{-3} \times 10000$$

$$\Delta V_{in} = 0.77V$$

$$V_{out} = \left(1 + \frac{100000}{1000}\right) \times 0,77$$

$$V_{out} = 7.85V$$

Assim conclui-se que a tensão de saída do transdutor para uma concentração de 10000 *ppm* poderia variar entre $V_{out} = 3.36V$ e $V_{out} = 7.85V$, mas como a alimentação do circuito de amplificação é de 5*V*, o V_{out} nunca passará dos 5*V*, logo o transdutor pode não ser capaz de medir concentrações até aos 10000 *ppm*.

Como este transdutor foi concebido apenas para validar o processo do teste de LPG, apenas foi realizado um teste para verificar o funcionamento do transdutor a uma concentração constante de 10000 *ppm*. O sensor foi colocado dentro de um recipiente hermético com um volume de 5000*ml* e foram injetados 50 *ml* do gás utilizado na CGAS

por meio de uma seringa, obtendo assim uma concentração de 10000 *ppm*. A leitura registrada nos dois testes realizados foi de 4.1 e 4.08V respectivamente, ficando a equação de transdução:

$$LPG_{ppm} = (2445 \times V) - offset \quad (25)$$

4.2.6. Central de detecção de incêndios

Os detetores de gás testados na câmara são para serem utilizados em sistemas de detecção de incêndios, em que a resposta do detetor é obtida através da central, garantindo assim uma simulação real da resposta. A central de incêndios que equipa a CGAS é uma JUNIOR V4 do fabricante GFE, Figura 31. A JUNIOR V4 é uma central endereçável de dois laços com 125 endereços cada, o que quer dizer que cada dispositivo ligado ao laço é identificado pelo seu endereço. Suporta ligações por RS232, Fibra Ótica ou TCP/IP. A central JUNIOR V4 é alimentada por uma fonte de alimentação de 24V e a comunicação com a unidade de processamento é feita por RS232.

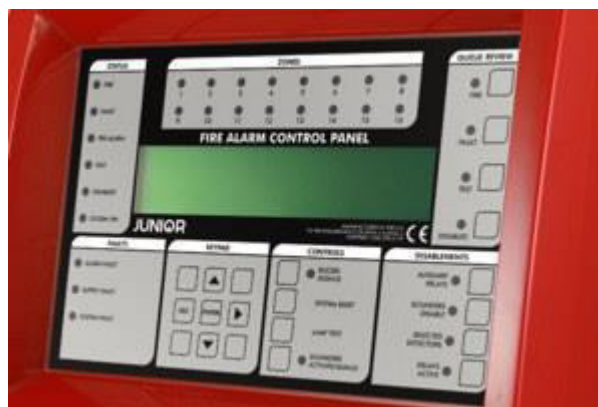


Figura 31 - Central de detecção de incêndios JUNIOR V4

4.2.7. Instalação elétrica

A CGAS é alimentada através de uma ficha IEC macho de painel, instalada no painel de entradas e saídas da caixa onde são albergados elementos como a fonte de alimentação e a central de incêndios, Figura 31. A alimentação a 230V segue para um interruptor acionado com uma chave e de seguida para um botão de emergência. No botão de emergência, o circuito divide-se em dois: um que vai alimentar o computador e outro que alimenta a fonte de alimentação de 230V/24V. À fonte de alimentação capaz de

fornecer uma corrente de 10A, estão ligadas a central de incêndios e a PCB_GAS, como se pode ver na Figura 33.

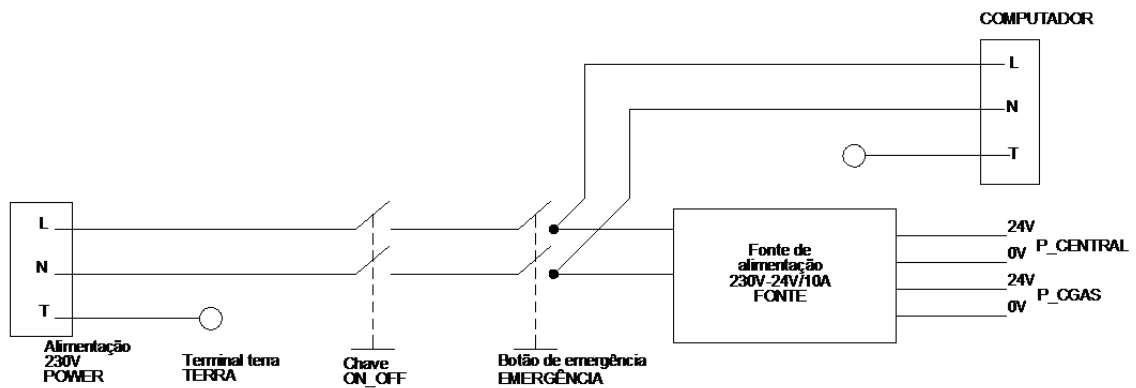


Figura 32 - Esquema Elétrico: Alimentação

4.2.8. Instalação pneumática da CGAS

Para o funcionamento da CGAS é fundamental a disponibilidade de ar comprimido. O ar comprimido tem duas funções: descontaminar a atmosfera dentro da câmara e movimentar a válvula de exaustão.

A pressão de entrada do ar comprimido deve estar compreendida entre 2-7 bar, a pressão de entrada será regulada para uma pressão de serviço de 1.5 bar pelo regulador de pressão existente, e confirmada visualmente pelo manómetro acoplado. Depois da pressão regulada, o ar passa por dois filtros, um de partículas e outro de água, Figura 33. A pressão é controlada por um sensor de pressão instalado logo a seguir aos filtros. De seguida o circuito é dividido em dois: um para a válvula da entrada do ar na câmara e outro para a válvula que controla o movimento da válvula de exaustão.

Até estas duas válvulas, o circuito é feito em tubo de poliuretano de 6x4mm. Entre a Válvula 5-2 e o cilindro pneumático o circuito é em tubo de 4x2.5mm. O ar antes de entrar no cilindro passa por controladores de velocidade, de modo a permitir um movimento suave do cilindro. O cilindro tem acoplados dois interruptores magnéticos, que acionados por um íman instalado no êmbolo e desta forma é possível saber as posições da válvula de exaustão, Figura 33.

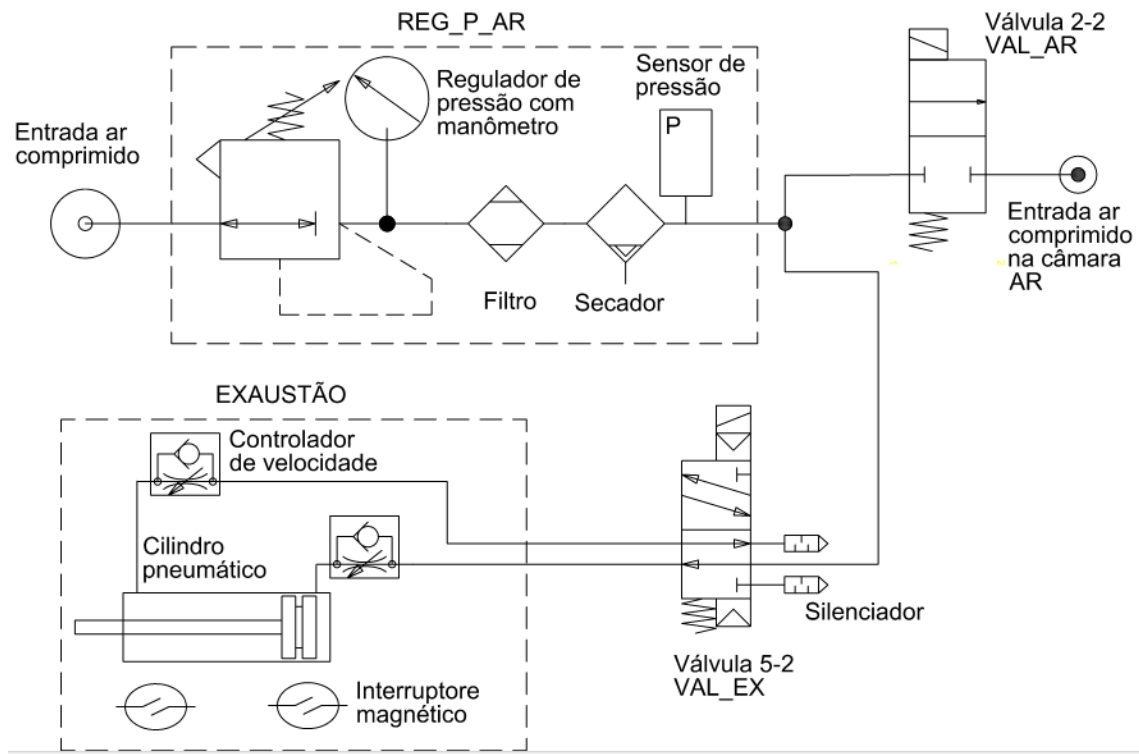


Figura 33 - Esquema pneumático da CGAS

4.2.8.1. Transdutor de pressão

A confirmação da disponibilidade de ar comprimido para o processo é obtida por um transdutor de pressão relativa PSE530-M5-L da marca SMC, Figura 34. Este transdutor de pressão é exclusivo para medições de pressão de ar, com uma faixa de atuação de 0 a 1MPa, que corresponde a uma saída analógica de 1-5V e uma precisão de 2% à temperatura ambiente. Para este transdutor vai ser necessária alimentação de 24V e uma entrada analógica.

A pressão do ar comprimido é apresentada em *bar* e para converter *Pa* em *bar* foi usada a relação $1Pa = 1 \times 10^{-5}bar$, ficando assim com uma faixa de atuação de 0 – 10 *bar*.

Aplicando a Equação 9 da equação da reta aos pontos: (0*bar*, 1V), (10*bar*, 5V), obtendo assim a equação de transdutora da pressão do ar comprimido:

$$Pressão = 2.5 \times V - 0.25 (bar) \quad (26)$$



Figura 34 - Sensor de pressão PSE530-M5-L

4.2.8.2. Cilindro pneumático

Para criar o movimento necessário ao fecho e abertura da válvula é usado um cilindro pneumático com a referência CDU16-10D da marca SMC, Figura 35. Este cilindro tem um íman incorporado no êmbolo, que permite a ativação de interruptores magnéticos. O curso do cilindro é de dupla ação com deslocamento de 10mm, o que permite o avanço e recuo através da aplicação do ar comprimido nas duas ligações. Opera num intervalo de pressões entre 0.06-0.7Mpa e velocidades de 50-400m/s. A velocidade de avanço e recuo é controlada independentemente por dois controladores de velocidade, que funcionam limitando o fluxo de ar para o cilindro.

A posição da válvula de exaustão é obtida pela posição do êmbolo do cilindro pneumático que tem um íman incorporado. Interruptores magnéticos de contacto seco foram instalados no corpo do cilindro pneumático nas posições onde a válvula de exaustão está aberta e fechada. Estes interruptores D-90 do fabricante SMC suportam tensões de carga até 24V e uma corrente de 50mA



Figura 35 - Cilindro pneumático (esquerda), controlador de velocidade (centro) e interruptores magnéticos (direita)

4.2.8.3. Válvula pneumática do cilindro

O cilindro pneumático é atuado por uma válvula simples de duas posições, referência SY3120-5MOE-C4 do fabricante SMC, Figura 36. São as duas posições da válvula que permitem os dois movimentos do cilindro: quando a válvula não está energizada, o ar comprimido é encaminhado da posição P para a posição B, recolhendo o cilindro pneumático. Quando energizada com 24V, a posição do êmbolo desloca-se para a direita canalizando o ar comprimido de P para A e permitindo que o ar existente dentro do cilindro na posição B recue e seja libertado na saída EB. Para a válvula é necessária uma saída de 24V.

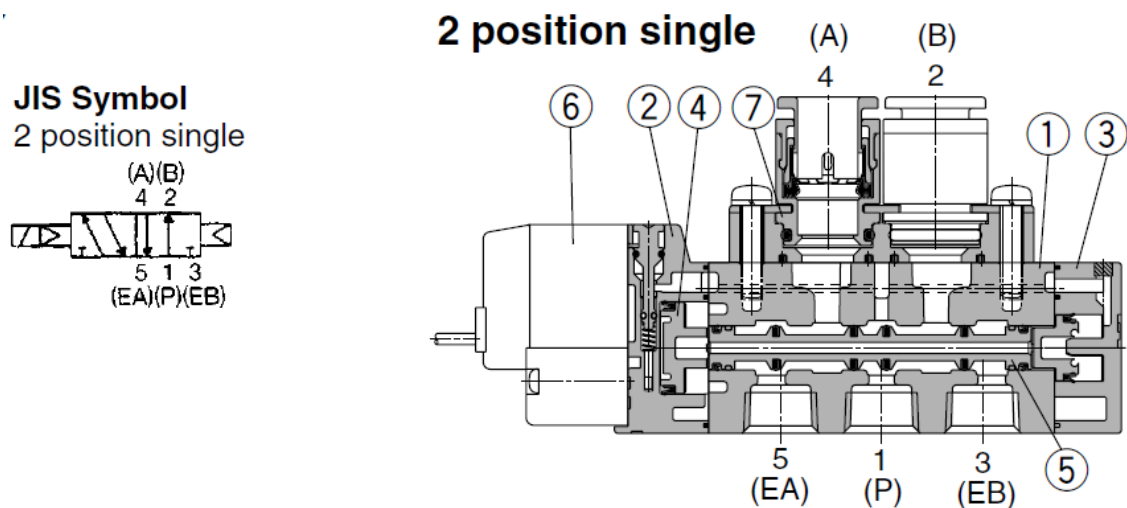


Figura 36 - Válvula SY3120-5MOE-C4

4.2.8.4. Válvula pneumática do ar comprimido

A válvula responsável pela admissão do ar comprimido para dentro da câmara é a VQ21A1-5YZ-C6-F-Q do fabricante SMC, Figura 37, válvula compacta, mas com grande capacidade de fluxo e resposta rápida inferior a 7ms. É uma válvula com dois portos e um piloto de operação, quando não energizada encontra-se fechada. É ativada com uma tensão de 24V e tem um consumo de 2.9W.

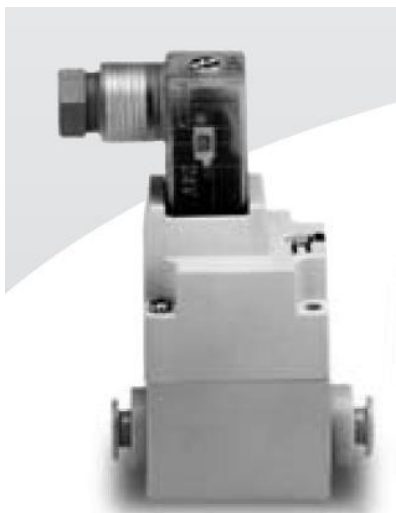


Figura 37- Válvula VQ21A1-5YZ-C6-F-Q

4.2.9. Sistema de admissão de gás

A admissão do gás na câmara é realizada por um conjunto de elementos de modo a permitir um maior controlo e repetibilidade dos testes. Este sistema começa no armazenamento do gás em garrafas. Como a pressão disponível varia com a quantidade de gás existente nas garrafas, e é importante conseguir uma pressão constante, recorre-se a um regulador de pressão de modo a ter 1 *bar* de pressão de gás. Antes de o gás ser libertado na câmara passa por um regulador de fluxo, permitindo ajustar a taxa de libertação do gás. Por fim, uma válvula controla a admissão do gás para dentro da câmara, Figura 38.

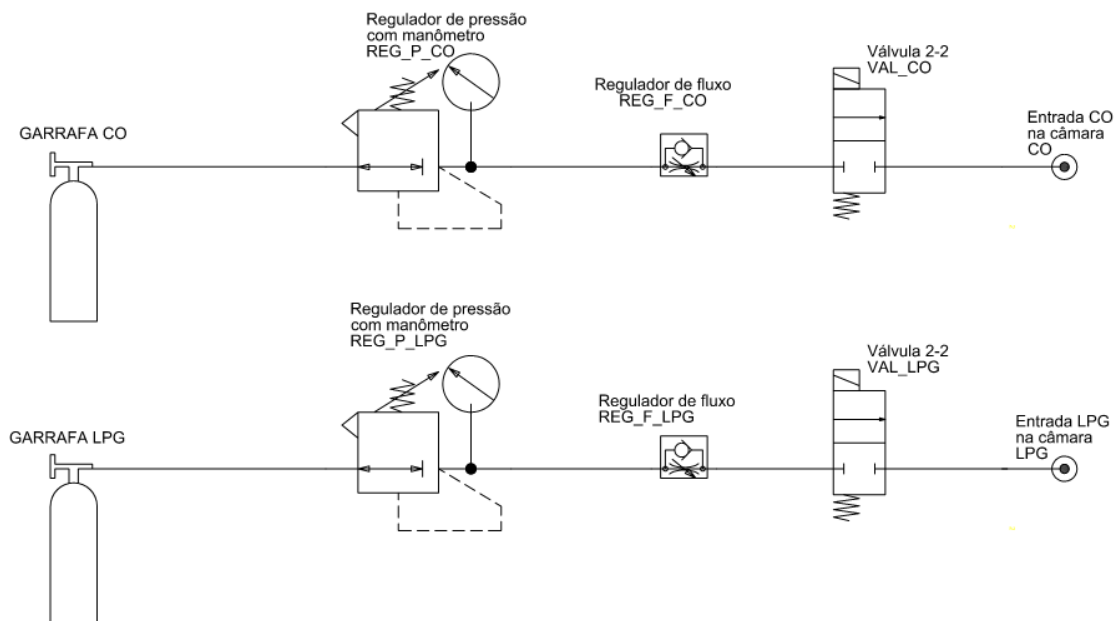


Figura 38- Esquema do sistema de admissão de gás

4.2.9.1. Garrafas de gás

A garrafa LPG usada para fazer o teste é uma garrafa de 100ml de gás da marca ROTHENBERGER, que contém uma mistura de gás Propano e Butano, composição do gás de petróleo liquefeito [19]. Já a garrafa de CO é uma garrafa descartável da marca GASIN com a referência 316785, com 110 litros de gás e uma concentração de CO de 5% (o certificado de calibração da garrafa de CO pode ser consultado no Anexo D). Devido à garrafa se encontrar inicialmente a uma pressão de 70bar , foi necessário instalar um regulador próprio com capacidade de regulação até pressões de 100bar , como se pode ver na Figura 39 à direita.

Para a instalação da garrafa de LPG, foi desenhado e impresso na impressora 3D um mecanismo que permite conectar a garrafa ao sistema. Aquele é composto por um aro que o prende no topo da garrafa e uma alavanca que pressiona o tubo contra a válvula, abrindo-a, Figura 39 à esquerda.

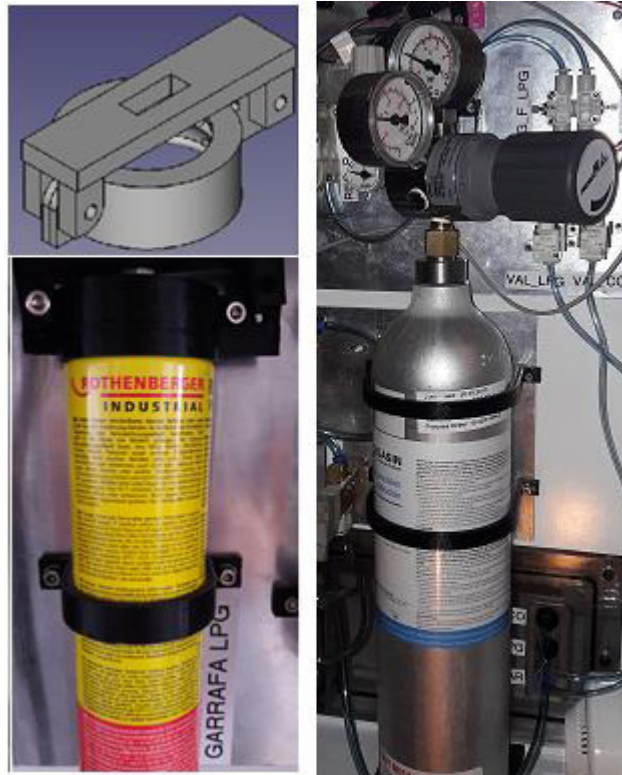


Figura 39 - Garrafa de LPG e conectores (esquerda), garrafa CO e regulador (direita).

4.2.9.2. Sistema de controlo de admissão dos gases

A seguir ao armazenamento do gás, a pressão é reduzida para uma pressão de 1 *bar* por um redutor de pressão compacto, referência RB500-SSC4 do fabricante CKD, com uma pressão de funcionamento máxima de 1Mpa, onde é possível fazer regulações de 0.05-0.7Mpa. As ligações são feitas através de conexões rápidas para tubo de 4mm. Para se conseguir a taxa de libertação de gás desejada no teste, é usado um regulador de fluxo AS1000F-04 da marca SMC, que permite estrangular a passagem do ar através de um parafuso, Figura 40. A válvula que controla a abertura dos gases é uma VDW10EA da marca SMC. Esta é uma válvula de selenoide de operação direta, que pode ser usada com água, ar e vácuo. A alimentação é a 24V e tem um consumo de 2.5W. Como são necessárias duas válvulas para os gases, é necessário reservar duas saídas de 24V.



Figura 40 - Regulador de pressão (esquerda), controlador de fluxo (centro) e Válvula VDW10EA (direita)

4.3. Placa de controlo PCB CGAS

Para controlar os atuadores e fazer as leituras dos transdutores foi desenhada uma placa de circuito impresso CGAS V1.0 07/17. O projeto foi realizado no programa Altium Designer version 13.1.2, a PCB fabricado na PCBWay e a soldadura foi feita manualmente, Figura 41.

No projeto e desenho da PCB, foram tidos em conta os componentes da biblioteca GFE no Altium Designer, de modo a facilitar o desenho e aquisição dos componentes. À exceção do microcontrolador e das fichas DB25, que foram adquiridos para o projeto, os restantes componentes encontravam-se em stock.

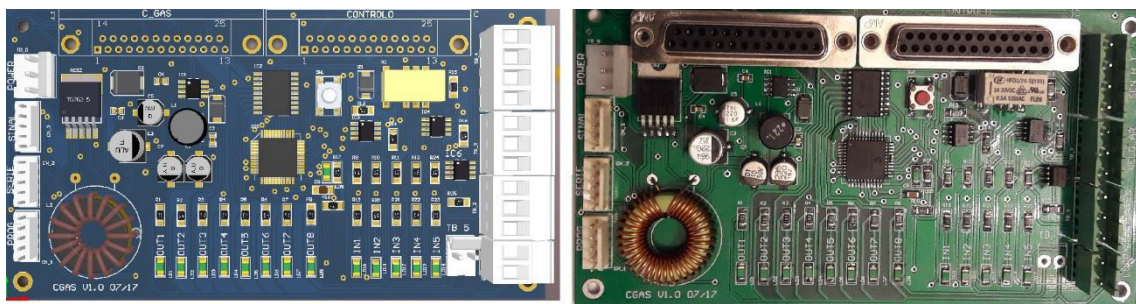


Figura 41 - Desenho 3D da PCB CGAS (esquerda) e Fotografia da PCB CGAS terminada (direita)

A PCB pode ser dividida em quatro partes: alimentação, microcontrolador, entradas e saídas.

Na **alimentação**, a PCB tem uma entrada para os 24V (tensão de serviço) e no mesmo conector (POWER) estão ligadas a massa e a terra como se vê na Figura 42.

Devido a muitos dos transdutores serem alimentados pelos 5V com potências de consumo consideráveis, foram desenhadas duas fontes de 5V, uma para o microcontrolador com uma corrente de saída até 300mA (+5) e outra para os transdutores com uma corrente saída até 3A (5V).

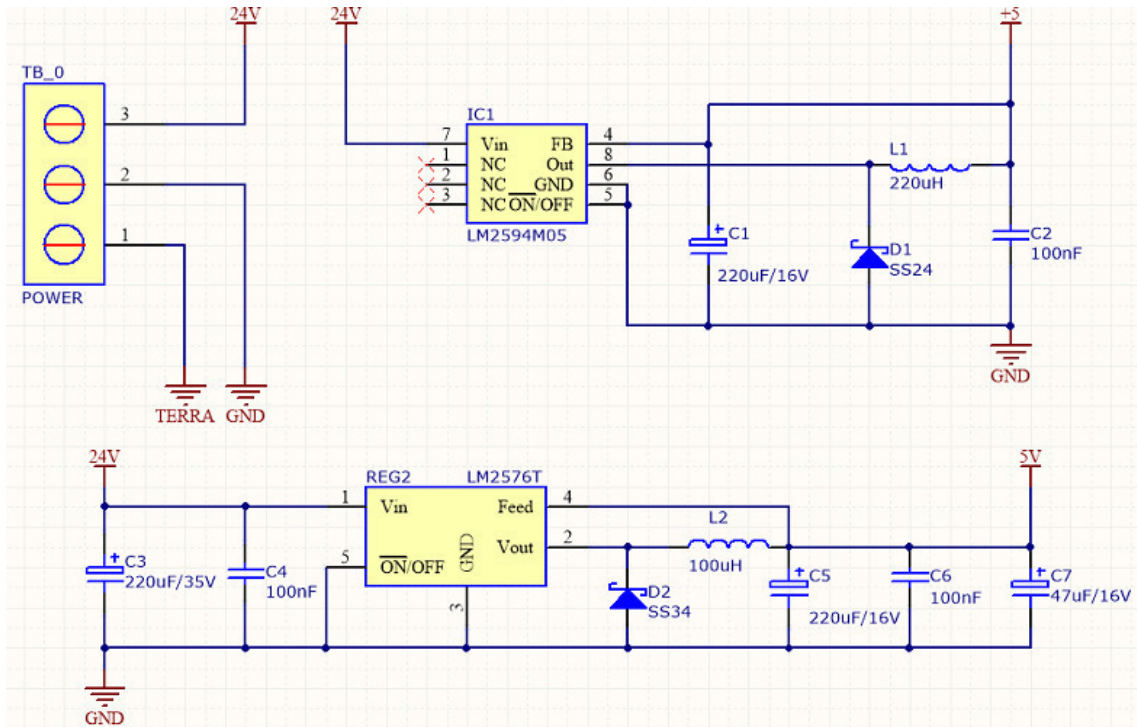


Figura 42 - Circuito de alimentação da PCB CGAS

O **microcontrolador** escolhido foi o PIC18F4550 da Microchip, que por ser um processador utilizado em outros projetos facilitou a sua programação, e ainda o facto de alguns registos mais utilizados serem conhecidos. Também o número de portos analógicos e a disponibilidade de portas UART para a comunicação série foram preponderantes, Figura 43.

A entrada MCLR do microcontrolador está habilitada com o RESET que é possível fazer através do botão de pressão SW1. A presença da alimentação (5V) do microcontrolador é obtida pelo LED LD9.

O conector CN_1 é uma ficha que permite a ligação do programador ICD2 da Microchip, sendo possível programar sem necessidade de desligar ou retirar o microcontrolador. Já o conector CN_2 é a ligação para a comunicação série, que

posteriormente será ligado ao conversor TTL-USB. O outro conector deste tipo, CN_3 tem a função de alimentar e controlar os sinalizadores.

Os transdutores que se encontram próximos e na mesma caixa que a PCB CGAS, como é o caso do sensor de pressão P265-30A-4B, transdutor de velocidade do ar EE671-V2XCKD e sensor de humidade e temperatura EE60, estão ligados diretamente à PCB pelos conectores TB_2 TB_3 e TB_4 respetivamente.

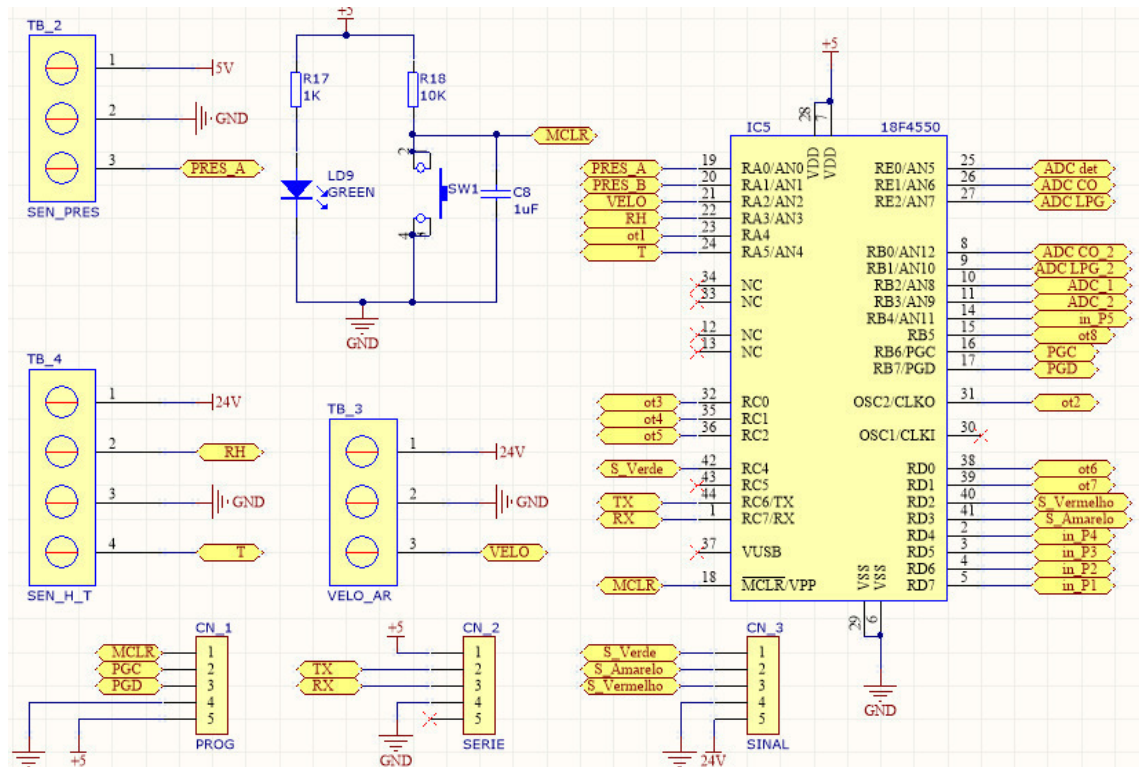


Figura 43 - Circuito do microcontrolador da PCB CGAS

As **entradas digitais** são sinais de 24V que chegam dos sensores através das fichas DB25, Figura 44. Para identificação visual do seu estado na PCB, foram acrescentados LEDs para cada entrada, os LEDs ligam quando a entrada é ativada (presença dos 24V). Os sinais de entrada a 24V são isolados e convertidos para 5V por opto-acopladores. Estão disponíveis 5 entradas digitais, sendo que duas são de reserva (IN4 e IN5), duas são para a válvula de exaustão e a restante para a porta da câmara. A ficha fêmea DB25 J_2 conecta a unidade de controlo do gás à PCB CGAS.

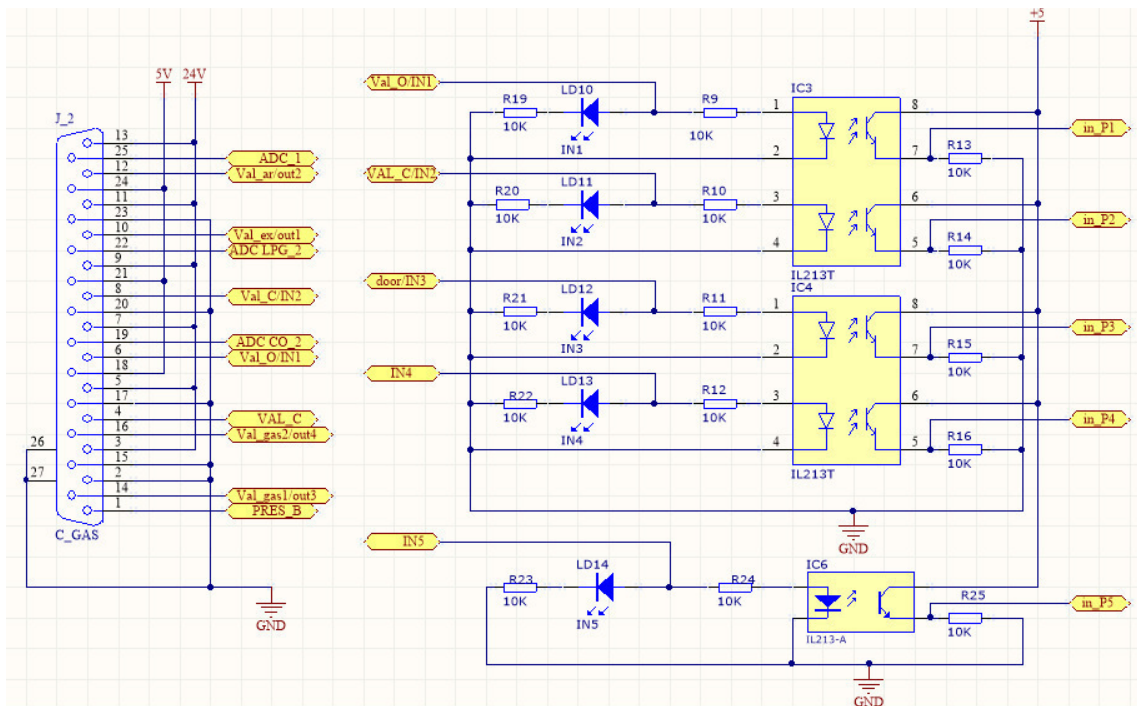


Figura 44 - Circuito de entradas da PCB CGAS

As **saídas** são convertidas dos 5V fornecidos pelo microcontrolador para 24V com corrente de saída até 500mA pelo circuito integrado ULN2803. Este circuito integrado consiste num arranjo de transístores Darlington. Ao alimentar uma entrada do circuito integrado ULN2803 a saída correspondente faz ligação à massa. Como os dispositivos são alimentados com 24V, a ligação à massa pelo ULN2803 fecha o circuito de alimentação, Figura 45. As saídas são para ativar a Válvula de exaustão, a Válvula do ar, a Válvula gás 1, a Válvula gás 2, as Ventoinhas, o Relé e as duas saídas de reserva (Out7 e Out8).

O laço da central é ligado no conector TB_1, a ligação ao detetor em teste é feita através da ficha DB25 (CONTROLO), que pode ser comutada entre o laço da central ou alimentação 24V pelo relé K1, permitindo assim testar detetores convencionais e endereçáveis sem necessidade de o operador alterar as ligações.

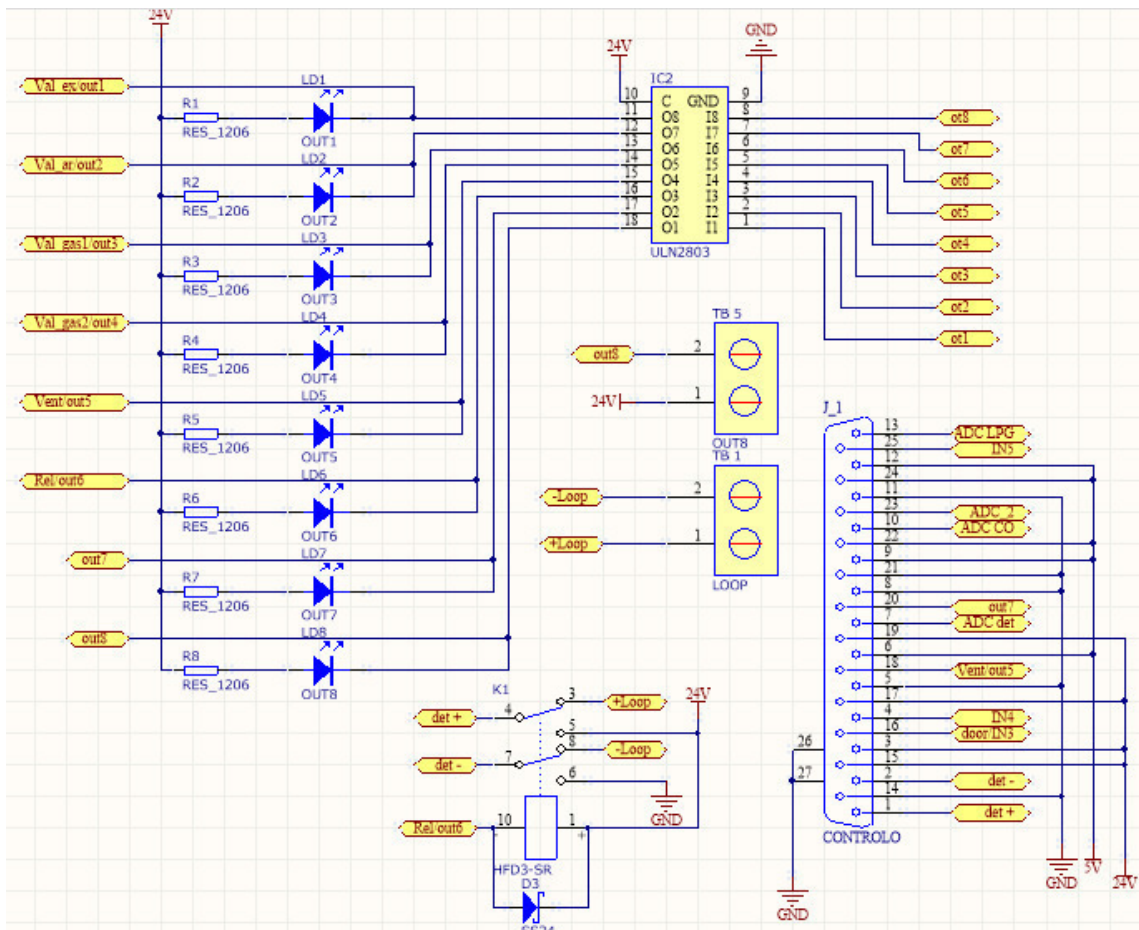


Figura 45 - Circuito de saídas da PCB CGAS

4.4. Desenho da câmara automatizada para o teste de detetores de gases

Para uma melhor execução do projeto foi realizado o desenho em 3D de toda a estrutura necessária a construir. O desenho contempla estrutura exterior, interior, bem com as caixas que albergam as unidades de controlo, Figura 46. No desenho feito no software FreeCAD V0.16 foi tido em conta o processo de fabrico das peças, maquinação por fresadora CNC e impressão 3D.

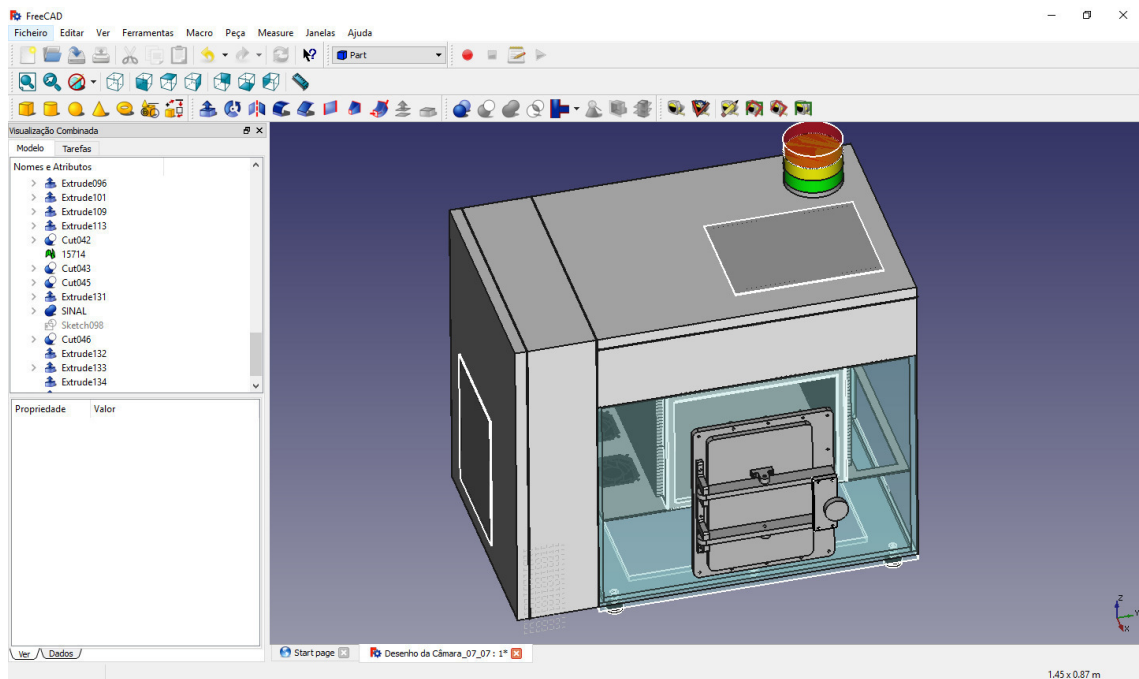


Figura 46 - Desenho da câmara automatizada para teste de detetores de gases

No topo e no lado esquerdo da câmara encontramos as duas caixas que albergam as unidades de controlo, caixas que foram aproveitadas de um produto comercializado pela GFE e alteradas para o efeito. As alterações consistiram em acrescentar um painel para entradas e saídas e dois chassis para fixação dos elementos instalados na unidade de controlo dos gases, Figura 47. As caixas são construídas em alumínio de 1.5mm de espessura com 510x420x120mm de tamanho; já os chassis foram feitos em alumínio de 3mm de espessura de modo a permitir furações roscadas para mais fácil instalação dos elementos. Na caixa superior podemos ver os sinalizadores, outro elemento alterado dos produtos fabricados na GFE (sirenes Vulcan 2) - neste caso, os sinalizadores foram agrupados em três e foi alterada a cor dos LEDs em dois exemplares (dado que os LEDs

são vermelhos). Num foram substituídos pela cor verde e no outro pela cor amarela. No caso do sinalizador vermelho da CGAS, este possui também o sinal sonoro associado.

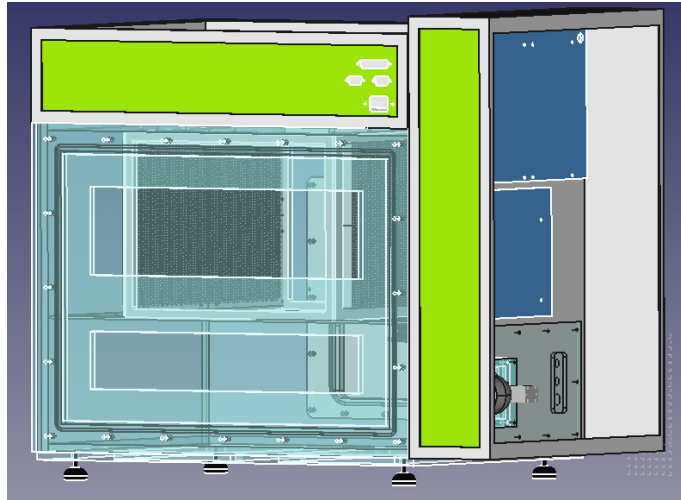


Figura 47 - Painéis de entradas e saídas (a cor verde) e chassis (a cor azul)

A câmara é um paralelepípedo em acrílico de 10mm de espessura e 550x410x418mm de dimensão, com quatro aberturas, sendo uma delas a porta. A porta em alumínio tem como objetivo o fácil acesso e frequente ao interior da câmara; a abertura superior foi criada com o propósito de ser facilmente substituída no caso de ser necessária a alteração das furações dos sensores que nela estão instalados. O mesmo critério se aplica à abertura lateral esquerda, onde está instalada a válvula de exaustão e as furações para entrada dos gases e de ar. Por fim a abertura de trás serve para ter acesso total à câmara para a montagem do seu interior, Figura 48. Em todas as aberturas foi desenhada uma cavidade no seu contorno para a colocação de um *o'ring* e assim garantir a estanquicidade.

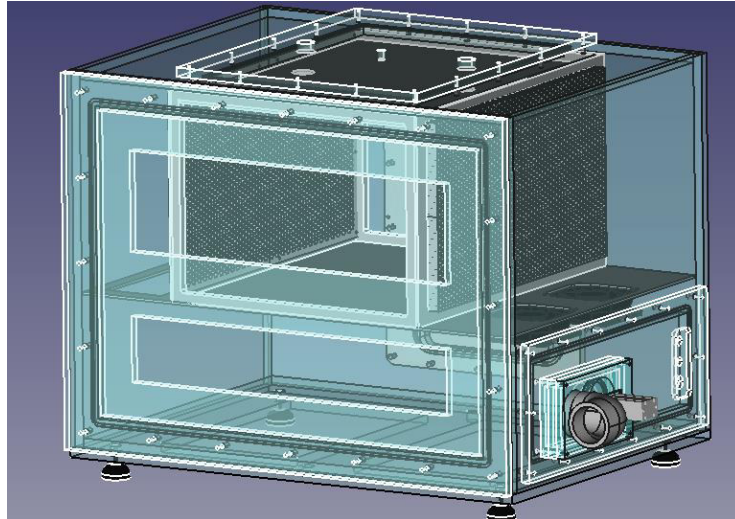


Figura 48 - Aberturas na câmara

A Figura 49 mostra a válvula de exaustão que foi projetada de modo a ser movimentada por um cilindro pneumático, em que uma peça em acrílico com um *o'ring* é pressionada pelo cilindro pneumático contra uma abertura circular, fechado assim a abertura destinada à exaustão. Quando o cilindro está recolhido, o ar é canalizado para um tubo em PVC com 50mm de diâmetro, que permite conectar a uma chaminé ou a um sistema de extração de atmosferas contaminadas.

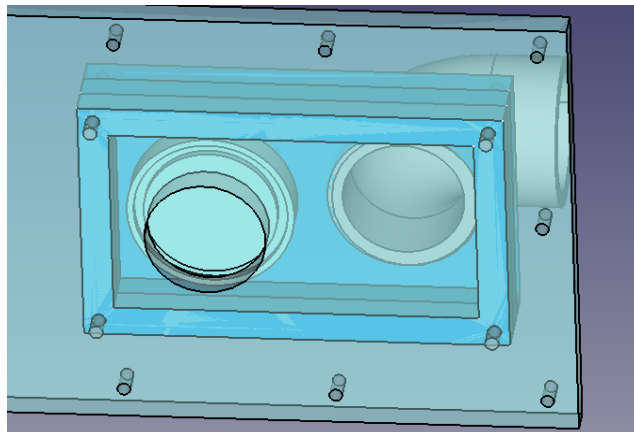


Figura 49 - Válvula de exaustão em pormenor

O interior da câmara é composto por várias molduras em alumínio de modo a formar um circuito fechado para o ar, forçado por duas ventoinhas. A placa horizontal central suporta numa extremidade as duas ventoinhas de circulação e na outra contém

uma ranhura para completar o circuito fechado para a circulação do ar. Esta placa é suportada pelas duas molduras, frontal e traseira com 10mm de espessura. Entre os dois aros estão duas molduras de 3 mm de espessura que agregam os 4 filtros favo de mel em Polímero PLA, Figura 50. É na chapa de topo que vai ser montada a base para os detetores a serem testados, onde foram feitos dois furos que permitem aos sensores montados no painel superior acederem ao interior da câmara.

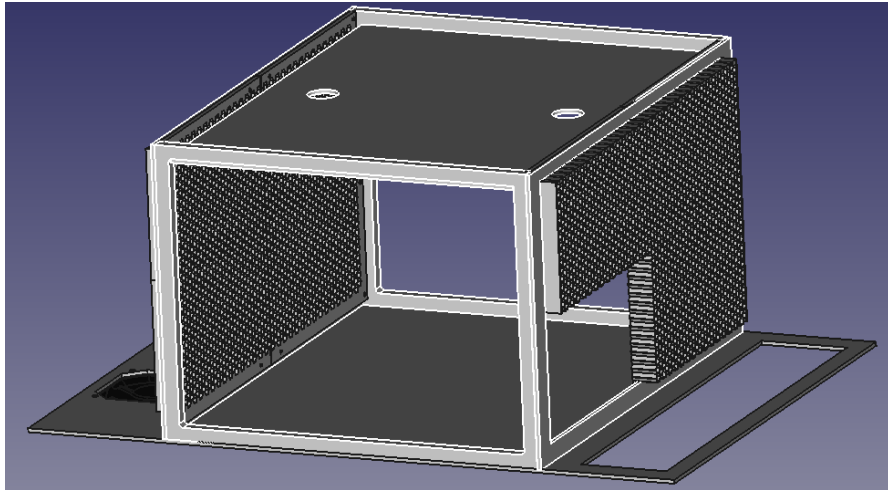


Figura 50 - Interior da câmara

A porta é um elemento importante no projeto, pois é onde há mais possibilidades de um elemento estrutural comprometer os testes. É função da porta permitir o fácil acesso ao interior da câmara e ao mesmo tempo garantir uma boa estanquicidade. Para tal é construída em alumínio de 10mm de espessura, para não permitir flexões quando submetida a pressões internas. Tem dois pontos de rotação, na dobradiça e nos apoios, que permitem um perfeito paralelismo com o aro no fecho, Figura 51. A estanquicidade é efetuada por um *o'ring* instalado numa cavidade criada na periferia da porta e a força de fecho é exercida pela rotação de um volante ao rodar sobre o parafuso que se encontra preso ao aro.

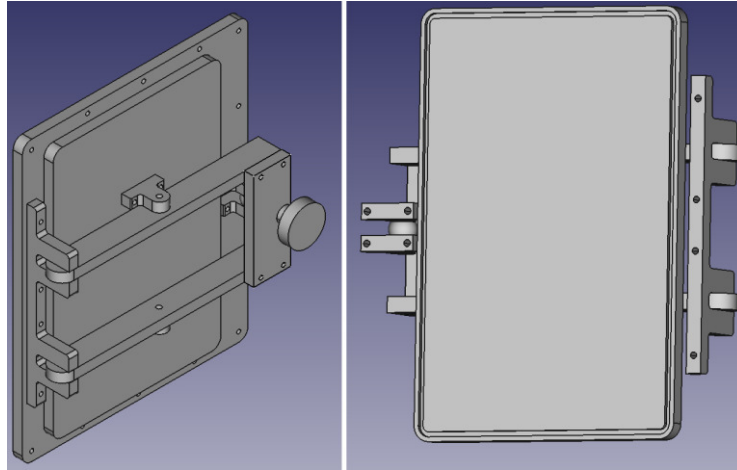


Figura 51 - Desenho da porta.

4.5. Construção da câmara automatizada para teste de detetores de gases

Partindo do desenho 3D iniciou-se a construção da câmara. Os materiais usados na construção são maioritariamente o alumínio, o acrílico e o PLA. As peças de acrílico e alumínio foram construídas a partir de chapas com 10mm e 3mm, numa fresadora CNC, já as peças em PLA foram elaboradas na impressora 3D.

Depois de terminado o desenho da estrutura da câmara, as peças constituintes foram exportadas no formato STL, que permite os desenhos serem importados nos softwares usados para gerarem os ficheiros necessários na fresadora CNC e na impressora 3D. O software usado para gerar o código G, linguagem de programação das máquinas comandadas por controlo numérico computadorizado (CNC) [20], foi o MeshCAM V6.

No MeshCAM, depois de importado o STL da peça, é necessário configurar vários parâmetros como o stock do material, ferramentas a usar e modo de fresagem. O stock do material a maquinar corresponde às dimensões da peça em bruto que se vai colocar na CNC, representado pelas linhas brancas na Figura 52. A escolha da ferramenta a usar na fresagem é muito importante e deve ser considerada no desenho da peça, uma vez que não é possível obter ângulos interiores retos numa fresadora de 3 eixos. Assim, nas definições são introduzidas características como diâmetros e comprimento das fresas. Finalmente o modo de fresagem é a definição das trajetórias de corte, que pode ser por exemplo desbaste, acabamento ou corte (este deslocamento pode-se ver na figura nas

linhas verdes). Através destas configurações, o programa é capaz de gerar o código G, que pode ser visto abrindo o ficheiro com um editor “.txt”.

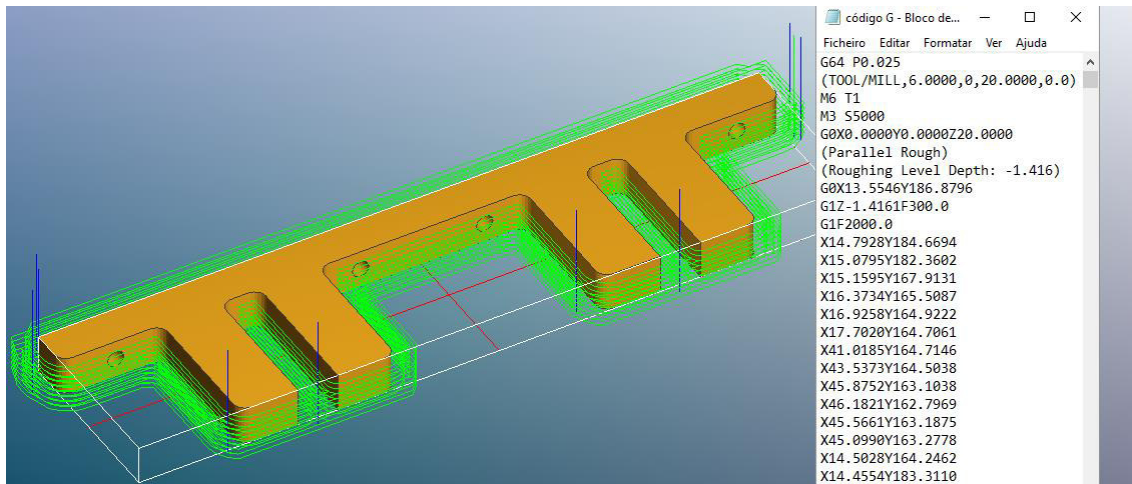


Figura 52 - Peça e caminhos de corte (Esquerda); Código G (direita).

O próximo passo foi abrir o ficheiro com o código G no controlador da CNC. Neste caso foi usado o LinuxCNC, *software* gratuito que permite controlar máquinas CNC [21]. No LinuxCNC, as configurações da fresadora CNC já tinham sido previamente configuradas como a área de trabalho, a deslocação por passo do motor e as velocidades máximas. Ao abrir o ficheiro com o código G, o LinuxCNC representa os deslocamentos da ferramenta e a sua posição na área de trabalho, Figura 53. Antes de executar o programa, é necessário fixar bem o stock de material (material em bruto) na mesa da CNC e, muito importante, definir o ponto zero da ferramenta relativamente ao stock a maquinar.

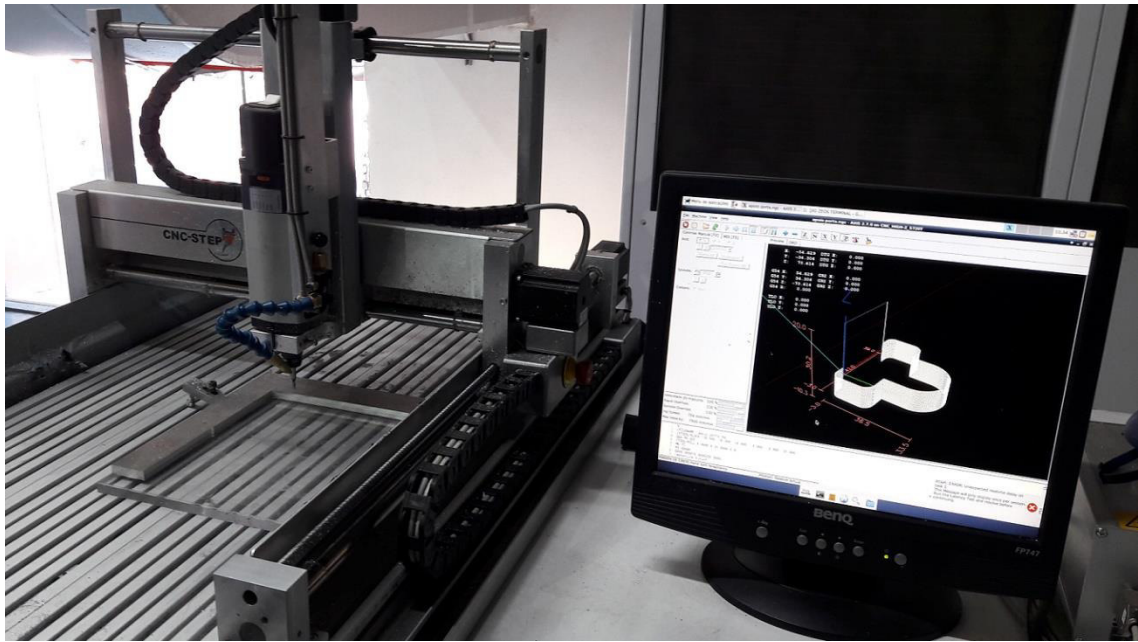


Figura 53 - Fresadora CNC com software LinuxCNC (peça de apoio da porta).

No caso da impressora 3D as peças em STL foram importadas para o *software* Cura V15.02.1, que ao contrário da CNC (em que os deslocamentos são o contorno exterior da peça), o código G gerado para a impressora 3D é de modo a preencher a peça da Figura 54. No Cura também foi necessário configurar alguns parâmetros, como a velocidade de impressão, a percentagem de enchimento da peça e a espessura das paredes. O tempo de utilização da impressora 3D foi maioritariamente gasto na impressão dos filtros: cada filtro favo de mel demorou 15 horas a ser impresso, o que perfaz um total superior a 160 horas de impressão. A necessidade de dividir cada filtro em quatro partes deve-se à limitação da área de impressão como se pode ver na Figura 55, que foi tida em conta no desenho.

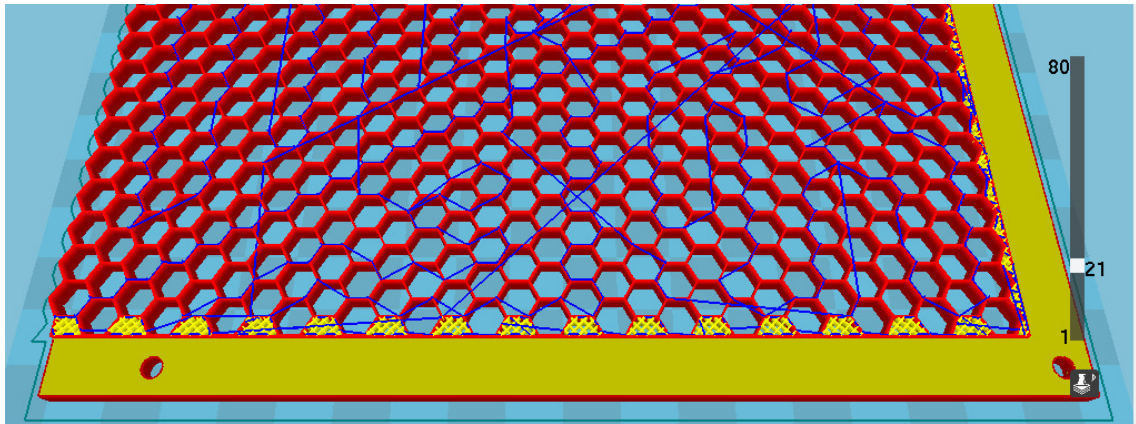


Figura 54 - Peça favo de mel no software Cura

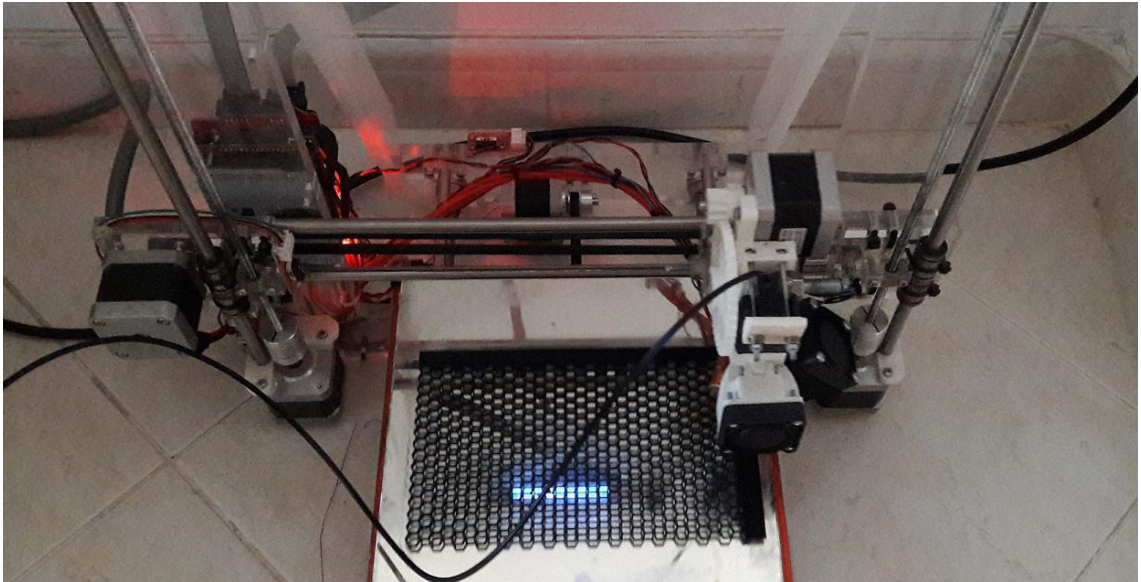


Figura 55 - Área de impressão na impressora 3D

4.6. Montagem da câmara automatizada para teste de detetores de gases.

A construção da CGAS foi feita em 5 fases, para que, no caso de haver necessidade de correções, estas poderem ser feitas antes de se iniciar a fase seguinte. Este facto permitiu alguns ajustes no projeto, melhorando-o sem comprometer os objetivos.

4.6.1. Montagem da porta

A primeira fase foi a construção e montagem da porta observada na Figura 56, através de parafusos de resistência sextavados M4x25. A dobradiça é fixa no aro, na dobradiça são inseridas as duas barras que são trancadas por dois parafusos M4x50, apertados por duas porcas M4. A meio das barras são instalados dois apoios com parafusos M4x25 e respetivas porcas M4. Estes dois apoios são fixos na porta por quatro parafusos M4x15. As duas barras são reforçadas através da união com 4 parafusos M4x20 aparafusados na rosca feita nas barras. No aro são instalados mais dois suportes com 4 parafusos M4x15, entre os suportes é preso o parafuso do volante com um parafuso M8x40 e uma porca M8. O volante é enroscado no parafuso.

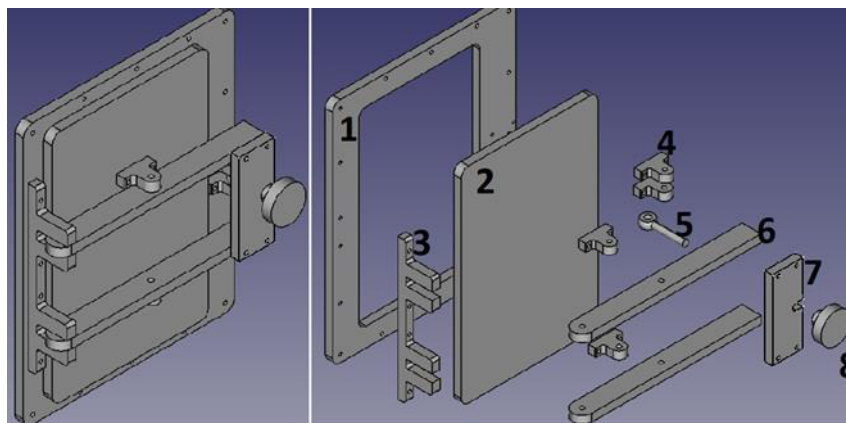


Figura 56 - Montagem da porta. 1-Aro, 2-Portas, 3-Dobradiças, 4-Apoio da porta, 5-Parafuso do volante, 6-Barra da porta, 7-União, 8-Volante.

4.6.2. Montagem do interior da câmara

O interior da câmara é uma estrutura em alumínio com dois filtros favo de mel e duas ventoinhas, Figura 57. A placa do meio é fixa aos dois aros interiores com 3 parafusos M3x10 por cada aro e o mesmo acontece com as molduras que são fixas nos aros interiores por 6 parafusos M3x10 de cada lado. Nas molduras são instalados os filtros favo de mel em PLA, cada filtro é constituído por 4 partes: Favo cima esquerdo (CE), cima direito (CD), baixo esquerdo (BE), baixo direito (BD) e cada um é fixado por 3 parafusos M3x10 e 3 porcas M3. A placa de cima é fixada na parte interior dos aros internos com 3 parafusos M3x10. A estrutura interior é fixa ao topo da câmara por 8 parafusos M4x15 colocado na parte superior dos aros e apertados em 8 insertos metálicos colocados no acrílico.

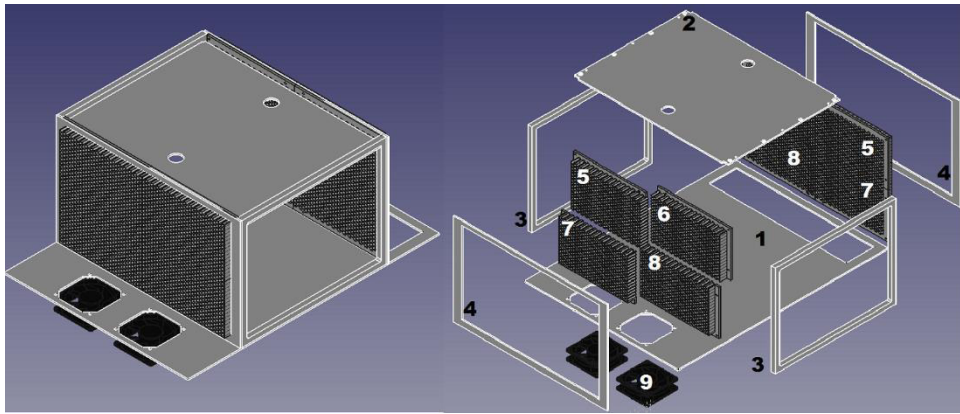


Figura 57 - Montagem do interior: 1-placa do meio, 2-placa de cima, 3-aro interno, 4-Moldura, 5-Favo CE, 6-Favo CD, 7-Favo BE, 8--Favo BD, 9-Ventoinha

4.6.3. Montagem das paredes da câmara

As paredes da câmara são construídas com 7 peças em acrílico transparente vazado de 10mm, Figura 58. A união das peças foi feita com cola especial para acrílico (Colaplex Goold). As primeiras peças a serem coladas foram o acrílico frontal (F) com o acrílico lateral esquerdo (LE) e acrílico superior (SUP); numa segunda fase foram coladas a este conjunto as peças: acrílico trás (T), acrílico lateral direito (LD) e acrílico inferior (INF). Por fim depois do paralelepípedo colado, foi adicionado o acrílico inferior de reforço (INF R). Este acrílico foi adicionado para reforçar a estrutura, dado que o acrílico

inferior é uma grande área que mesmo sob pequenas pressões fica sujeita a grandes forças mecânicas.

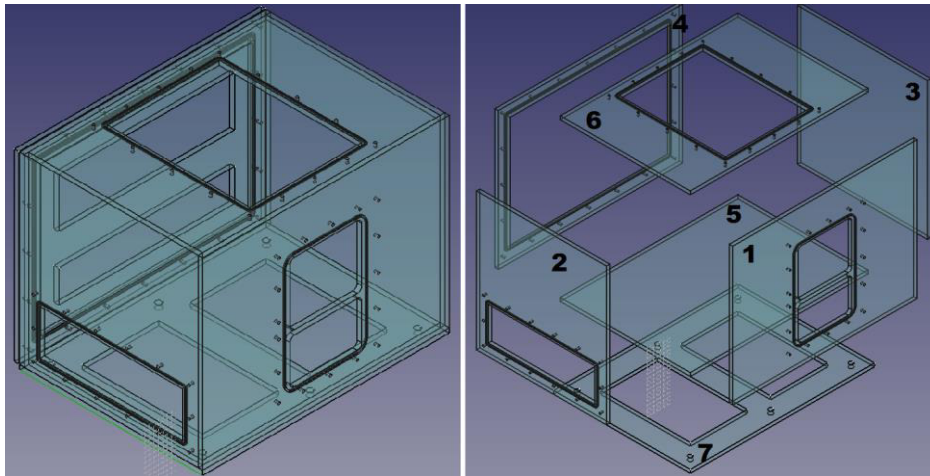


Figura 58 - Montagem das paredes da câmara: 1-Acrílico F, 2-Acrílico LE, 3-Acrílico LD, 4-Acrílico T, 5-Acrílico INF, 6-Acrílico SUP, 7-Acrílico INF R

O mesmo critério de reforço aplicou-se à tampa de trás (TR), onde foi colado um reforço (TR R). Depois da instalação do vedante nas ranhuras das aberturas foram instaladas as tampas: tampa de trás (TR), tampa lateral esquerda (TR), tampa de cima (TC) e a porta. Todas estas peças são fixadas com parafusos M4x15 num espaçamento inferior a 8cm, perfazendo um total de 64 parafusos, apertados em insertos metálicos inseridos no acrílico das paredes, Figura 59.

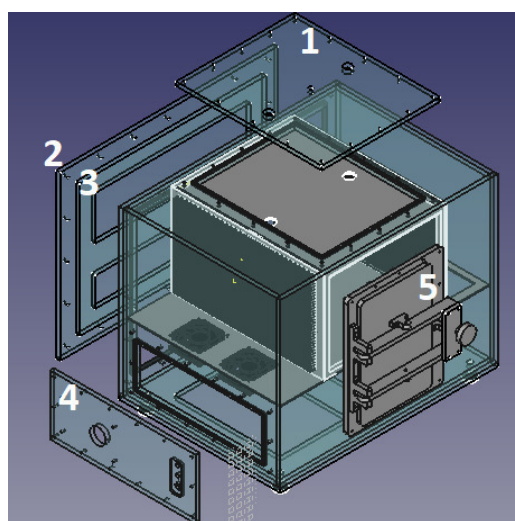


Figura 59 - Montagem das tampas. 1-Tampa SUP, 2-Tampa T, 3-Tampa TR, 4-Tampa LE.

4.6.4. Montagem da válvula de exaustão

A válvula de exaustão é constituída por dois aros e uma tampa colados, ficando uma peça única, nesta espécie de caixa ainda é colada uma curva em PVC e instalado um cilindro pneumático do lado exterior, ficando no interior o eixo roscado do cilindro onde é inserido o cilindro em acrílico. O conjunto completo é aparafusado à tampa lateral esquerda (LE) por 4 parafuso M4x35 em 4 insertos metálicos inseridos na tampa LE, Figura 60.

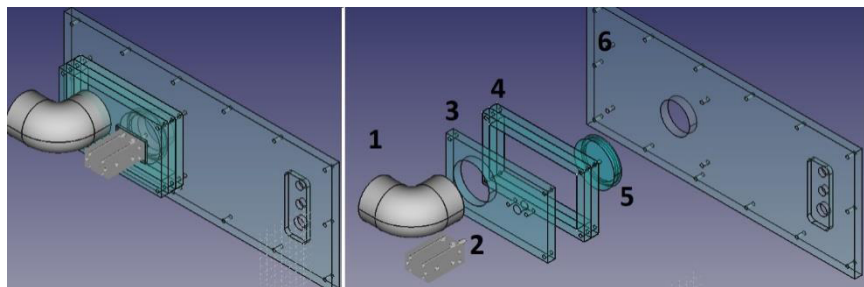


Figura 60 - Montagem da válvula de exaustão. 1-Curva PVC, 2-Cilindro pneumático, 3-Tampa da válvula, 4-Aro da válvula, 5- Cilindro da válvula, 6-Tampa LE.

4.6.5. Montagem final

A última fase da montagem foi a aplicação das caixas, a caixa superior é aparafusada ao acrílico superior por 4 parafusos M4x8, um em cada vértice, já a caixa lateral na parte inferior é aparafusada ao acrílico lateral esquerdo e na parte superior é aparafusado à caixa superior com dois parafusos M4x8 e duas porcas M4, Figura 61. Os painéis Entradas e Saídas (ES) são aparafusados às caixas por 6 parafusos M3x10 e 6 porcas M3 cada. Os chassis fixam na caixa lateral com parafusos M3x6 em insertos já existentes nas caixas. Na tampa da caixa superior são instalados os sinalizadores e no acrílico inferior de reforço os 4 pés, para fixar os pés foi feita rosca M8 no acrílico permitindo assim a fixação direta.

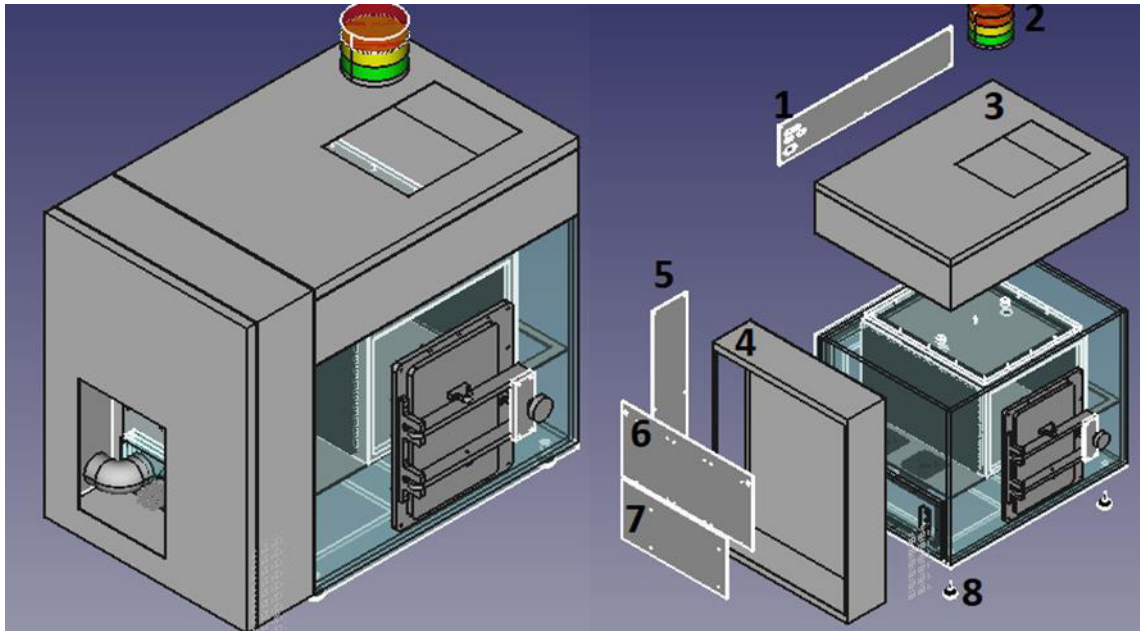


Figura 61 - Montagem final. 1-Painel ES CIMA, 2-sinalizadores, 3 e 4-Caixas, 5-Painel ES LE, 6-Chassi CIMA, 7-Chassi INF, 8-Pés.

Como o computador é um elemento constituinte da CGAS, e de forma a definir as ligações necessárias, foi contemplado um suporte para um computador portátil com duas alturas disponíveis. Na Figura 62 podemos ver o desenho final da CGAS.

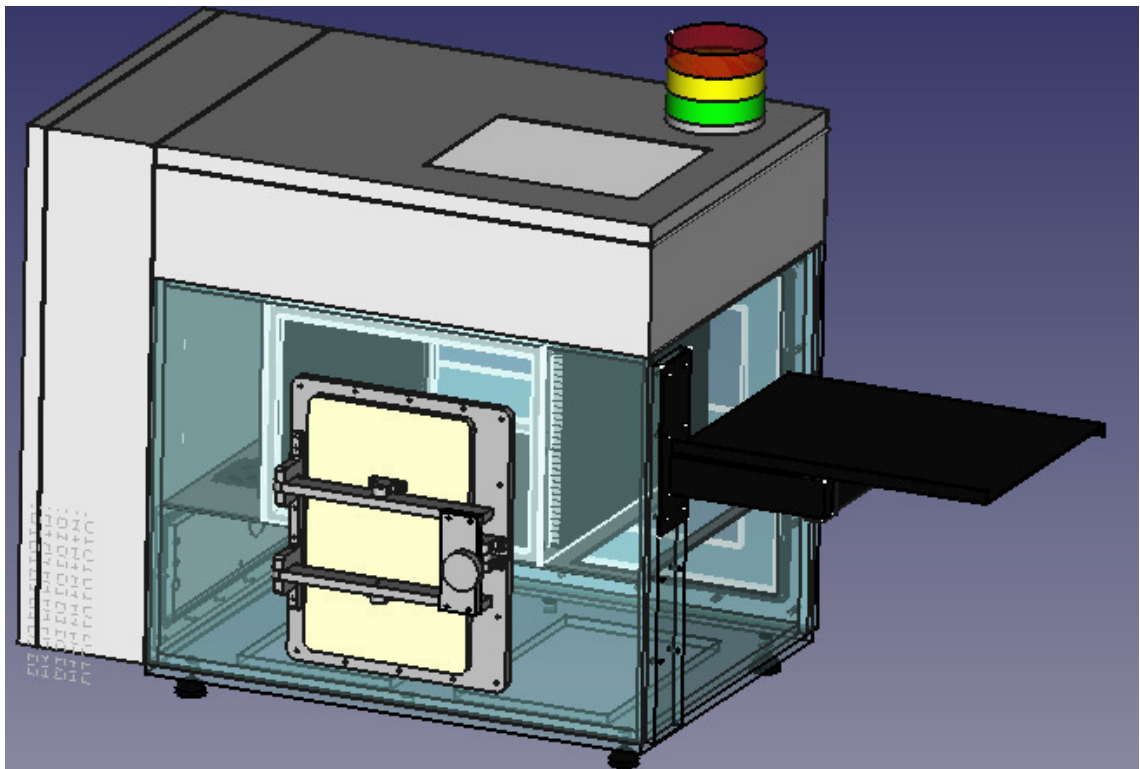


Figura 62 - Desenho 3D final.

4.6.6. Suporte para o detetor

Os fabricantes de detetores disponibilizam para as suas gamas, peças complementares de modo a fixar corretamente os detetores as chamadas bases, para facilitar a montagem das bases foram feitas furações com rosca para parafusos M4 na Placa de Cima identificada na Figura 63. Assim dependendo do detetor é necessário instalar a base correspondente.

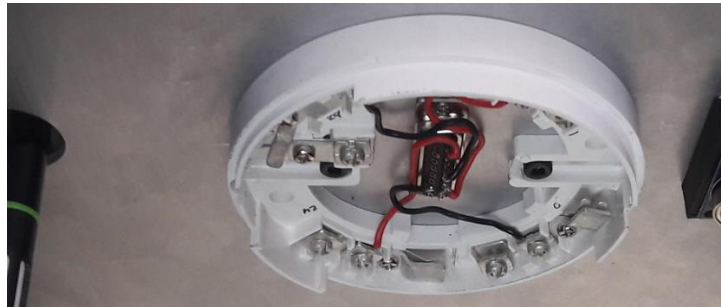


Figura 63 - Furação na Placa de Cima para a fixação da base

4.6.7. Informações e segurança

Para melhor informação e segurança foram desenhadas um conjunto de etiquetas em vinil autocolante. Neste este conjunto está a logotipo da CGAS, Figura 64, a chapa de caraterísticas, Figura 65, a identificação da chave e botões de segurança, bem com mensagens de operação e riscos existentes que podem ser consultados no Apêndice 2.



Figura 64 - Logotipo CGAS

Na chapa de caraterísticas consta informação como: modelo, número de série e alimentação (POWER). O nome do modelo 54-26.01 provem de ser a primeira câmara de teste para detetores de gases dependentes da norma EN 54-26. O número de série (001.01.18) é gerado pelos seguintes dados: Número sequencial, Semana, Ano. Por fim, as características quanto à alimentação foram atribuídas segundo os dados da fonte de alimentação onde a corrente máxima é de 3A, a tensão de alimentação é de 230V e a frequência é de 50Hz.

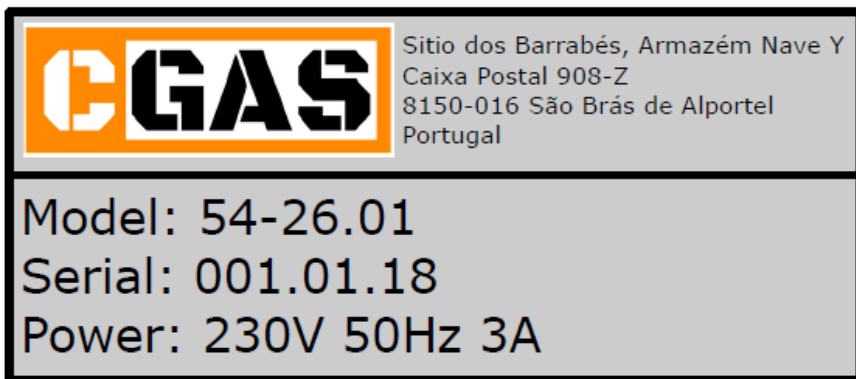


Figura 65 - Chapa de características da CGAS

5. SOFTWARE DE INTERLIGAÇÃO DA CGAS

No capítulo 5 é apresentado e comentado o *firmware* de programação da PCB CGAS e a programação da aplicação CGAS em LabVIEW, que em conjunto fazem a interligação da PCB CGAS com a aplicação de processamento.

5.1. Firmware da PCB CGAS

O *firmware* foi escrito na linguagem C no compilador mikroC PRO V7.1.0, *software* da Mikroelektronika. Depois de compilado o código C é gerado o ficheiro com a extensão (.hex), ficheiro necessário para programar o microcontrolador, que pode ser feito através de vários programadores existentes no mercado, neste caso foi utilizado o MPLAB ICD2 da Microchip.

O *firmware* começa pelas configurações dos registos do microcontrolador, como declaração dos portos e *clock*. Depois das configurações, o *firmware* entra num ciclo fechado, à espera de receber informação pela porta de comunicação série UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*). Depois de receber a informação e proceder à sua leitura, vai verificar o estado das entradas digitais e analógicas, alterar as saídas em conformidade com a informação que recebeu e por fim envia a informação obtida nas entradas. Se não receber qualquer informação pela porta série durante algum tempo, o *firmware* desativa todas as saídas por segurança, como se pode ver no fluxograma da Figura 66.

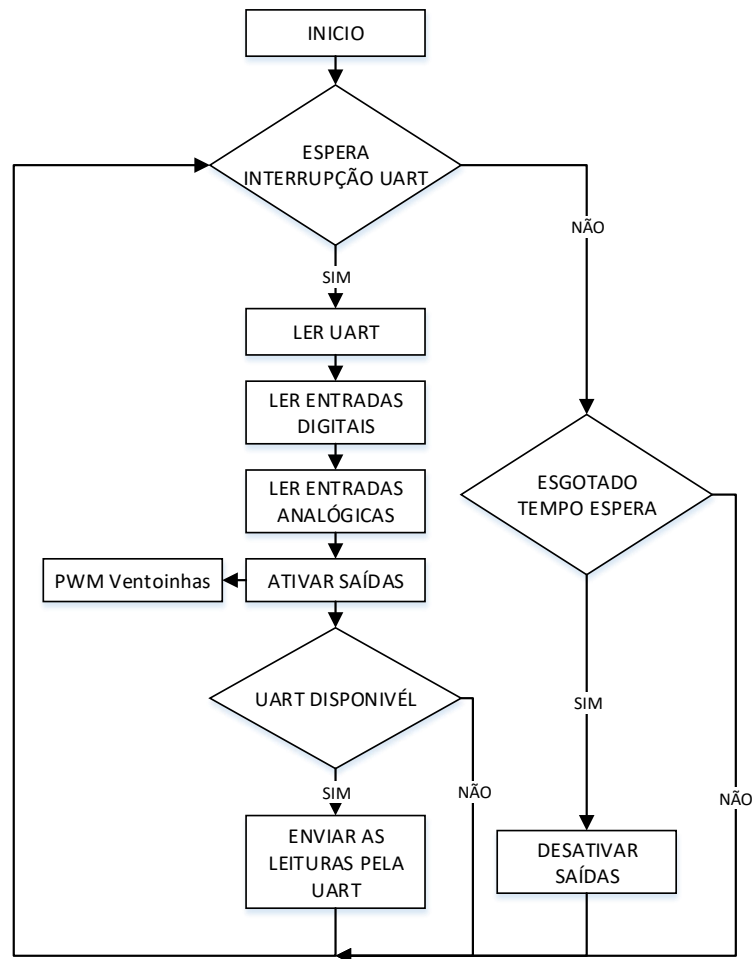


Figura 66 - Fluxograma do *firmware*

No Apêndice 3 poderá ser consultado todo o código com comentários.

A função apresentada na Figura 67 que faz a leitura da UART (*interrupt*) é uma função da biblioteca do compilador MikroC que é executada sempre que há uma interrupção. Dentro da interrupção, é feita a confirmação se a interrupção vem da UART, através do registo PIR1.PCIF do microcontrolador que fica ativo quando há uma alteração na porta de escrita (RX) da UART. Caso se confirme que a interrupção vem da UART é realizada a leitura da mesma para a matriz “*outputs*”, a leitura é realizada até à receção do valor 255, confirmando o fim da comunicação. Após a leitura, é ativada a variável “*flag*” que permite ao *firmware* progredir para a leitura das entradas digitais. O registo PIR1.PCIF é reiniciado para que a leitura só se volte a fazer quando houver outra interrupção na UART.

```

178: void interrupt() { //Func. MikroC sempre que há interrupção.
179:   if (PIR1.RCIF) { //Confirmação interrupção na UART.
180:     output = Uart1 Read(); //Escreve na output o Byte lido.
181:     outputs[i] = output; //Escreve na matriz outputs o Byte lido.
182:     i++; //Incrementa a posição da matriz.
183:     if (output == 255) { //Confirmação do fim da leitura na UART
184:       flag = 1; //Ativa a variável comunicação.
185:     } //Fim da confirmação do fim da leitura na UART.
186:     PIR1.RCIF = 0; //Reiniciar da interrupção na UART.

```

Figura 67 - Função de leitura da UART

A leitura das portas digitais é feita pela função *ReadInputs*, e é representada na variável *Inputs* em que cada *bit* representa uma porta. As entradas estão ativas quando o valor da tensão é 0V, ou seja, lógica negativa. Esta função compara o valor obtido numa porta com o valor 0 e, no caso de verdadeiro, coloca o *bit* correspondente à porta a 1 na variável *Inputs*. A alteração do *bit* é feita através da soma do valor que a porta representa no *byte Inputs*, como se pode ver na Figura 68. Por ex., no caso de a porta RD6 estar ativa é adicionado à variável *Inputs* o valor de 4 decimal, que em binário representa “100”; assim a porta RD6 está representada no *bit* 3 da variável *Inputs*. Na Tabela 6 está descodificada a variável *Inputs*. As variáveis IN4 e IN5 são entradas de reserva, IN_PORTA corresponde ao sensor da abertura da porta, já VAL_C e VAL_O representam os sensores de fecho e abertura da válvula de exaustão.

```

93: unsigned char ReadInputs() { //Função leitura porta de entrada.
94:   Inputs=0; //Reiniciar a variável
95:   if (PORTE.RD4 == 0){ //Confirmar se porta se encontra a 0.
96:     Inputs=Inputs+1; //Caso afirmativo acrescenta 1 à variável.
97:   }
98:   if (PORTE.RD5 == 0){ //Confirmar se porta se encontra a 0.
99:     Inputs=Inputs+2; //Caso afirmativo acrescenta 2 à variável.
100: }
101: if (PORTE.RD6 == 0){ //Confirmar se porta se encontra a 0.
102:   Inputs=Inputs+4; //Caso afirmativo acrescenta 4 à variável.

```

Figura 68 – Função de leitura das portas digitais

| | | | | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|
| IN4 | IN_PORTA | VAL_C | VAL_O | IN5 | | | |
| PORTD.RD4 | PORTD.RD5 | PORTD.RD6 | PORTD.RD7 | PORTB.RB7 | --- | --- | --- |
| Bit 0 | Bit 1 | Bit 2 | Bit 3 | Bit 4 | Bit 5 | Bit 6 | Bit 7 |
| Byte Inputs | | | | | | | |

Tabela 4 - Decodificação do *byte Inputs*

A próxima etapa é ler as portas analógicas. A leitura é realizada pela função do mikroC “ADC_Read()”, Figura 69 e a leitura em cada porta é realizada 16 vezes somando cada leitura. No final das 16 leituras o valor obtido é dividido por 16. Isto permite obter uma média e atenuar alguns erros que possam ocorrer na leitura. A variável lida pela função é um valor inteiro de 10 *bits*, como cada *byte* enviado pela UART tem 8 *bits*, são necessários 2 *bytes* para enviar a leitura. Os 10 *bits* correspondem ao valor decimal de 1024 ($2^{10} = 1024$). Como o valor das leituras nas portas analógicas varia entre 0-5V, o intervalo das leituras é de $5/1024$, nas leituras que não necessitam muita definição o valor lido na porta analógica é dividido por 4 para ser enviado em um só *byte* ficando com a definição de $5/255$.

No caso da leitura do sensor de CO, onde são necessários os dois *bytes*, é preciso dividir a variável inteira (CO_1X) em dois *bytes* (CO_H e CO_L). O *byte* mais significativo é obtido rodando para a direita a variável em oito posições, e o menos significativo fazendo uma operação AND da variável com um *byte* “11111111” ou 0xff em hexadecimal.

```

124: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){ //Executar 16 vezes o ciclo.
125:     PRES_AX = PRES_AX + ADC_Read(0);} //Ler porta AN0 e add. a última leitura.
126:     PRES_AX = PRES_AX / 16; //Dividir o valor final por 16 (média).
127: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){ //Realiza a mesma operação para as
128:     PRES BX = PRES BX + ADC Read(1);} //restantes portas análogicas...

160: LPG_1L = LPG_1X & 0xff; //Truncagem dos primeiros 8 bits.
161: LPG_1H = (char) (LPG_1X>>8); //Rodar os bits 8 posições à direita.
162: PRES_A = PRES_AX/4; //Dividir a variável por 4.

```

Figura 69 - Exemplos da função de leitura das portas analógicas

| Entradas analógicas | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------|----------|-----|-------|----------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| AN0 | AN1 | AN2 | AN3 | AN4 | AN5 | AN6 | AN7 | AN8 | AN9 | AN10 | AN12 |
| PRES_AX | PRES_BX | VELO_ARX | RHX | TEMPX | ADC_DETX | CO_1X | LPG_1X | ADC1X | ADC2X | LPG_2X | CO_2X |
| RA0 | RA1 | RA2 | RA3 | RA5 | RE0 | RE1 | RE2 | RB2 | RB3 | RB1 | RB0 |

Tabela 5 - Descodificação das entradas analógicas

As entradas analógicas descritas na Tabela 7 fazem a leitura dos seguintes valores: pressão ar comprimido, pressão absoluta dentro da câmara, velocidade do ar dentro da câmara, humidade relativa dentro da câmara, temperatura dentro da câmara, entrada analógica dedicada ao detetor em teste, sensor de CO dentro da câmara, sensor de LPG dentro da câmara, duas entradas analógicas de reserva, sensor de fuga de LPG, sensor de fuga de CO.

Depois de ler as entradas analógicas, o microcontrolador vai colocar o estado dos portos de saída conforme a variável “*Outputs*”, a matriz de 4 bytes que é lido de cada vez que o microcontrolador recebe via UART do Labview, Figura 69. Nos dois primeiros bytes estão os estados dos portos de saída, no terceiro a velocidade das ventoinhas e por fim o quarto é um valor fixo de 255, que representa o fim da comunicação. Para os dois primeiros bytes a operação de descodificação é realizada comparando bit a bit com a posição de cada porto. Se a comparação for verdadeira, o porto é colocado a 1, caso contrário mantém-se a 0. O terceiro byte corresponde ao valor do *Duty Cycle* que será enviado para a função do MikroC de PWM. Se o valor do terceiro byte do *Outputs* for maior que 0, é iniciada a função de PWM com o respetivo valor caso contrário o PWM é terminado. A descodificação das saídas pode ser consultada na Tabela 8.

```

48: void WriteOutputs() { //Função escrita nas portas de saída.
49:     if (outputs[0] & 0x01){ //Compara variável outputs[0] com valor 1.
50:         TB5=1; } //Caso verdadeiro ativa a saída TB5.
51:     else {
52:         TB5=0; } //Caso falso desativa a saída TB5.

85:     if (outputs[2] > 0x00){ //Verifica se outputs[2] é maior que 0.
86:         PWM2_Start(); //Caso verdadeiro Func. MikroC inicializa PWM2.
87:         PWM2_Set_Duty(outputs[2]); //Func. MikroC define valor outputs[2] como Duty
88:     else {
89:         PWM2_Stop(); } //Caso falso Func. MikroC para PWM2.

```

Figura 70 - Exemplos da função de escrita nos portos de saídas digitais

| Outputs[0] | | | | | | | | Outputs[1] | | | | | | | Outputs[2] | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-----------|------------|---|---|---|---|---|---|------------|---|------|
| TB5 | OUT7 | REL | GAS_2 | GAS_1 | VEL_AR | VAL_EX | S_AMARELO | S_VERMELHO | | | | | | | | | VENT |
| RA4 | RA6 | RC0 | RC2 | RD0 | RD1 | RB5 | RD2 | RD3 | - | - | - | - | - | - | - | - | RC1 |
| Bit 0 | Bit 1 | Bit 2 | Bit 3 | Bit 4 | Bit 5 | Bit 6 | Bit 7 | Bit 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | |

Tabela 6 - Descodificação das saídas

O primeiro *byte* da matriz *Outputs* representa: duas saídas de reserva com o TB5 e OUT7, a comutação de relé da PCB, abertura de válvula de gás 2, abertura da válvula de gás 1, abertura da válvula de ar comprimido, abertura da válvula de exaustão e o sinalizador amarelo. O segundo *byte* apenas é usado o primeiro bit, que corresponde ao sinalizador vermelho. O último *byte* contém o valor com que é iniciado o PWM, responsável pela velocidade das ventoinhas.

Se a UART estiver disponível para escrever, é enviada uma matriz de 18 *bytes* com as leituras das portas analógicas e entradas através da função do MikroC, “UART1_Write()”, Figura 71. A posição das variáveis enviadas pela UART pode ser consultada na Tabela 9.

```

218:         if (UART1_Tx_Idle() == 1){//Confirmação da disponibilidade escrita UART
219:             delay_ms(100);           //Epera 100ms
220:             UART1_Write(PRES_A);     //Envio Byte 0 (PRES_A)
221:             UART1_Write(PRES_B);     //Envio Byte 1 (PRES_B)
222:             UART1_Write(VELO_AR);    //Envio Byte 2 (VELO_AR)

```

Figura 71 – Firmware, envio dos Bytes pela UART

| Matriz enviada pela CGAS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Byte 0 | Byte 1 | Byte 2 | Byte 3 | Byte 4 | Byte 5 | Byte 6 | Byte 7 | Byte 8 | Byte 9 | Byte 10 | Byte 11 | Byte 12 | Byte 13 | Byte 14 | Byte 15 | Byte 16 | Byte 17 |
| PRES_A | PRES_B | VELO_AR | RH | TEMP | CO_2L | CO_2H | LPG_2L | LPG_2H | ADC1 | ADC2 | ADC_DET | CO_1L | CO_1H | LPG_1L | LPG_1H | Inputs | 255 |

Tabela 7 - Decodificação dos bytes enviados pelo firmware

Por segurança, foi adicionada uma função em que, caso se perca a comunicação com o computador por algum tempo, o *firmware* desativa todas as saídas. Sempre que o programa recebe e envia dados é reiniciada a variável *y*, que em caso contrário é incrementada. Quando atingir o valor de 100.000 ciclos, o que representa aproximadamente 10 segundos, o *firmware* sai do ciclo de espera, reinicia a variável *outputs* e chama a função “*WriteOutputs()*” para alterar o estado das saídas, como se pode ver na Figura 72.

```

237:         UART1_Write(0xAA);           //Envio Byte 17 (255)
238:     }                                 //Fim do Envio dos Bytes
239:     flag = 0;                         //Reiniciar variável comunicação/interrupção
240:     y=0;                              //Reiniciar variável espera comunicação
241:     }                                 //Fim da comunicação
242:     y++;                              //Incrementação variável espera comunicação
243:     } while ( y < 1000000);          //Espera comunicação 1000000 ciclos (apx 10s)
244:     outputs[0]=0;                   //Escreve 0 na variável outputs[0]
245:     outputs[1]=0;                   //Escreve 0 na variável outputs[1]
246:     outputs[2]=0;                   //Escreve 0 na variável outputs[2]
247:     WriteOutputs();                 //Função de escrita nos portos de saída.
248:     y=0;                            //Reiniciar variável espera comunicação

```

Figura 72- Firmware - espera de comunicação

5.2. Aplicação CGAS no LabVIEW

O LabVIEW é um *software* de programação gráfica dedicado a criar e codificar sistemas de engenharia. Este *software* é um produto da National InstrumentsTM, mas permite operar com outros *softwares* de desenvolvimento ou plataformas de fonte aberta [22].

A linguagem de programação gráfica (linguagem G), especialmente criada para engenheiros e cientistas, permite a integração de qualquer dispositivo de *hardware*. A programação é feita através da ligação por fios entre ícones gráficos, que depois é compilada diretamente em código máquina. Esta programação tem os mesmos conceitos usados nas linguagens de programação tradicionais, conceitos como *loops*, *cases*, variáveis de entrada e saída, etc. O código gráfico é mais fácil de compreender e de depurar. O LabVIEW oferece uma ferramenta de depuração onde é possível ver os movimentos dos dados pelos fios e ícones, sendo possível acompanhar visualmente a passagem dos dados entre funções. O código está constantemente a ser analisado pelo compilador, que não deixa executar o programa se houver erros e apresenta uma análise da aplicação para mais fácil resolução.

O LabVIEW aproveita as capacidades de desempenho dos processadores sem necessidade de o programador se preocupar com esses recursos, como é o caso do paralelismo. Em caso de funções que usam tarefas paralelas, o programa pode tirar partido dos processadores *multicore* para executar as tarefas em paralelo. Na programação é possível, além da linguagem G, usar linguagem texto com a fórmula “*Node*”, onde podem ser escritas Equações matemáticas e expressões em texto similares à linguagem C. Apesar de ter uma linguagem de alto nível, o LabVIEW afirma ter desempenho comparável ao de linguagens como a C.

Para a construção de um programa no LabVIEW são utilizadas duas janelas, o Painel Frontal e o Diagrama de Blocos. O Painel Frontal consiste numa interface com o utilizador, ambiente gráfico onde são representados elementos como botões, indicadores e gráficos. A construção e ligações entre os ícones são feitos na janela Diagrama de Blocos, são estes ícones ou blocos usados que formam os indicadores, botões, etc., no Painel Frontal. Estas duas janelas são gravadas num ficheiro chamado de instrumentos virtuais (VI), que pode ser convertido num executável para criar uma aplicação.

Aproveitando as vantagens acima descritas e algum conhecimento prévio do LabVIEW, este foi o *software* escolhido para o desenvolvimento da aplicação CGAS, que controla todo o processo.

A aplicação pode ser dividida em três grandes blocos **apresentação**, **teste** e **descontaminação**. A apresentação representa a informação de todas as variáveis atualizadas antes do teste (as condições iniciais). É esta informação que dá origem ao painel frontal - o interface para o utilizador. O teste, bloco de maior importância, é a fase em que a aplicação altera e monitoriza o estado dos atuadores da câmara, à espera de um determinado resultado para concluir o teste. Depois de atingidos um dos resultados esperados, inicia-se a fase final de descontaminação da câmara, com alteração dos estados dos atuadores e monitorização até as condições finais serem obtidas Figura 73.

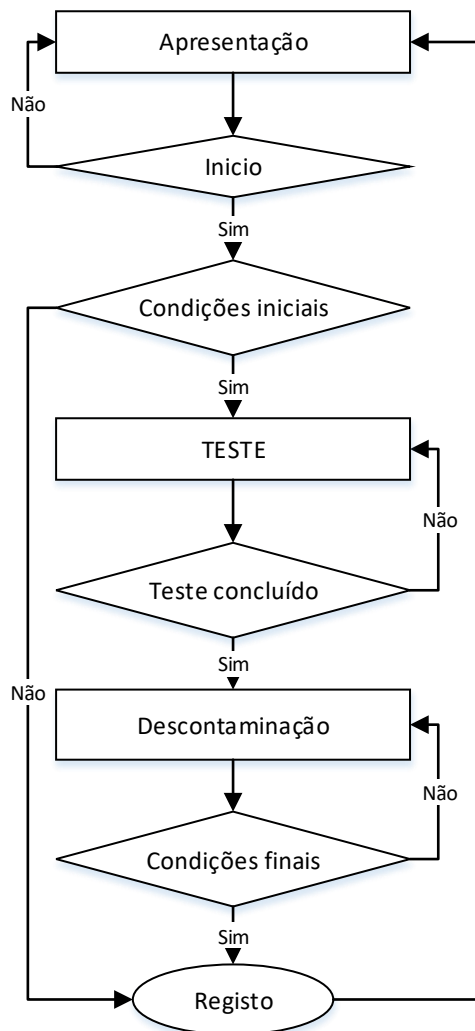


Figura 73 – Labview, fluxograma geral da aplicação CGAS

No *Block Diagram* do LabVIEW, o fluxograma é aplicado usando três tipos de estruturas: *While Loop*, *Case Structure* e *Flat Sequence Structure*. Na Figura 74 estão representadas as estruturas e a sua hierarquia, no topo da qual está um *While Loop* sem condição de paragem. Dentro deste e ao mesmo nível existe mais um *While Loop* e um *Case Structure*.

O segundo *While Loop* está constantemente a apresentar os valores da CGAS atualizados, a condição de saída do *While Loop* valida a entrada na *Case Structure*. Dentro desta estrutura, encontra-se um *Flat Sequence Structure* com 13 *frames*, dentro destas sequências estão as etapas necessárias à realização do teste. O *Case Structure* dentro da sequência tem como objetivo só executar a próxima etapa no caso da anterior completar todos os objetivos. De forma idêntica funciona a descontaminação, mas neste caso o objetivo é a ausência de gás dentro da câmara.

Como se pode verificar pela estrutura da aplicação na Figura 74, a aplicação inicia-se dentro de um *While Loop* da apresentação. Quando estiverem reunidas as condições necessárias para iniciar o processo do teste, habilita a *Case Structure* e executa a sequência. Duas sequências contêm um *Case Structure* e um *While Loop*, que são o teste e a descontaminação. Em ambos os casos, esperam que determinadas condições sejam atingidas antes de continuar para a próxima tarefa.

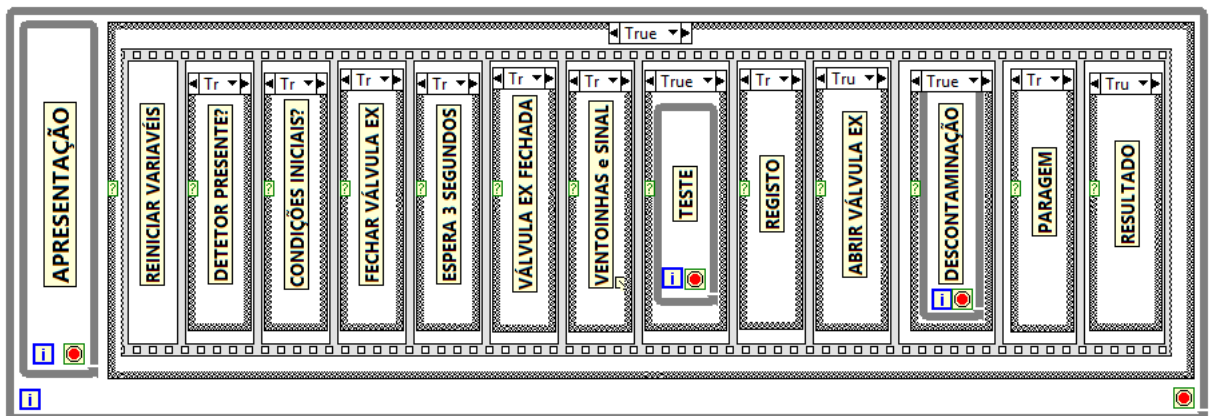


Figura 74 – LabVIEW – estruturas e aplicação do fluxograma

Na apresentação das variáveis, a aplicação questiona a PCB CGAS e a central JUNIOR a cada segundo. Os blocos intervenientes nesta parte da aplicação encontram-se dentro de um ciclo *while*, que só termina com o início do teste e com a condição de não ser detetada fuga de gás depois realizadas 60 interações do ciclo *while* (que corresponde a 60 segundos de execução da aplicação). Os 60 segundos destinam-se à estabilização dos

sensores de gás. Destas condições resulta um valor booleano que é condição de uma *Case Structure*, que em caso verdadeiro liga o sinalizador vermelho e apresenta a mensagem de erro. Da *Case Structure* sai o sinal booleano que permite ou bloqueia o início do teste: este sinal também é condição para habilitar as sequências seguintes da aplicação, Figura 75.

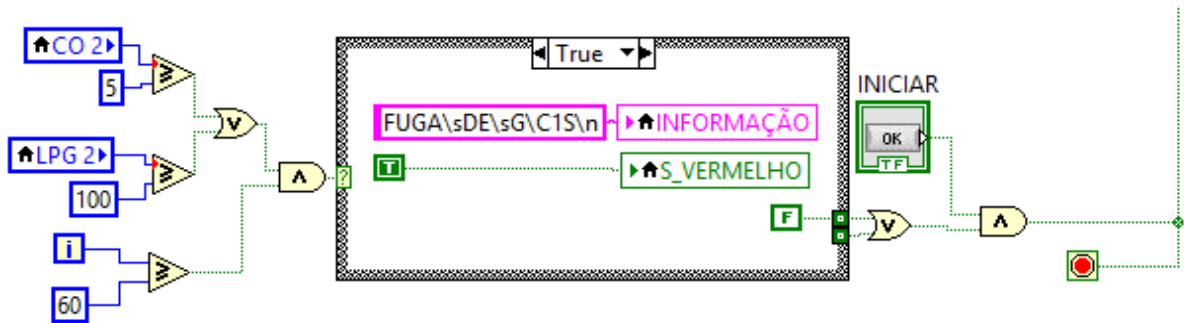


Figura 75 – LabVIEW - bloco diagrama, condição de iniciar o teste.

A interrogação à central de deteção de incêndio JUNIOR é feita através de comunicação série entre o computador e a central. Para utilizar comunicação série no LabVIEW é usado o bloco de configuração *VISA Configure Serial Port VI* onde são definidas as características da porta com número de *bits*, paridade, *baud rate* e o número da porta a utilizar. A escrita e leitura da porta série são realizadas pelas funções *VISA Write Function* e *VISA Read Function* respetivamente. A escrita e leitura são no formato de *string*, na função de leitura está definido o número de *bytes* a receber, Figura 76.

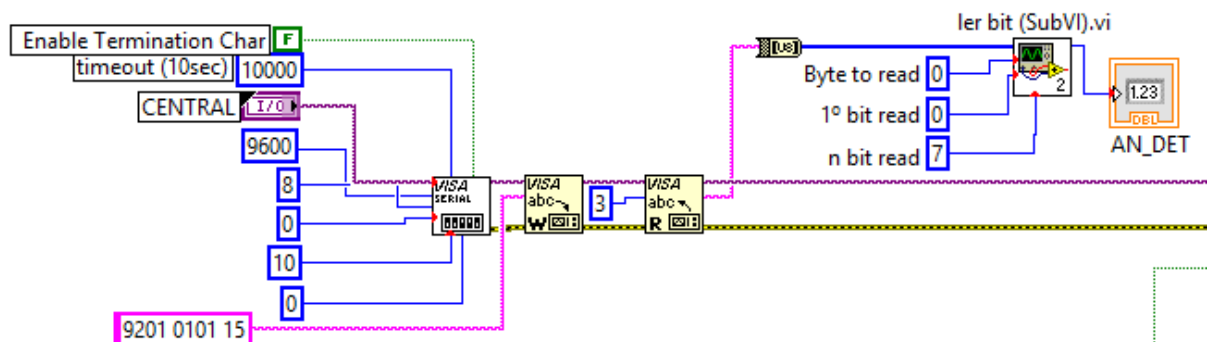


Figura 76 - LabVIEW - blocos de diagrama, comunicação série com a JUNIOR

Para a central JUNIOR é enviada uma *string* em hexadecimal com o valor “92 01 01 01 15”. Este código representa no protocolo de comunicação *Odyssey* da JUNIOR uma interrogação sobre o estado do detetor. A resposta é feita pelo envio de 3 *bytes*, em que o primeiro *byte* é o valor analógico do detetor. Para decodificar a informação contida na *string* foi constituído o “SubVI ler bit”; um “SubVI” consiste num VI utilizado dentro de

outro VI, este tem como objetivo melhorar a organização do programa ou a repetição de conjuntos de blocos.

O “SubVI ler bit” tem como entrada um *array* de 8 *bits*, o número do *byte* a ler, o primeiro *bit* a ser lido e quantos *bits* são, como se pode ver na Figura 77.

Do *byte array* é selecionado o *byte* a ser decodificado, de seguida *byte* é convertido para um *array* booleano. Para selecionar o primeiro *bit* a ser lido, o *array* é rodado para a direita o número de vezes que corresponde à posição do *bit*, ficando este na primeira posição do *array*. Em paralelo é criado um *array* booleano com todos os 8 *bits* a 1, este *array* é rodado para a direita conforme a quantidade e *bits* que devem ser lidos, pela operação $n(\text{rodar}) = -8 + n(\text{ler})$. Depois, os dois *array* booleanos são convertidos em valores numéricos e realizada uma operação *AND* entres os dois, o resultado é um valor numérico dos *bits* lidos.

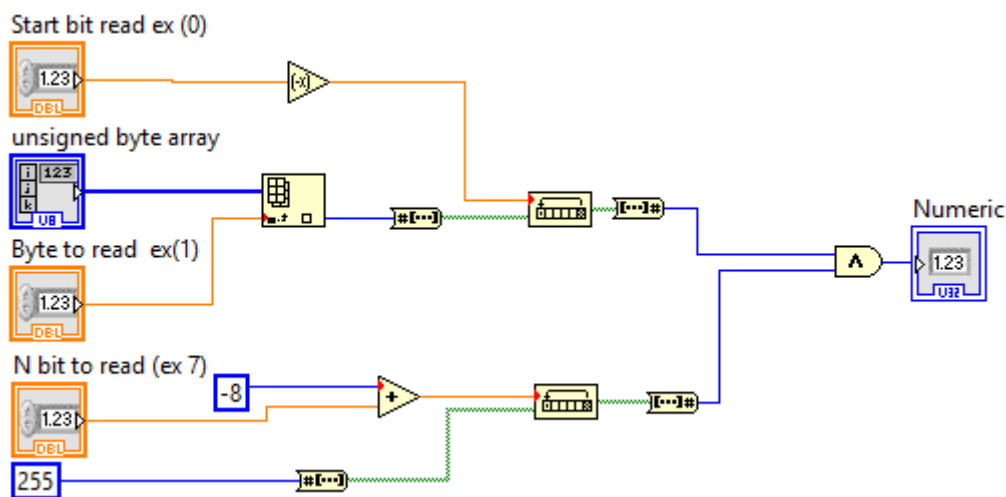


Figura 77 – LabVIEW - Diagrama de Blocos “SubVI ler_bit”

Exemplo, considerando o *byte* “10110010”, vão ser lidos 3 *bits* começando no terceiro.

O *byte* é rodado três posições para a direita ou seja -3, onde fica “00010110”, paralelamente é criado o *byte* “11111111” este é rodado -5 posições (-8+3), “00000111” aplicando a operação *AND* aos dois *bytes* o resultado fica “00000110”.

A interrogação à PCB CGAS usa conjuntos de blocos de comunicação série iguais aos usados na comunicação com a central JUNIOR, mas com diferente tratamento da informação enviada e recebida. O envio da informação é feito através do SubVI “Enviar” que agrega as variáveis da aplicação em três *bytes* e envia pela porta série. No *array* da

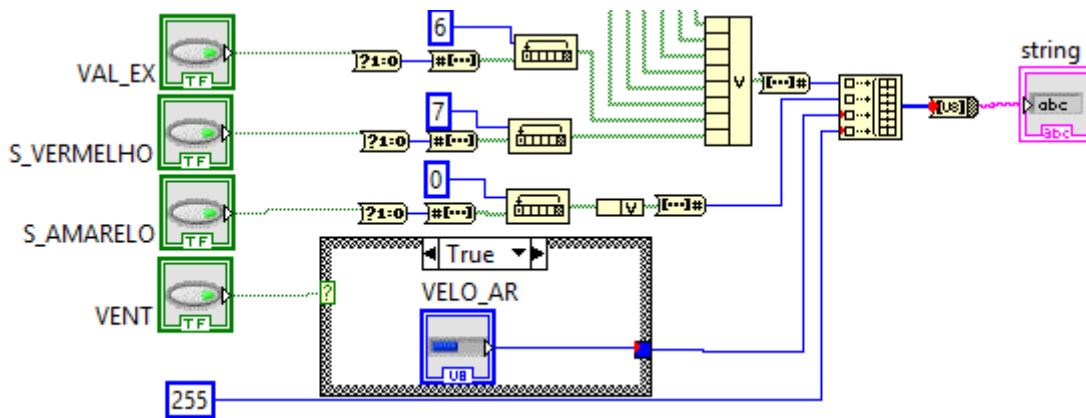


Figura 79 – LabVIEW - Diagrama de Blocos, SubVI Enviar

O “SubVI Ler_in” apenas contém 5 SubVI “ler bit” a descodificar os *bits* do *byte* 16 recebido, onde contém a informação do estado das entradas da CGAS. O *bit* é convertido para variável booleana pela condição “maior que 0”. As variáveis obtidas são: IN4, IN_PORTA, VAL_C, VAL_O e IN5, Figura 80.

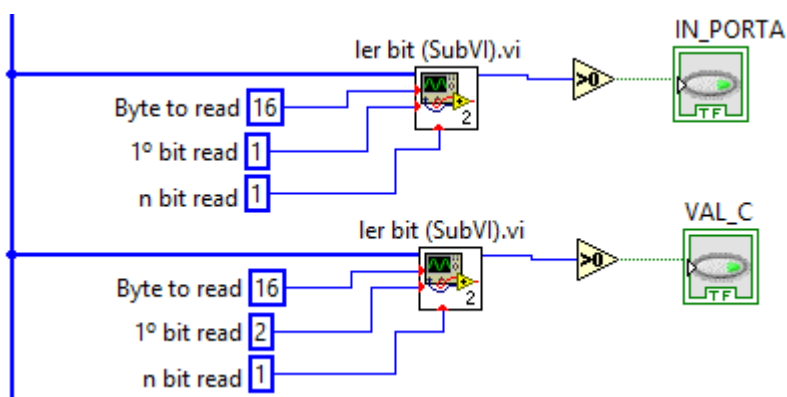


Figura 80 – LabVIEW - blocos diagrama, “SubVI Ler_in”

Os restantes SubVIs conectados no *array* de leitura da porta série PCB CGAS selecionam um ou dois *bytes* e aplicam as Equações de conversão do respetivo transdutor. Estes SubVIs são: PRES_A, PRES_B, VELO_AR, RH_F, TEMP_F, CO2_F, LPG2_F, ADC1_F, ADC2_F, ADC_DET_F, CO_F e LPG_F.

Dado que estes SubVIs apenas aplicam as operações matemáticas descritas na secção 4.2. dos transdutores, é descritor em pormenor como exemplo o SubVI CO_2, Figura 81. Como descrito na secção 5.1, o valor de leitura dos sensores de gás é enviado em 2 *bytes*, o SubVI seleciona os dois *bytes* neste caso 5 e 6 do *array*, e junta-os através do bloco *Join Numbers Function*. Ao número completo de 10 *bits* é aplicada a fórmula

para o transdutor de CO, como a relação do valor analógico para Volts, como se pode verificar na seguinte equação:

$$CO_{ppm} = \left(V_{analógico} * \frac{5}{1024} * 200 \right) - offset \quad (27)$$

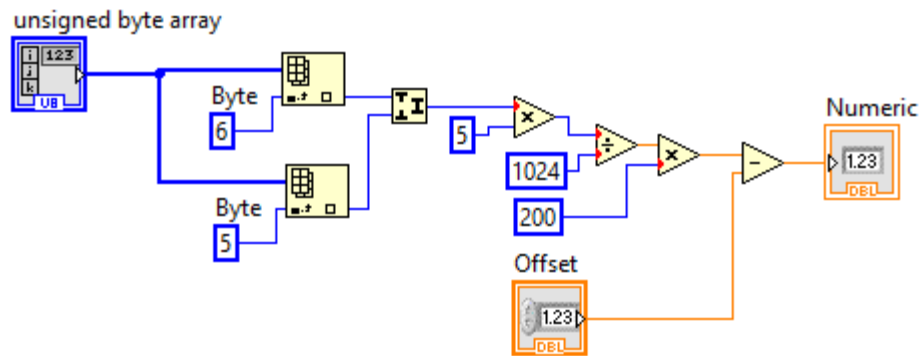


Figura 81 – LabVIEW - blocos de diagrama, SubVI CO_2_F.

O último *byte* recebido, o 17, é um *byte* de confirmação de comunicação que permite ao utilizador visualizar através de um sinalizador o estado da comunicação, cujo valor deve ser sempre 170. Através do bloco de índice do *array* e seccionado o *byte* 17 e comparado com o valor 170, o resultado é uma variável booleana que dá origem a um sinalizador, verde ou vermelho conforme o valor seja verdadeiro ou falso respetivamente, Figura 82.

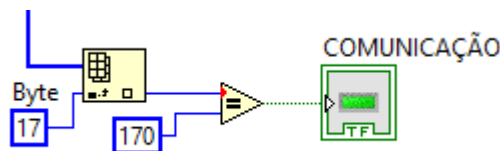


Figura 82 – LabVIEW - bloco diagrama, fim da comunicação série PCB CGAS.

Com o pressionar do botão *Iniciar*, como descrito anteriormente na Figura 74, a aplicação sai do *While Loop* e entra na primeira *frame* da sequência, que simplesmente reinicia as variáveis do último teste (como os gráficos, os valores de concentração de gás atingidas, as mensagens e liga a sinalização de início de teste - a sinalização amarela).

A segunda *frame* da sequência confirma a presença do detetor em teste na câmara, esta confirmação é obtida pela interrogação à central de deteção de incêndios JUNIOR. Mais uma vez é usado o protocolo de comunicação *Odyssey*, quando enviado o comando

“92 01 01 15” são obtidos os três *bytes* de resposta. Nos 3 primeiros *bits* do segundo *byte* está a informação correspondente ao tipo de dispositivo, neste caso como é utilizado um ZMU (*Zone Monitoring Unit*), o valor correspondente será 4. A condição de validação desta sequência é ser maior ou igual a 4, para reconhecer os restantes tipos de detetores como o caso do ótico e do térmico com valores de 5 e 6.

No caso de não ser reconhecido pela aplicação nenhum detetor, é apresentada uma mensagem de “detetor ausente” e terminado o teste, caso contrário, depois de aguardar um segundo, a aplicação entra na sequência seguinte, como se pode verificar na Figura 83.

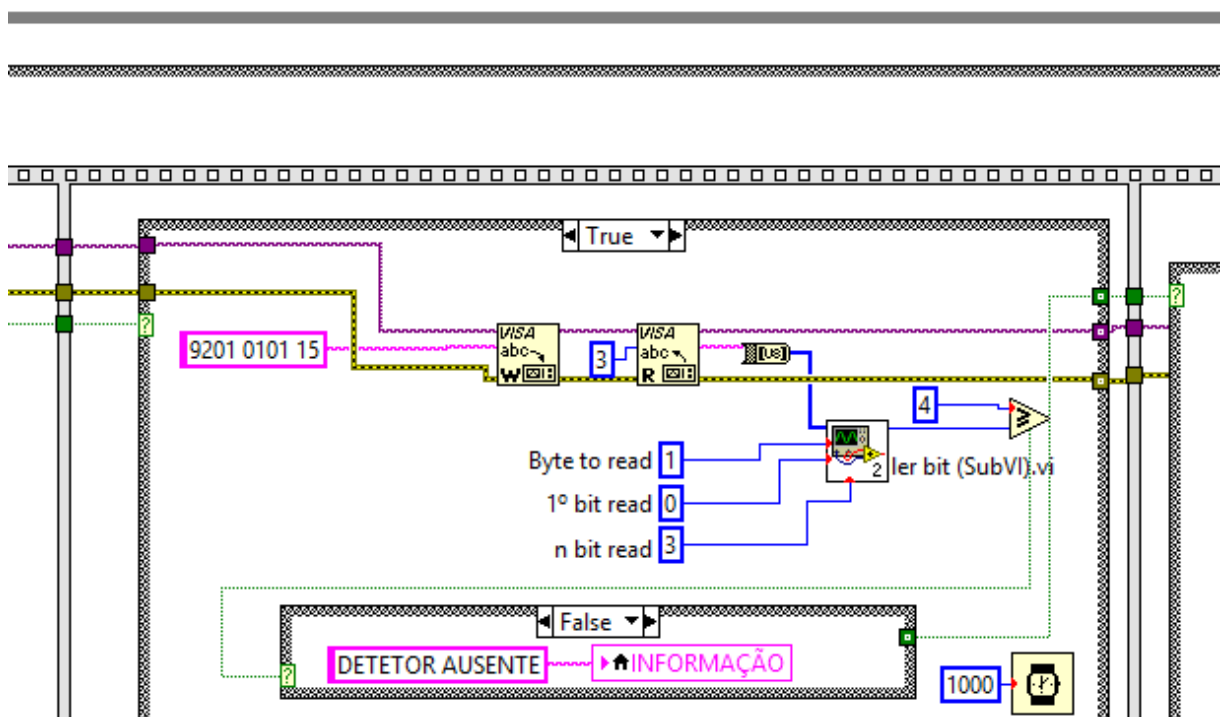


Figura 83 – LabVIEW - blocos digrama, segunda sequência

As condições iniciais para a realização do teste são confirmadas na terceira *frame*, Figura 83). Dentro desta *frame* e em todas *frames* que exijam a leitura ou escrita na porta série, é repetido o conjunto de blocos da comunicação série correspondente à porta, PCB CGAS ou JUNIOR, Figuras 76 e 78.

As variáveis são comparadas com os intervalos definidos, resultando dessa comparação uma condição verdadeira ou falsa. Esta condição é entrada da *Case Structure*. Se a condição for verdadeira, dentro do *Case Structure* está uma constante booleana verdadeira, se a condição for falsa está uma mensagem com o nome da condição que

falhou. No caso de mais que uma condição falhar, as mensagens em formato *string* são agregadas pelo bloco *Concatenate Strings Function* e apresentadas na variável local *INFORMAÇÃO*. Se todas as condições forem verdadeiras, depois da operação AND o resultado da operação continua verdadeiro e valida a entrada na próxima sequência. As condições são:

- Porta fechada: $\overline{IN\ PORTA} = 1$;
- Temperatura: $15 < TEMP < 30$;
- Humidade: $30 < RH < 70$;
- Presença de LPG: $LPG \leq 20$;
- Presença de CO: $CO \leq 2$;
- Ar comprimido: $PRES\ B \geq 1$;
- Pressão atmosférica da câmara: $0,9 < PRES\ A < 1,2$.

Esta *frame* tem um tempo de espera de 1 segundo, e aspeto de acordo com a Figura

84.

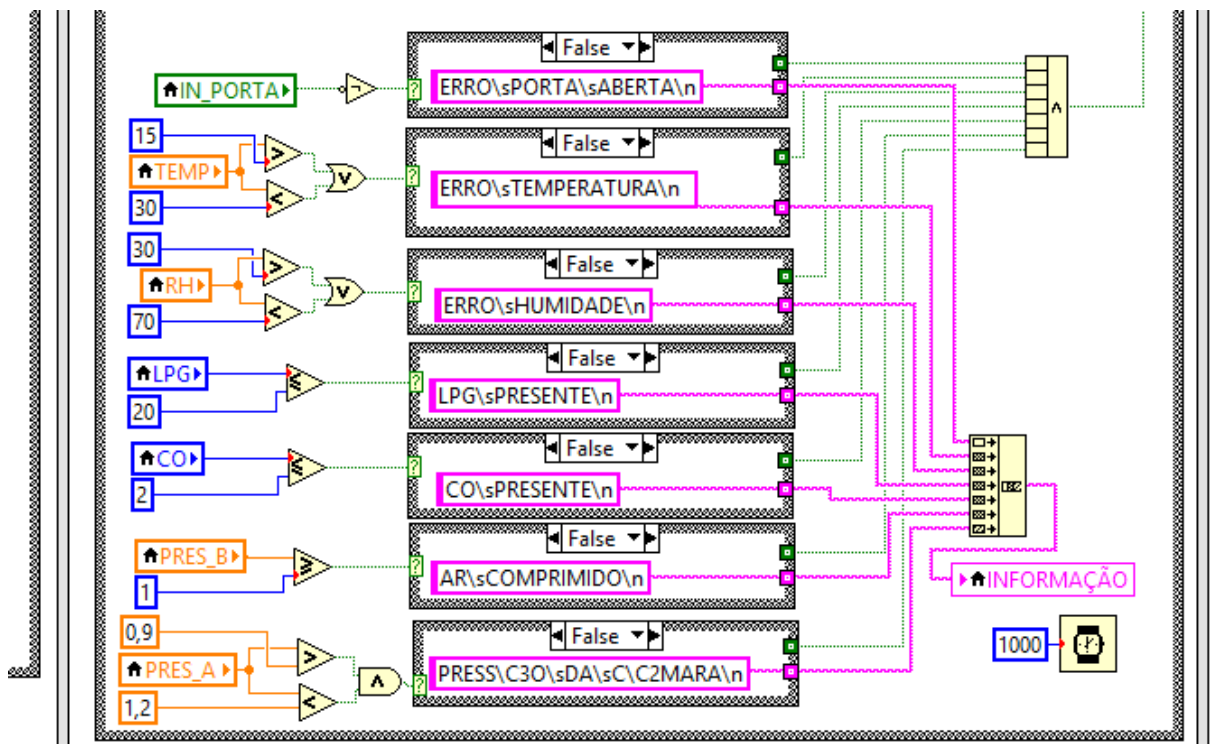


Figura 84 – LabVIEW - blocos digrama, terceira sequência.

A quarta *frame* altera a variável local VAL_EX para verdadeira, e apresenta a mensagem “FECHAR VÁLVULA” na INFORMAÇÃO, ou seja, é enviada a informação para a PCB CGAS de modo a fechar a válvula de exaustão, Figura 85.

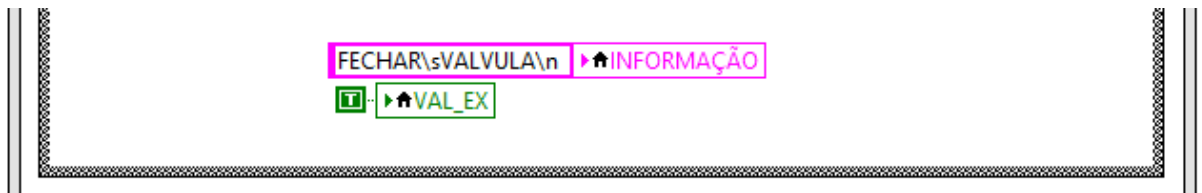


Figura 85 – LabVIEW - bloco diagrama, quarta *frame*.

Para a confirmação do fecho da válvula é necessário esperar alguns segundos para que a mesma complete o movimento. Esta é a função da quinta *frame*, que aguarda 3 segundos para que na próxima, a sexta *frame*, sejam atualizados os estados da CGAS através do grupo de blocos de comunicação série que se pode ver na Figura 75.

É na sétima *frame* que é feita a confirmação do fecho da válvula e por questões de segurança é verificado o estado da porta. Se ambas as condições se verificarem, é habilitado o próximo *Case Structure*. Caso contrário, é apresentada a mensagem correspondente ao erro na variável INFORMAÇÃO e é terminado o teste, Figura 86.

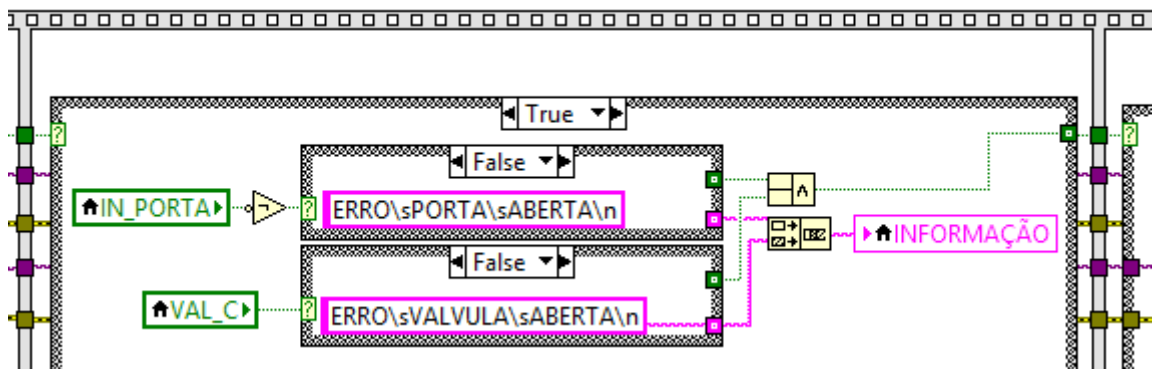


Figura 86 – LabVIEW - blocos de diagrama, confirmação de válvula exaustão fechada.

Depois do fecho da válvula de exaustão na oitava *frame*, são ligados o sinal amarelo e as ventoinhas. Repetem-se nesta *frame* os blocos de confirmação do fecho da porta e válvula de exaustão da Figura 86, bem como da comunicação série PCB CGAS.

A próxima *frame* da *Flat Sequence Structure*, a décima, é a mais importante de toda a aplicação, é a *frame* onde é realizado o teste. Como observado na Figura 74, esta

frame contém um *While Loop* dentro da *Case Structure*, que é executado a cada segundo e termina quando se verificam as seguintes condições:

- **Tempo máximo do teste atingido**, antes da aplicação entrar no *While Loop* é iniciado o bloco *Tick Count (ms) Function*, que fornece o tempo em milissegundos. Dentro do *While Loop* é iniciado outro bloco *Tick Count (ms) Function*, ao qual é subtraído o valor do primeiro, sendo o resultado o tempo em milissegundos do início do teste, Figura 86. Depois desta operação, o valor em milissegundos é dividido por 1000, ficando o tempo em segundos. É este valor em segundos que vai ser comparado com o tempo que o utilizador definiu como máximo do teste. Do bloco *Greater Or Equal* resulta a condição de verdadeiro quando o tempo máximo é igual ao decorrido. Esta condição vai ativar o STOP e uma *Case Structure* com a mensagem de “TEMPO MÁXIMO ATINGIDO”.

O tempo do teste decorrido é apresentado no painel frontal da aplicação no formato H:M:S, sendo para isso utilizado o bloco *Format Date/Time String Function*, como se pode ver na Figura 87;

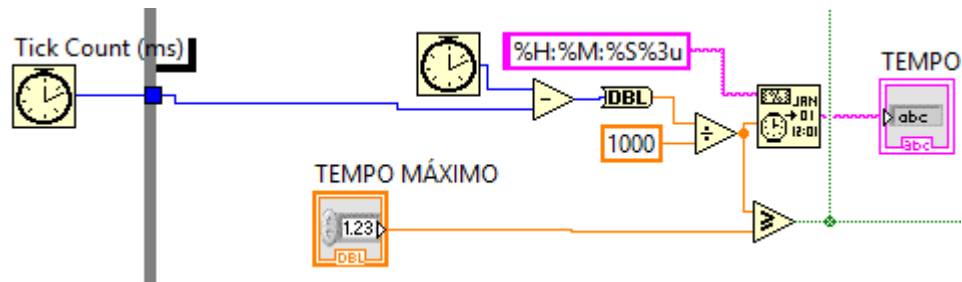


Figura 87 – LabVIEW - Diagrama de Blocos, tempo do teste.

- **Valor analógico do detetor atingido** é a informação que o detetor entrou em alarme. Uma vez que o detetor atingiu o objetivo, o teste pode ser terminado. O valor de um detetor em alarme reportado pelo ZMU é 64, a informação do valor analógico do ZMU vem do conjunto de blocos de comunicação série com a JUNIOR presente neste *While Loop*, assim como os blocos de comunicação com a PCB CGAS, Figura 88;

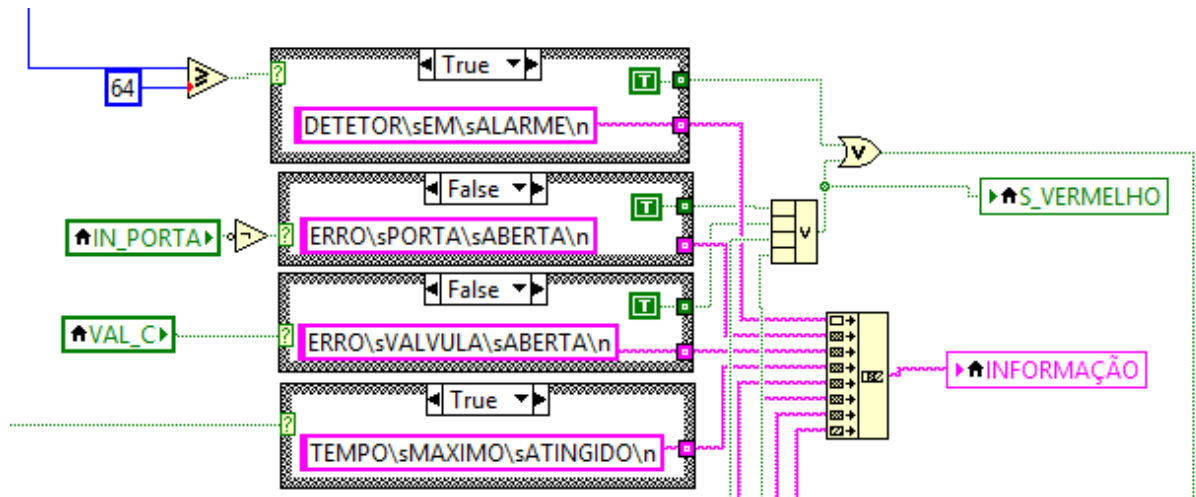


Figura 88 – LabVIEW - blocos de diagrama, detetor em alarme

- **Porta aberta**, o fecho da porta também é monitorizado durante o teste;
- **Válvula de exaustão aberta**, se por algum motivo a válvula de exaustão se mover durante o teste, este é interrompido;
- **Fugas de gás**, se os sensores instalados na caixa que alberga as garrafas de gás ultrapassarem o valor definido, o teste termina e as válvulas de gás são fechadas. Os valores definidos foram de 5 ppm para o CO e 100 ppm para o LPG, Figura 89;
- **Falta de comunicação**, se a variável local “COMUNICAÇÃO” for falsa, o teste termina.

Quando se verificam as quatro últimas condições para o término do teste, estas ligam o sinalizador vermelho, dado que são consideradas como um erro no processo.

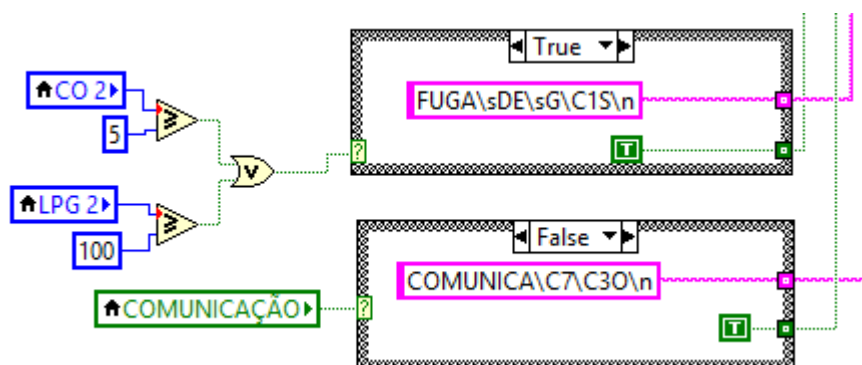


Figura 89 – LabVIEW - Diagrama de Blocos, condições de fim de teste.

A admissão dos gases é controlada pela comparação do valor do gás obtido pelos SubVI CO_F e LPG_F com o valor máximo programado pelo utilizador. Enquanto o valor de leitura dos gases não ultrapassa o valor máximo, a condição menor ou igual resulta a condição verdadeira que habilita o *Case Structure* na condição *True*. Neste *Case Structure* as válvulas dos gases são abertas conforme o tipo de gás selecionado no início do processo. A escolha do gás CO ou LPG corresponde a definir a variável local T_GAS como verdadeira ou falsa e conforme essa condição assim são ativadas as válvulas GAS_1 ou GAS_2, como se pode ser na Figura 90, à esquerda.

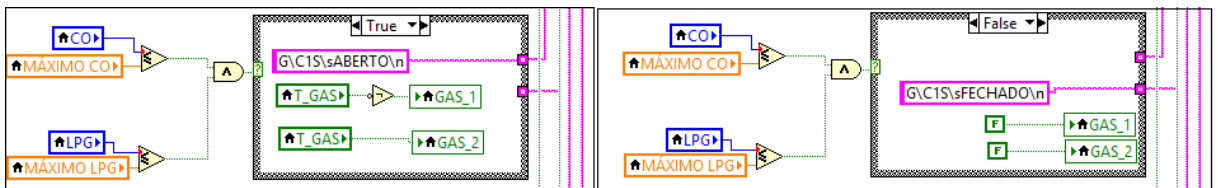


Figura 90 – LabVIEW - blocos digrama, abertura e fecho dos gases.

Quando os valores máximos dos gases são atingidos é obtida a condição falsa da comparação, no *Case Structure* a condição *False* altera as variáveis locais GAS_1 e GAS_2 também para falso, o que leva ao fecho das válvulas dos gases. Em ambas as condições do *Case Structure* são envidas mensagens para a variável local INFORMAÇÃO com o estado das válvulas.

Os três gráficos do painel frontal (GRÁFICO LPG, GRÁFICO CO, GRÁFICO DETETOR) são atualizados de cada vez que é executado o *While Loop* pelos blocos da Figura 91.

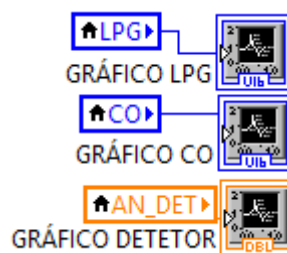


Figura 91 – LabVIEW - Diagrama de Blocos, atualização gráficos.

Na décima primeira *frame* REGISTO, os valores das variáveis CO, LPG, AN_DET são registadas nas variáveis CO FINAL, LPG FINAL e AN DETETOR FINAL, respetivamente. É nesta *frame* que no caso de os gases não atingirem o seu valor

máximo e o teste terminar por atingir o tempo máximo programado, que as válvulas são fechadas, atribuindo o estado falso às variáveis GAS_1 e GAS_2, Figura 92.

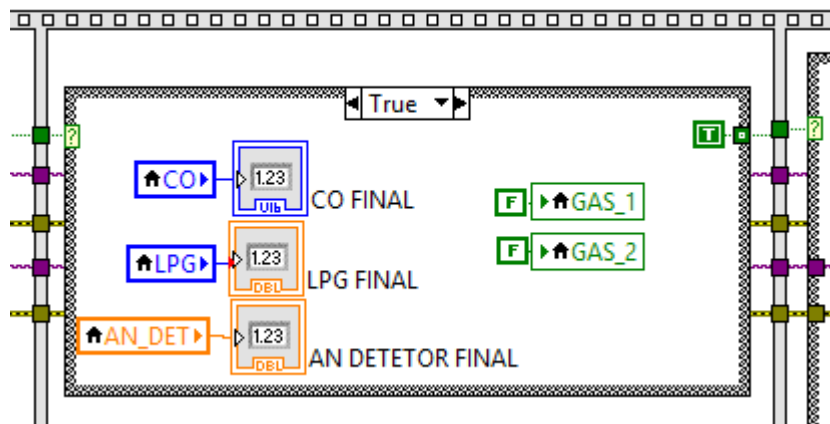


Figura 92 – LabVIEW - blocos de diagrama, *frame* registro.

A próxima *frame*, ABRIR VÁLVULA EX. tem como objetivo abrir a válvula de exaustão, para a sua abertura e atualização de todas a variáveis obtidas da PCB_GAS, é repetido nesta *frame* o conjunto de blocos da comunicação série com a PCB_GAS. A variável VAL_EX é alterada para o estado falso e é adicionado um tempo de espera de 2 segundos, Figura 93.

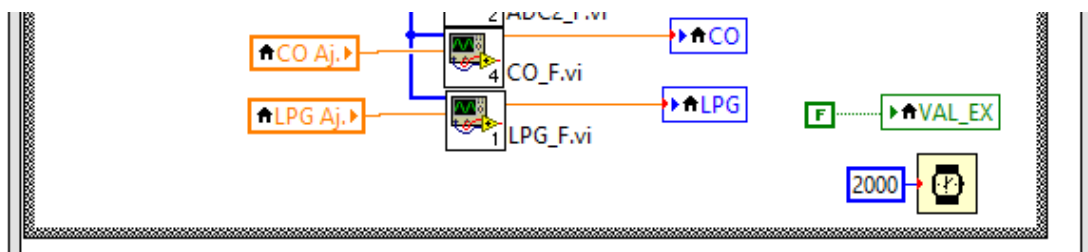


Figura 93 - LabVIEW - Blocos de Diagrama, *frame* abrir válvula EX

A *frame* DESCONTAMINAÇÃO, como o nome indica, descontamina a atmosfera da câmara com a introdução de ar comprimido. Num *While Loop* a variável local VAL_AR é alterada para o estado verdadeira, o que provoca a abertura da válvula do ar comprimido. Este é introduzido até que a concentração dos gases atinja um valor de 10 ppm no caso do CO e 100 no LPG. Enquanto estes valores não são atingidos, é apresentada a mensagem AGUARDE na variável INFORMAÇÃO. Existem mais duas condições que podem terminar o *While Loop*: a abertura da porta e o fecho da válvula de exaustão. Qualquer uma delas, se ativada, exibe uma mensagem de erro e liga o sinalizador vermelho, Figura 94.

computador é utilizado o bloco *Property Node* com a referência da aplicação e a propriedade “Printing:DefaultPrinter”. Já a impressão é realizada pelo bloco *Invoke Node* com o método *Print:Panel To Printer Method*, que imprime o painel frontal do VI selecionado pelo bloco *This VI*. Ainda dentro desta *frame*, mas fora do *Case Structure*, é alterado o estado de duas variáveis INICIAR e ESTADO DO TESTE, Figura 95.

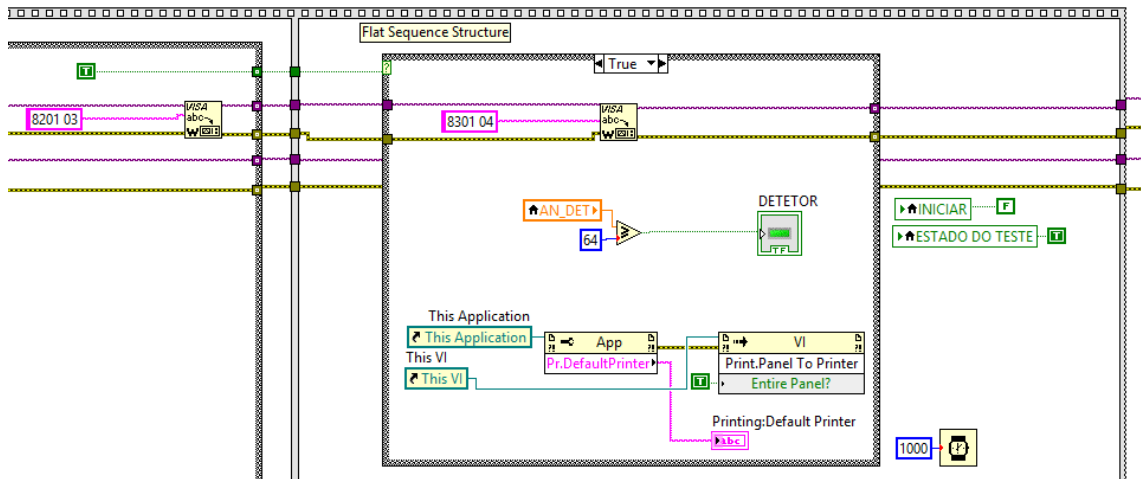


Figura 95 – LabVIEW - Diagrama de Blocos, frames PARAGEM e REGISTO.

A programação no Diagrama de Blocos acima descrita dá origem ao Painel Frontal da Figura 96. No topo do Painel Frontal estão representados os três gráficos descritos na Figura 88 da *frame* do TESTE, onde são apresentados em ambiente gráfico os valores das concentrações de CO e LPG durante o teste. À esquerda do painel encontramos as condições ambientais da câmara que se podem resumir às variáveis lidas pelo conjunto de blocos da comunicação série com a PCB_CGAS, visto na Figura 78, atualizadas sempre que o conjunto é utilizado no decorrer do programa.

Por baixo das condições ambientais temos as configurações da impressão, no indicador é identificada a impressora selecionada. Esta mensagem só é apresentada depois dos blocos da Figura 94 serem utilizados. Adjacente encontramos as janelas do controlo dos *offsets* dos sensores de gás, em que através destes controladores é possível ajustar o valor inicial dos transdutores de gás. Também na parte inferior do painel frontal encontram-se as portas série, são duas janelas para seleccionar o número da porta série que faz a comunicação com a CGAS e a JUNIOR - estas janelas correspondem aos blocos descritos nas Figura 76 e 78.



Figura 96 – LabVIEW - Painel Frontal

Os parâmetros do teste definidos pelo utilizador vão ser usados nas suas definições, observadas nas Figuras 87 e 90. A velocidade do ar também é um parâmetro do teste introduzido pelo utilizado - na barra escolhe-se um valor entre 0 e 254 e nas condições ambientais pode verificar-se a velocidade correspondente, e assim ajustar ao pretendido.

O estado do teste representa a variável com o mesmo nome vista na Figura 95, quando verdadeira é representada pela cor verde com a mensagem “PARADO”, no caso oposto a cor é vermelha e a mensagem “EM TESTE”.

Na janela INFORMAÇÃO são apresentadas as mensagens enviadas durante o teste para a variável como o mesmo nome.

Ao centro do painel frontal, dentro de uma moldura é apresentado o RESULTADO DO TESTE, os valores finais das concentrações obtidas na *frame* REGISTO da Figura 92, o tempo do teste e o indicador da variável DETETOR, Figura 94.

As saídas de reserva da PCB CGAS podem ser ativadas pelo utilizador usando os botões TB5, OUT7 e REL em SAÍDAS DISPONÍVEIS.

Também as entradas analógicas de reserva podem ser lidas em OUTRAS LEITURAS, onde também se encontram o valor analógico do detetor e as leituras dos sensores de fugas de gases.

No canto superior direito do Painel Frontal estão representados os sinalizadores, VERMELHO, AMARELO e VERDE, por ordem descendente. Quando as variáveis são falsas, apresentam a cor cinza e quando verdadeiras a cor que corresponde o nome.

Por baixo dos sinalizadores está situado o botão de escolha do tipo de gás a ser utilizado no teste. Este botão corresponde à variável T_GAS vista na Figura 90 da *frame* TESTE.

Ainda do lado direito, situam-se os botões INICIAR e STOP que correspondem às variáveis com o mesmo nome que podem ser vistas na Figura 76.

Por fim, é possível observar dois grupos de identificadores, ENTRADAS DO PROCESSO e SAÍDAS DO PROCESSO, em que é possível verificar o estado das variáveis de entrada e saída como o próprio nome indica.

Depois do VI terminado, para criar uma aplicação é necessário criar um projeto, neste é adicionado o VI inicial e mais algumas informações como o ícone da aplicação. No separador *Dependencies* são carregados automaticamente os SubVI's. É no separador *Build Specifications* que se iniciam as configurações da aplicação, Figura 97.

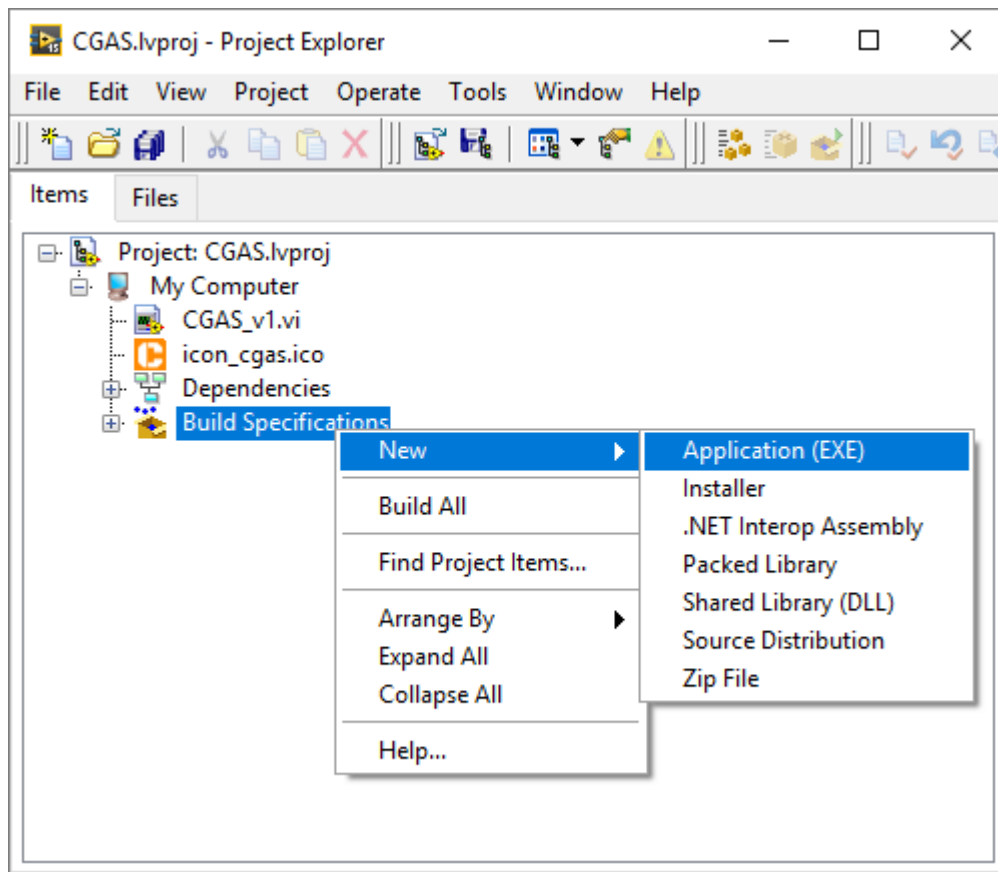


Figura 97 – LabVIEW - Project Explorer

Depois de configuradas algumas informações como o nome e a localização, para gravar a aplicação é criado o ícone com o executável, como o da Figura 98. Para abrir a aplicação é necessário ter instalado no computador destinado os *softwares* LabVIEW 2015 Run-Time Engine e NI-VISA, ambos da National Instruments



Figura 98 - Ícone da aplicação CGAS

6. TESTES E ANÁLISE DA CGAS

O funcionamento da CGAS foi sendo testado ao longo da montagem, conforme os sensores e transdutores eram instalados, uma vez que se trata de um protótipo. Depois de validadas as entradas e saídas que controlam o processo, foram realizados vários testes com o controlo da aplicação CGAS. Neste Capítulo são apresentados os resultados dos testes realizados, os custos do projeto e as oportunidades de melhoria.

6.1. Detetores para o teste

Para efetuar os testes e validar o funcionamento da CGAS, dado que ainda não se encontram em fase de teste os detetores para os quais a CGAS foi construída, foram utilizados detetores convencionais da GFE. Estes detetores dispõem de 4 terminais, dois são da alimentação (24V) e os outros dois são os contactos de um relé que aciona assim que o detetor entra em alarme. De modo a simular um detetor endereçável, este detetor foi ligado a um ZMU, que é um módulo que permite monitorizar uma zona de dispositivos convencionais por uma central endereçável, Figura 99.

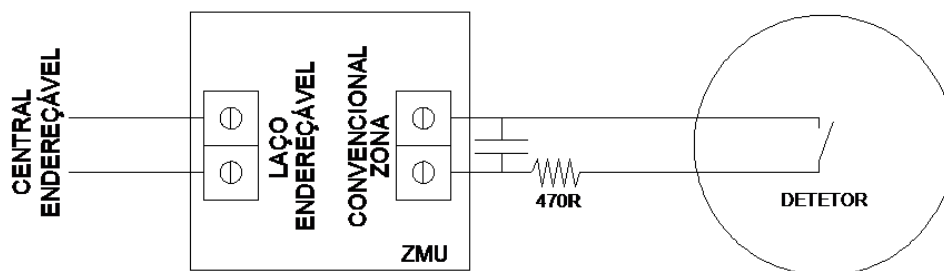


Figura 99 - Esquema de ligação do detetor com o ZMU

Num sistema convencional de deteção de incêndio, é feita a monitorização dos dispositivos através da corrente de consumo, ou seja, quando os dispositivos entram em alarme o consumo aumenta permitindo a central identificar o estado de fogo. Assim, nos

contactos do detetor foi colocada uma resistência de 470Ω , quando aquele entra em alarme fecha o contacto, ligando a resistência aos terminais da zona do ZMU. Este interpreta a corrente que passa pelo circuito como fogo e, como o seu estado é monitorizado pela central endereçável, esta também entra em alarme. Assim é possível converter o detetor, que não tem qualquer protocolo de comunicação, num detetor “endereçável”. Nos terminais da zona existe também um condensador que representa o fim de linha.

Na Figura 100, à esquerda podemos ver o ZMU montado numa base que serve para o detetor de CO e LPG, e à direita o conjunto já montado dentro da CGAS.

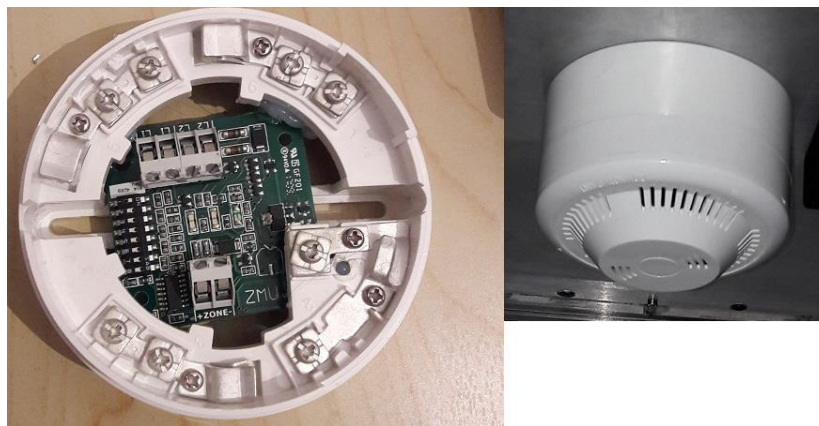


Figura 100 - ZMU instalado na base do detetor

A limitação desta configuração está nos valores obtidos pela central endereçável, pois só identifica dois estados: normal e fogo, ao contrário do detetor endereçável, em que é possível verificar o aumento progressivo da concentração de gás.

Para o teste de LPG é usado o detetor NB-983LP, detetor destinado a monitorização de gás liquefeito de petróleo com ativação do alarme para uma concentração menos que de $\frac{1}{4}LEL$. Já para o CO é usado o NB-983CO, com uma sensibilidade de 100 ppm em 90 minutos, 200 ppm em 35 minutos e 400 ppm em 15 minutos. Ambos os detetores são comercializados pela GFE e os seus manuais podem ser consultados nos Anexos E e G.

6.2. Teste do sensor LPG

O primeiro teste a ser efetuado foi o LPG, devido à sua disponibilidade no mercado e da rápida detecção por parte dos sensores.

Antes do teste foi necessária a instalação da base do detetor e respectivas ligações. As ligações necessárias foram a alimentação (24V) e o laço da central JUNIOR - estas e outras ligações reservadas ao detetor estão disponíveis através da ficha DB15 instalada no centro da fixação da base.

O passo seguinte é ligar a CGAS através do botão com chave e de seguida o computador. Posteriormente foi aberto o gás LPG e conectado o compressor. Após o detetor colocado na base, a porta é fechada para se dar início ao teste. A sequência completa e necessária para a realização de um teste pode ser consultada no manual de utilização da CGAS, no Apêndice 4.

Antes de iniciar o teste é necessário introduzir ou confirmar as variáveis para o teste:

- Escolher o tipo gás consoante o tipo de detetor a testar (neste caso o gás a testar é o LPG);
- Escolher o valor máximo de concentração de LPG, uma vez que o fabricante informa que o detetor deve atuar a um valor de concentração inferior a $\frac{1}{4} LEL$. Considerando um LEL de 2% , ou seja 20000 *ppm* , o detetor deve atuar antes de atingir uma concentração de 5000 *ppm*;
- Sobre a variável tempo, não existe informação, pelo que este deve ser tal que permita a concentração dentro da câmara atingir as 5000 *ppm*. Nesta fase foram considerados 5 minutos;
- A velocidade do ar, em coerência com a norma do detetor de CO, ficou estabelecida nos 0.2 *m/s*.

Com a configuração dos parâmetros de teste feita, dá-se início ao teste - foram necessárias algumas tentativas e correções até obter um teste completo. A maioria as correções foram realizadas no LabVIEW, tendo sido necessárias algumas alterações como os estados das variáveis e nos blocos de comparação.

No *firmware* foi detetado um problema com as leituras analógicas, em que o valor da pressão atmosférica não correspondia ao que seria expectável. Este valor encontrava-se sempre superior ao valor indicado pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). Foi verificado o valor da tensão de saída do sensor, que se encontrava correto, o que levantou dúvidas no *hardware* ou *firmware*. Após vários despistes verificou-se que o problema se encontrava no cálculo da média dos valores analógicos no *firmware*. A variável que continha o valor da média não era reiniciada antes de fazer novo cálculo, pelo que somava na leitura seguinte, aumentando o valor da média.

Depois de resolvidos todos os problemas detetados, foi possível chegar ao final do teste com sucesso e o detetor foi aprovado, Figura 101.

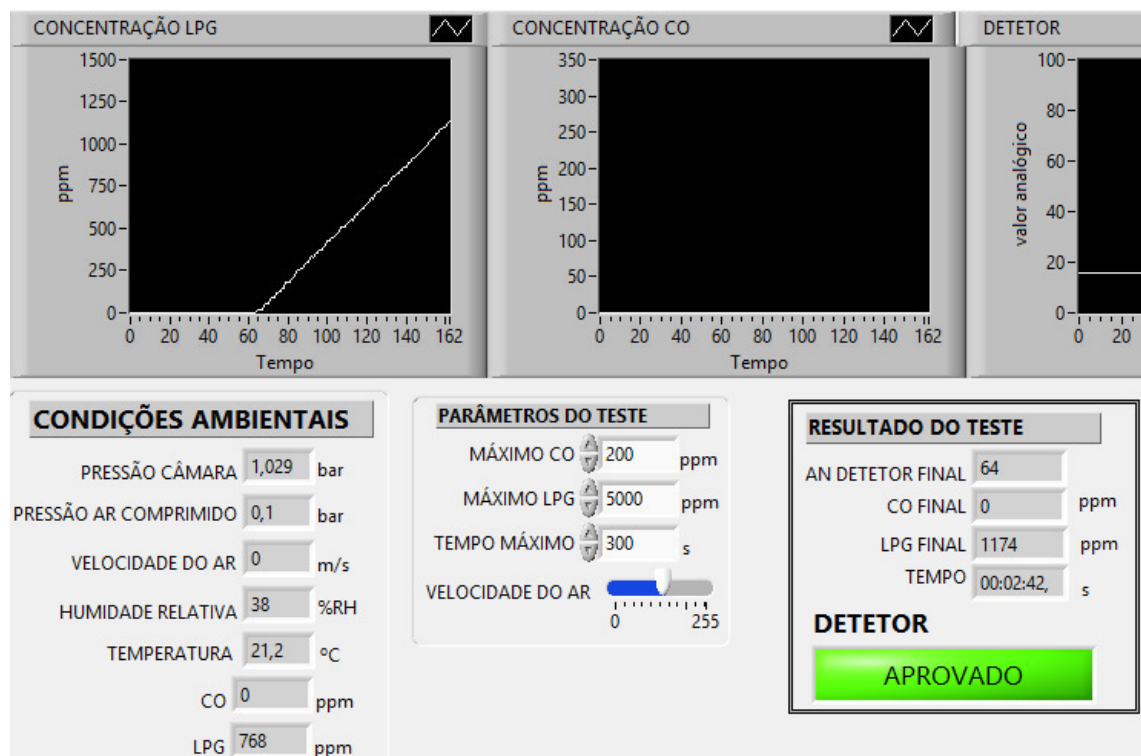


Figura 101 - Painel frontal teste detetor LPG

6.3. Teste do detetor de CO

Nas configurações do teste do detetor de CO foram alteradas as variáveis tempo, concentração máxima e o tipo de gás. Para desperdiçar o mínimo de CO nos testes, o teste foi configurado para um máximo de 200 ppm e um tempo de 40 minutos. Como seria de esperar, não foram necessárias muitas correções, pois a sua maioria foi feita no teste do

detetor de LPG. No entanto foi detetado um problema com o regulador da garrafa de CO, mesmo assim foi possível concluir o teste, como se pode ver na Figura 102.

O primeiro regulador escolhido pelo custo e simplicidade foi um regulador de taxa de fluxo precisa de 0 – 1 *lpm*. O problema não se encontrava na taxa de fluxo, mas na pressão: a garrafa tem uma pressão inicial de 70bar, apesar da taxa de fluxo ser baixa. A pressão da garrafa vai equalizar com a tubagem, uma vez que a válvula do gás está fechada, a tubagem e equipamento de controlo não suportam 70bar de pressão. Esta situação levou a que houvesse fugas de CO. Para corrigir esta situação, foi necessário comprar um novo regulador capaz de reduzir a pressão de 70bar para 1,5bar.

Este novo regulador dispõe de dois manómetros de pressão, um para a pressão da garrafa e um segundo para a pressão de saída; assim é possível saber a quantidade de CO disponível na garrafa e ao mesmo tempo controlar a pressão de saída do gás, Figura 103.

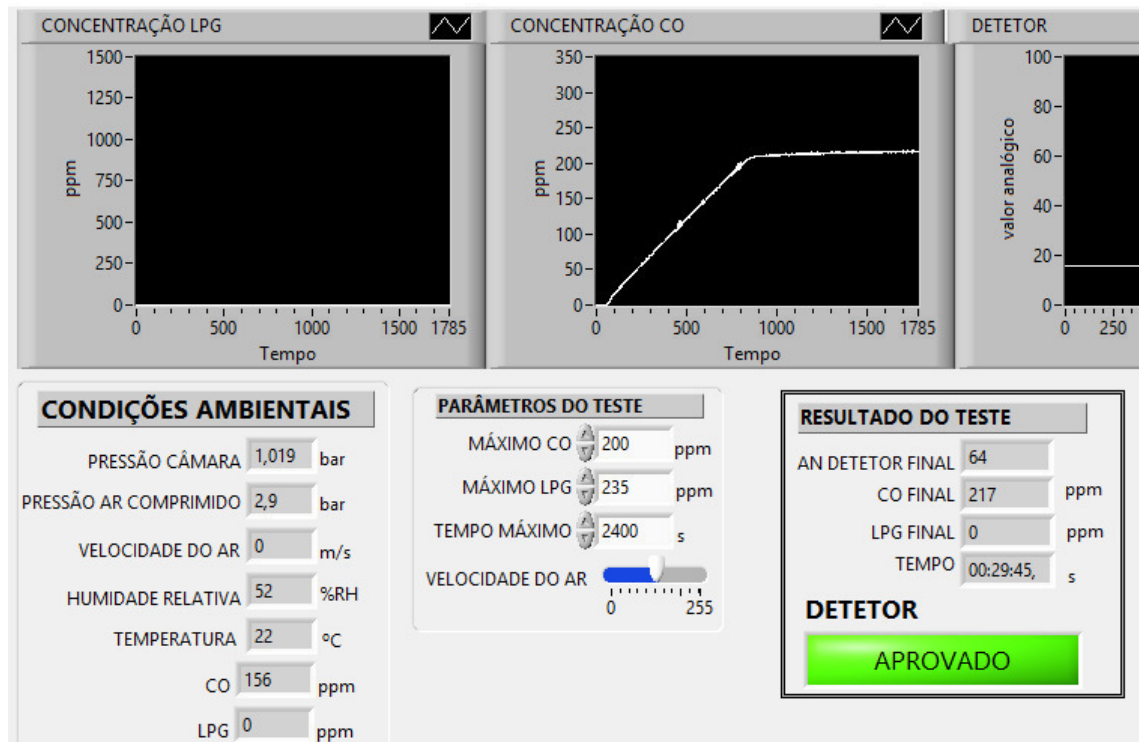


Figura 102 - Painel frontal - teste do detetor de CO



Figura 103 - Regulador de pressão LM52-6-L-100-1,5

6.4. Compatibilidade com a norma EN54-26

A CGAS foi desenhada e construída de forma a estar preparada para realizar os testes do Anexo G da norma EN54-26. Neste capítulo é feita uma análise do cumprimento desses objetivos. Para esta análise são revistas as funcionalidades da câmara de teste da EN54-26 e a sua aplicação pela CGAS.

- Volume da câmara de $0,05\text{m}^3$ a $0,1\text{m}^3$, com circuito fechado de circulação e estanque.
 - ✓ O volume da CGAS é aproximadamente de $0,08\text{ m}^3$.
- Fluxo de ar linear com velocidade de $0,2 \pm 0,04\text{ m/s}$ e $1,0 \pm 0,2\text{ m/s}$, o detetor deve estar afastado 20 mm das laterais.
 - ✓ O fluxo é linear, com velocidade variável de 0 a $0,6\text{ m/s}$, o detetor encontra-se afastado mais que 20mm das laterais.
- Dimensões de modo a permitir a colocação da câmara de teste dentro de uma câmara climática, de modo a permitir o controlo da temperatura na proximidade da amostra, com uma variação não superior a 1K/min de -10°C a $+55^\circ\text{C}$.
 - ✓ As dimensões da CGAS permitem a sua colocação dentro de uma câmara climática, porém isso não foi testado, nem se a variação da temperatura é possível.
- A concentração do CO deve ser feita na proximidade do detetor.
 - ✓ Os sensores de gás estão instalados numa linha reta e o mais próximos possível do detetor.

- O instrumento de medição de CO na câmara de teste de gás deve ter um erro inferior 1ppm ou 5% (o que for maior), o tempo de resposta de 90% do instrumento (T90) não deve exceder os 10s.
 - ✓ O erro do sensor utilizado na medição é menor que 5%, no que diz respeito ao tempo de resposta (T90) a informação do *datasheet* é menor que 30 segundos, porém nos testes realizados esse valor não foi provado.
- Taxa de introdução linear com duas rampas de 1ppm/min e 6ppm/min.
 - ✓ Foi realizado um teste à rampa de 6ppm/min, e o resultado foi satisfatório, para a rampa de 1ppm/min, não foi realizado nenhum teste.
- Meios para manter a pressão dentro da câmara perto da pressão atmosférica.
 - × Não contemplado.

6.5. Custos do projeto CGAS

Os custos do projeto CGAS foram de 2965,13€, não contemplando a mão de obra e o *software* utilizado na sua elaboração – foram contabilizados apenas os materiais utilizados na construção (a sua discriminação encontra-se no Apêndice 4). Na Figura 104 pode verificar-se os custos divididos por partes do projeto, que contemplam: a estrutura, o sistema pneumático, o sistema de admissão de gás, a alimentação da câmara e o controlo. Destacam-se o sistema de alimentação pelo baixo custo e o controlo pelo elevado custo no projeto. Era expectável que o controlo fosse a parte do projeto com maior custo, dado que é a mais importante. O elemento que mais contribuiu para os custos do controlo foi o computador.

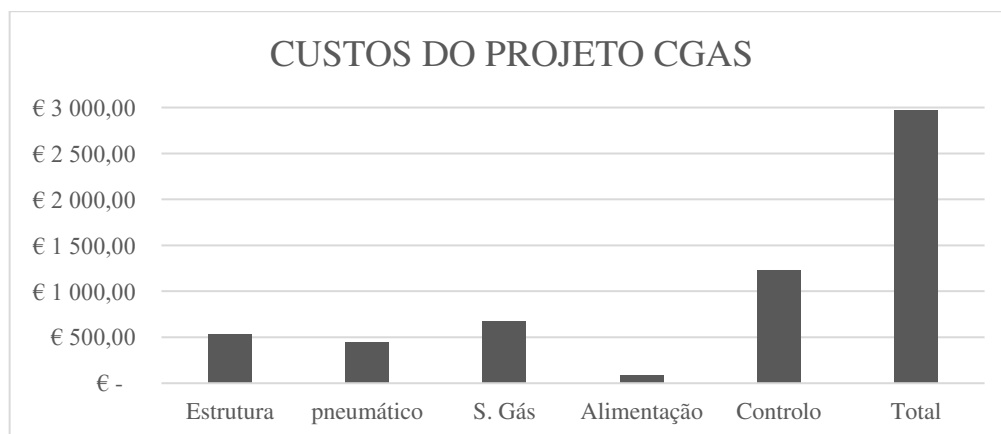


Figura 104 - Gráfico dos custos do projeto CGAS

6.6. Oportunidade de melhorias e correções na CGAS

Com a conclusão do protótipo da CGAS é possível avaliar as opções tomadas seja no início ou durante o desenvolvimento do projeto. Neste capítulo são identificadas as melhorias e correções que se podem fazer ao projeto.

Na construção da estrutura, como melhoria foram identificadas a porta e as caixas. A porta, apesar de cumprir todos os requisitos para a qual foi desenhada e construída, é um elemento com um tempo elevado de execução, no mercado existem algumas soluções standard que talvez possam ser aplicadas. As caixas usadas no alojamento do sistema de comando e controlo, pelo contrário, são um elemento reaproveitado que facilitou a sua aplicação, mas como é um produto construído para outra aplicação, pode deixar de ser fabricado.

No *hardware*, a PCB CGAS tem como possível melhoria a comunicação com o computador, alterando a comunicação série de TTL para RS232, de modo a simplificar as ligações, ou alterar para USB.

Na PCB CO, como correção, pode considerar-se a substituição do sensor por um que cumpra o tempo de resposta $T_{90} < 30$.

Por fim, ainda no *hardware* e concretamente na PCB LPG, como correção poderia adicionar-se um potenciómetro ao circuito, de modo a controlar o ganho e assim garantir a medição na faixa dos 0 a 10000ppm.

Uma correção em comum com a PCB GAS e o *firmware*, seria a possibilidade de controlar as válvulas de abertura dos gases pela segunda saída de PWM que o microcontrolador dispõe, e seleccionar as válvulas através de um relé. Assim seria possível controlar a taxa de admissão dos gases, sem necessidade da intervenção do operador.

Ainda no *firmware*, como oportunidade de melhoria, poderia reservar-se dois bytes para as restantes variáveis obtidas nas leituras analógicas, de modo a obter o máximo de definição.

Devido ao risco que é manipular gases explosivos e tóxicos, e apesar de ter sido tido em conta esse risco na construção da CGAS, com os mecanismos de deteção de fugas, ainda é possível mitigar os riscos adicionando uma UPS (*Uninterruptible Power Supply*), de modo a que não se perca o controlo da câmara por falta de energia. O facto de a UPS

ser um elemento externo e de fácil aquisição, pode ser um requisito para a instalação da CGAS.

No sistema de controlo e admissão dos gases, como visto anteriormente nos exemplos de câmaras de testes de gases do Capítulo 2, parte dos elementos usados na CGAS podiam ser substituídos por controladores térmicos de caudal mássico para gases, o que pode representar um aumento de 25% do preço de custo. Ou uma solução mais simples seria adicionar um medidor de fluxo de gases mecânico, para verificar instantaneamente a quantidade de gás que está a ser inserida na CGAS. Estas soluções para o controlo da admissão do gás são consideradas de melhoria, com mais prioridade em relação às restantes.

Na aplicação CGAS (LabVIEW) há uma correção a fazer, que passa por garantir que a pressão dentro da câmara não aumente com a inserção dos gases: apesar de isso não se ter verificado durante os testes de CO e LPG, pode acontecer nos testes de exposição a agentes químicos. Esta implementação é fácil de fazer, basta que durante o teste, se a pressão aumentar, a válvula de exaustão seja aberta por um curto período de tempo.

Como melhoria na aplicação, estão identificados os seguintes pontos: *offset* dos transdutores de gás, *feedback* das ventoinhas, tipo de detetor e ambiente gráfico. A possibilidade de ajustar o *offset* dos detetores de gás na aplicação deveria ser com acesso restrito, de modo a não haver enganos. No caso das ventoinhas, era mais prático o utilizador definir a velocidade desejada e a aplicação CGAS ajustar o valor de PWM, conforme a leitura feita no transdutor de velocidade do ar.

Os módulos ligados a uma central de incêndio endereçável são distinguidos por tipo e esta distinção está disponível no protocolo de comunicação. No desenvolvimento dos detetores de CO e LPG, pode-se verificar qual a distinção entre os dois tipos e usar essa informação na aplicação para confirmar o teste a realizar, se é um teste de CO ou LPG. Por fim melhorar o ambiente gráfico, a interface com o utilizador contém a informação necessária, mas pode ter um melhor *design*.

Na figura 105 podemos ver o aspeto final do projeto Câmara Automatizada Para Teste De Detetores de Gases.



Figura 105 - Aspeto final da CGAS

7. CONCLUSÃO

O Projeto CGAS partiu de uma necessidade da Global Fire Equipment ter um equipamento capaz de realizar testes em detetores de gases como o de CO e de LPG. Durante o planeamento, os objetivos sofreram alterações no que diz respeito à estrutura e equipamentos de controlo a utilizar. É também de realçar que durante o planeamento o orientador do projeto da GFE e responsável pelo desenvolvimento dos detetores de gases, terminou a sua colaboração com a empresa. Convicto da necessidade da sua existência e mais valia do projeto CGAS para a GFE, e para se poder terminar o projecto de Mestrado, decidiu-se avançar na mesma com a sua construção, assumindo as decisões e escolhas sobre o caminho a seguir para atingir o objetivo final proposto.

A construção da Câmara Automatizada para Teste de Detetores de Gases, no que diz respeito à estrutura, teve vários planeamentos e tentativas de construção. Começou pelo planeamento da sua construção em perfil de alumínio técnico, de fácil construção e desenho, mas com sérios problemas em garantir a estanquicidade. Houve igualmente uma tentativa de usar um bastidor, em que apesar de se conseguir alguma estanquicidade depois de adaptado, a fixação dos elementos interiores e periféricos revelou-se de difícil adaptação à estrutura. A construção em acrílico, solução final, ainda passou por uma versão mais pequena para validar o conceito. O acrílico revelou ser o material mais apropriado à construção da CGAS por ser robusto, de fácil maquinação e com a vantagem de se poder colar, garantindo assim uma boa estanquicidade na montagem. Para a colagem é necessária alguma técnica e colas apropriadas para ficar perfeita, pois não é fácil garantir uma colagem perfeita em peças com grandes áreas de colagem (numa das tentativas, apesar de ficado uma ligação forte entre as superfícies, esteticamente não ficou apresentável).

Partes da câmara como a porta e o interior foram construídos em alumínio e foi bastante satisfatória a sua aplicação: de fácil construção, não necessita de pintura. Em relação ao interior da câmara, até se podia considerar ser construído em acrílico, mas a porta não, devido às forças que estão aplicadas nas dobradiças e barras. O uso do material alumínio na porta também pode trazer outra vantagem num teste que não foi realizado, a inserção da CGAS dentro de uma câmara climática, já que a boa condutividade térmica do alumínio pode garantir melhores resultados na taxa de variação da temperatura.

Outro material utilizado para as peças mais complicadas foi o PLA usado na impressão 3D. O recurso à impressão 3D revelou-se uma mais valia para o projeto, trouxe a possibilidade de construir peças com alguma complexidade sem recurso a outras técnicas mais dispendiosas, A sua autonomia de execução, por não haver a necessidade da presença física durante a impressão, deixou mais tempo para dedicação a outras partes do projeto. Apesar da impressão 3D estar associada à prototipagem, como foi este caso, é uma opção a considerar numa nova construção da CGAS, talvez com um material mais resistente como o ABS. Um exemplo de peça impressa em 3D que cumpre bem o seu objetivo foi os filtros favos de mel. Porém, devido a um elevado tempo de impressão dos filtros, pode ser pertinente encontrar uma alternativa e adquirir os filtros já feitos em alumínio, solução que existe, mas que não é de fácil aquisição.

O desenvolvimento de *hardware* dedicado à CGAS funcionou conforme o esperado, não foi detetado durante os testes qualquer problema de fiabilidade. O facto de ter o processamento e acionamento todo num só PCB teve a vantagem de não se verificarem maus contactos e ligações perdidas. Isto simplificou bastante o circuito elétrico, o fácil diagnóstico e a substituição em caso de avaria. Além das melhorias descritas no Capítulo 4.12, a PCB CGAS é um elemento com condições para se poder continuar a utilizar.

Os transdutores para o CO e LPG e também o *hardware* desenvolvido para a CGAS são parte fundamental do projeto, são estes que validam o objetivo principal do teste, a medição da concentração de gás. Com estes transdutores é possível fazer os testes, mas comparativamente com os exemplos de outras câmaras de testes de sensores de gás descritos no Capítulo 2, pode ficar a impressão que não se deu a necessária relevância que estes elementos fundamentais têm no teste. Mas, no caso do CO, o transdutor é calibrado e tem melhor amplitude de medição que o exemplo “Full-Automatic GAS

SENSOR EVALUATION EQUIPMENT”, em que a amplitude de medição é de 30 – 500 ppm.

O *firmware* foi desenvolvido ao mesmo tempo que se faziam experiências, à medida que se testavam sensores e transdutores. Muitos dos sensores e transdutores foram substituídos ao longo do processo. Apesar de ainda poder haver melhorias no código, este encontra-se estabilizado e perfeitamente funcional e, tendo em conta o modo como está estruturado, facilmente se implementam alterações e acrescentam-se outras funcionalidades.

A parte mais desafiante do projeto foi a programação no LabVIEW, apesar ser um *software* já utilizado anteriormente, não foi com o nível de complexidade da aplicação criada para a CGAS. O raciocínio transposto para os blocos de digrama é um pouco diferente da linguagem C, mas a programação em LabVIEW mostrou-se muito versátil e com muitos recursos. É por isso difícil ter uma noção de tudo o que se pode fazer com o LabVIEW, como tal reconhecesse que a programação podia estar mais simples e otimizada.

Apesar de em alguns pontos a CGAS não cumprir com os testes da EN54-26 mas ser fácil a sua correção, é de lembrar que esse não foi o objetivo, mas sim uma melhoria que surgiu durante o desenvolvimento e que trouxe um rumo ao projeto, levando ao produto final. É sem dúvida uma peça importante na preparação dos detetores de gases para serem aprovados em laboratório acreditado, e aí sim com uma câmara que terá de cumprir na íntegra a EN54-26.

O desenvolvimento e construção do projeto CGAS foi sem dúvida uma mais valia seja para a empresa GFE, que vai usufruir de um equipamento que permitirá realizar testes com rigor e segurança e obter bons resultados na certificação do produto, seja para experiência profissional e académica do mestrando. Foram várias as áreas estudadas e aplicadas durante todo o processo, como o desenho 3D, a fresagem CNC, a impressão 3D, os microcontroladores, os sistemas pneumáticos, a química, a programação C, a programação LabVIEW.

Todas estas aprendizagens fizeram com que entenda um pouco mais as máquinas e a automação, que por trás de todas as funções que aquelas executam de modo a simplificar e melhorar processos, está uma ideia, uma vontade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] European Committee For Standardization. (2008). Fire detection and fire alarm systems. Carbon monoxide detectors. Point detectors. Recuperado: 5-11-2016 de https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP_PROJECT,FSP_ORG_ID:39346,6055&cs=11C3E7E4C8C91D2E7D82C6668D784BF8E.

[2] Thermotron (2016). Environmental & Vibration Testing Equipment Manufacturer. Recuperado: 3-10-16 de <http://thermotron.com/equipment.html>.

[3] Kenosistec Srl (2016). Gas Sensor Testing System. Recuperado: 3-10-2016 de http://www.kenosistec.com/en/product_card.php?id=9&categoria=1.

[4] Insistec (2016). Ingenieria de seguridad y tecnologia. Recuperado: 6-10-2016 de <http://www.insistec.net/>.

[5] T. Hübert, U. Banach, S. Bouchet, P. Castello, P. Moretto. (2007). Deliverable D54, Sub-task IP1.2 Gas detection experiments. Recuperado: 20-10-2016 de <http://www.hysafe.org/download/1442/D54%20InsHyDe%20Gas%20Detection%20Evaluation%20final.pdf>

[6] Bronkhorst. (2016). Digital Thermal Mass Flow Meters and Controllers for Gases. Recuperado: 6-11-2016 de <http://www.bronkhorst.com/files/downloads/brochures/folder-el-flow.pdf>

[7] General Eastern. (2007). OptiSonde, General Eastern Chilled Mirror Hygrometer. Recuperado: 7-11-2016 de https://www.instrumart.com/assets/OptiSonde_Manual.pdf

[8] Global analyser solution. (2016). Global analyser solution Compact GC 4.0. Recuperado: 8-11-2016 de http://www.gassite.com/shop_image/documents/b6f4faca7e96f1a0d93f89871a932bfc.pdf

[9] Wells, G., & Simon, R. (1983). Thermal conductivity detector: theory and numerical model. *Journal of Chromatography A*, 256, 1-15.

[10] Tadesse, K., Smith, A., Brydon, W. G., & Eastwood, M. (1979). Gas chromatographic technique for combined measurement of hydrogen and methane using thermal conductivity detector. *Journal of Chromatography A*, 171, 416-418.

[11] Honeywell. (2016). Airflow, Force and Pressure Sensors. Recuperado: 21-11-2016 de <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-pressure-force-flow-range-guide-008081-22-en.pdf>.

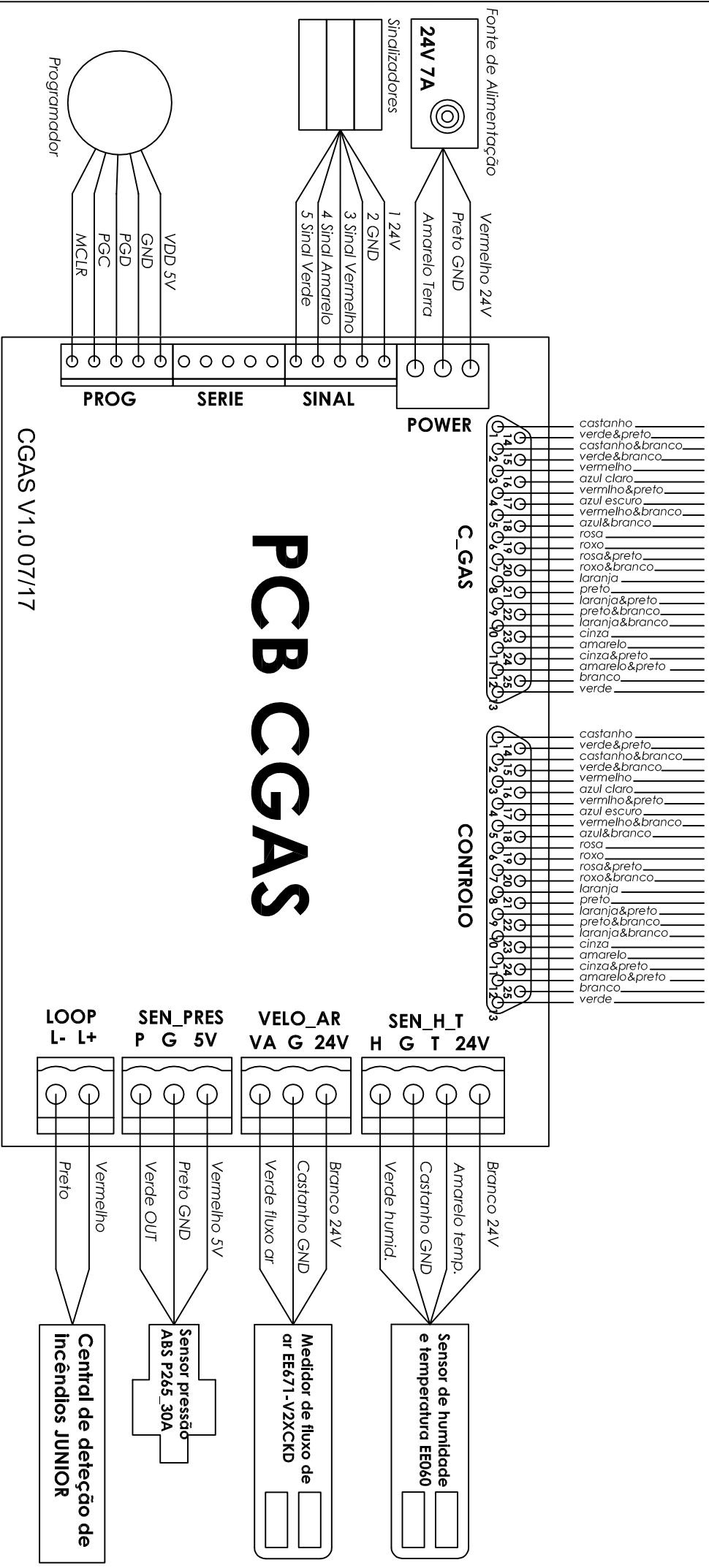
[12] Robert E. Bicking. (1998). Fundamentals of Pressure Sensor Technology. Recuperado: 23-11-2016 de <http://www.sensorsmag.com/components/fundamentals-pressure-sensor-technology>.

[13] TruTech Tools, Ltd. (2016). Measuring Airflow Tips and Techniques. Recuperado: 25-11-2016 de <https://www.trutechtools.com/MeasuringAirflowTipsandTechniques>

- [14] Chris Woodford. (2009). Anemometers. Recuperado: 25-11-2016 de <http://www.explainthatstuff.com/anemometers.html>
- [15] Elektronik. (2006). Measuring Air Velocity – Basics. Recuperado: 25-11-2016 de http://www.samey.is/_pdf/_epluse/EplusE_Air_Velocity_Measurement_Basics.pdf.
- [16] Questex LLC. (2006). Temperature Measurement. Recuperado: 2-12-2016 de <http://www.sensorsmag.com/components/temperature-measurement>.
- [17] TIP TEMPerature Products. (2006). RTD Resistance Thermometer PT100 / PT1000. Recuperado: 3-12-2016 de <http://www.tiptemp.com/Products/Resistance-Thermometer-PT100-PT1000/>.
- [18] Sedra, A. S., & Smith, K. C. (2005). *Microeletrônica*. Pearson Makron Books.
- [19] Saleh, H. E. (2008). Effect of variation in LPG composition on emissions and performance in a dual fuel diesel engine. *Fuel*, 87(13-14), 3031-3039.
- [20] Electronic Industries Association. (1979). Interchangeable Variable Block Data Format for Positioning, Contouring, and Contouring/Positioning Numerically Controlled Machines. Electronic Industries Association.
- [21] LinuxCNC. (2006). LinuxCNC. Recuperado: 10-12-2016 de <http://linuxcnc.org/>.
- [22] National Instruments Corporation. (2016). LabVIEW. Recuperado: 5-12-2016 de <http://www.ni.com/labview/pt/>.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Projeto das Instalações



PCB CGAS

CGAS V1.0 07/17

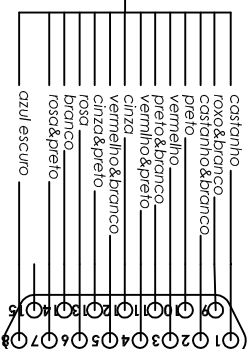
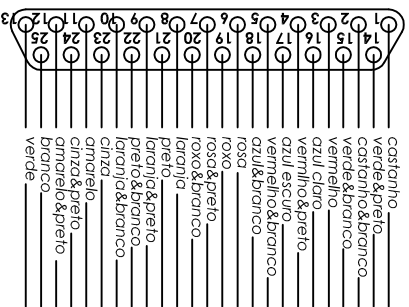
| | | | | | | | |
|------------|-----------|---------------------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|--|
| Projeto: | | C_GAS | | Data: | | 08/08/17 | |
| Título: | | Esquema elétrico | | | | | |
| Subtítulo: | | Ligações PCB C_GAS | | | | | |
| ESCALA(S) | FORMATO | SUBSTITUI | SUBSTITUIDO POR | Nº DESENHO | AUTOR | | |
| -- | A4 | | | | Gonçalo Pereira | INDICE | |
| | | | | | | 01 | |

PCB CGAS

CONTROLO

CÂMARA

BASE



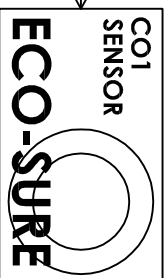
LIGAÇÕES CONTROL/O/BASE

| NºCONTROL | NºBASE | TIPO | Obs. |
|-----------|--------|--------------|--------------------------|
| 1 | 1 | Loop+ ou 24V | OUT6=0=Loop+, OUT6=1=24V |
| 2 | 2 | Loop- ou GND | OUT6=0=Loop-, OUT6=1=GND |
| 3 | 3 | 24V | |
| 4 | 4 | IN4 | |
| 5 | 5 | GND | |
| 6 | 6 | 5V | |
| 7 | 7 | ADC DET. | |
| 17 | 8 | 24V | |
| 20 | 9 | OUT7 | |
| 21 | 10 | GND | |
| 22 | 11 | 5V | |
| 23 | 12 | ADC2 | |
| 24 | 13 | 5V | |
| 25 | 14 | IN5 | |
| | 15 | | |

CONTROLO 8, GND

CONTROLO 9, 5V

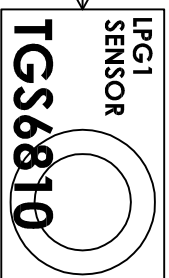
CONTROLO 10, ADC CO1



CONTROLO 11, GND

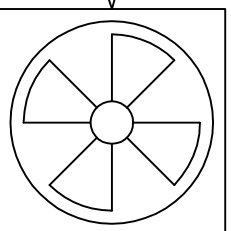
CONTROLO 12, 5V

CONTROLO 13, ADC LPG1



CONTROLO 18, OUT VENT, GND

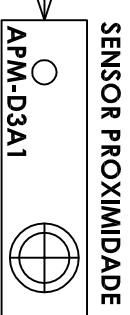
CONTROLO 19, 24V



CONTROLO 14, GND

CONTROLO 15, 24V

CONTROLO 16, IN PORTA, 24V



Projeto:

C_GAS

Data:

08/08/17

Título:

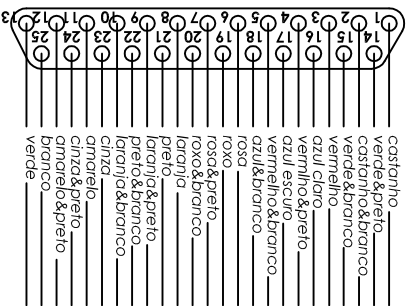
Esquema elétrico

Subtítulo: **Ligações câmara**

| ESCALA(S) | FORMATO | SUBSTITUI | SUBSTITUIDO POR | Nº DESENHO | AUTOR | INDICE |
|-----------|-----------|-----------|-----------------|------------|-----------------|-----------|
| -- | A4 | | | | Gonçalo Pereira | 02 |

PCB CGAS

C_GAS



C_GAS 8, IN VAL_C
laranja

C_GAS 9, 24V
laranja&preto

INTERRUPTOR
MAGNÉTICO **SMC-D90**

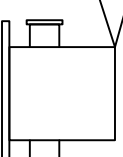
C_GAS 6, IN VAL_O
rosa

C_GAS 7, 24V
rosa&preto

INTERRUPTOR
MAGNÉTICO **SMC-D90**

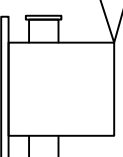
C_GAS 14, OUT GAS1
verde&preto

C_GAS 15, 24V
verde&branco



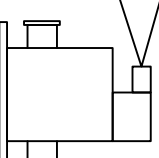
C_GAS 16, OUT GAS2
azul claro

C_GAS 17, 24V
azul escuro



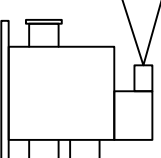
C_GAS 12, OUT VAL AR
amarelo&preto

C_GAS 13, 24V
verde



C_GAS 10, OUT VAL EX
laranja&branco

C_GAS 11, 24V
amarelo

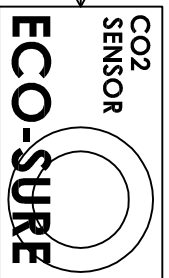
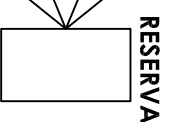


C_GAS 4, S/LIGAÇÃO
vermelho&preto

C_GAS 5, 24V
vermelho&branco

C_GAS 25, ADC1
branco

C_GAS 18, 5V
azul&branco



C_GAS 18, GND
azul&branco

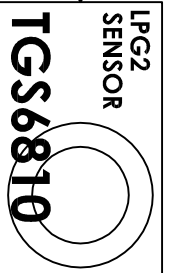
C_GAS 20, 5V
rosa&branco

C_GAS 19, ADC CO2
rosa

C_GAS 23, GND
cinza

C_GAS 24, 5V
cinza&preto

C_GAS 22, ADC LPG2
preto&branco



C_GAS 2, GND
castanho&branco

C_GAS 3, 24V
vermelho

C_GAS 1, ADC PRES_B
castanho



Projeto:

C_GAS

Data:

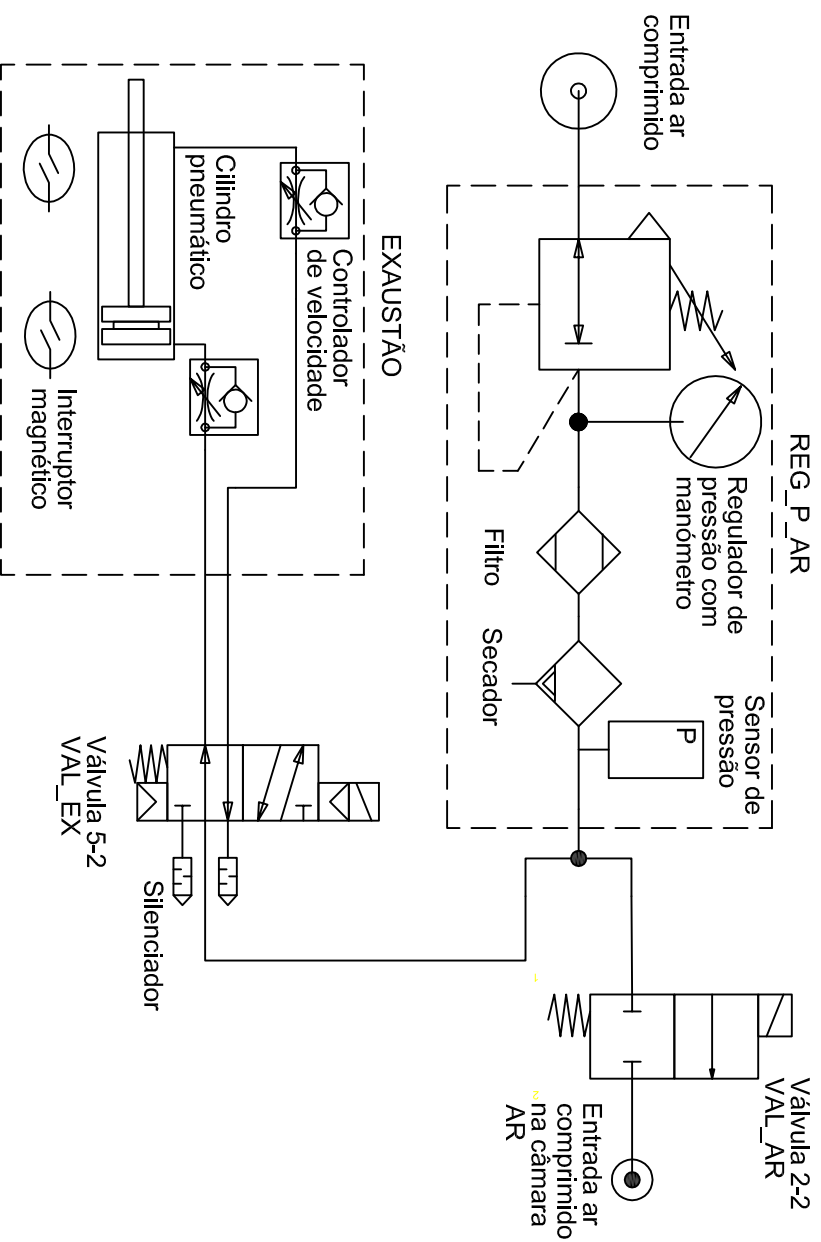
08/08/17

Título:

Esquema elétrico

Subtítulo: **Ligações Unidade GAS**

| | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------------|------------|-----------------|-----------|
| ESCALA(S) | FORMATO | SUBSTITUI | SUBSTITUIDO POR | N° DESENHO | AUTOR | INDICE |
| -- | A4 | | | | Gonçalo Pereira | 03 |

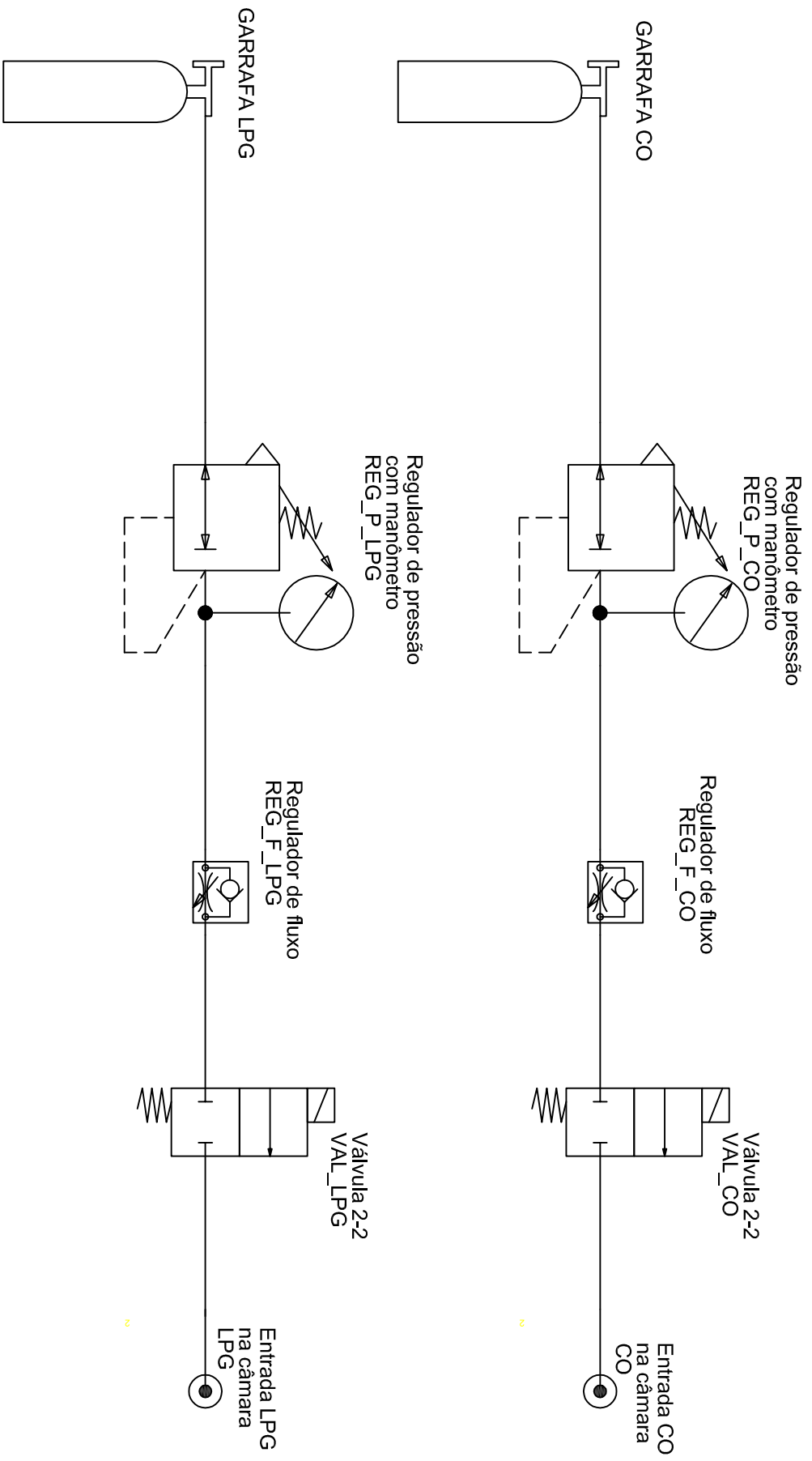


Projeto: **C_GAS** Data: **08/08/17**

Título: **Esquema pneumático**

Subtítulo:

| ESCALA(S) | FORMATO | SUBSTITUI | SUBSTITUIDO POR | N° DESENHO | AUTOR | INDICE |
|-----------|-----------|-----------|-----------------|------------|-----------------|-----------|
| -- | A4 | | | | Gonçalo Pereira | 04 |



Projeto:

C_GAS

Data:

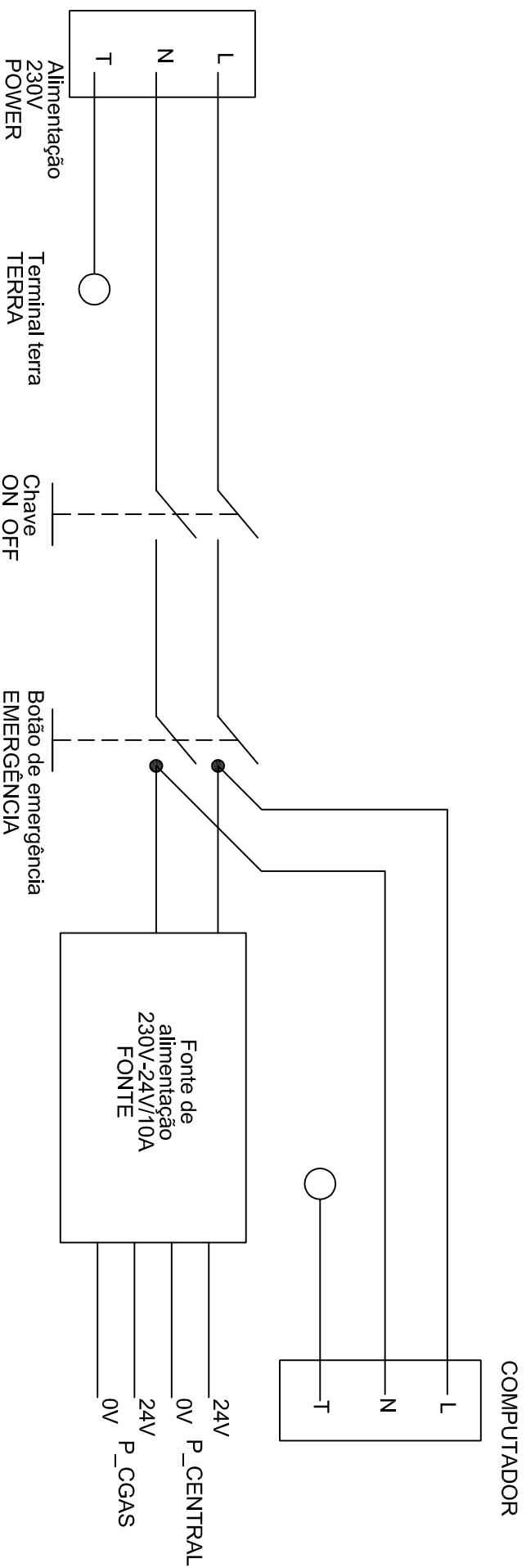
08/08/17

Título:

Esquema admissão do gás

Subtítulo:

| ESCALA(S) | FORMATO | SUBSTITUI | SUBSTITUIDO POR | Nº DESENHO | AUTOR | INDICE |
|-----------|-----------|-----------|-----------------|------------|-----------------|-----------|
| -- | A4 | | | | Gonçalo Pereira | 05 |

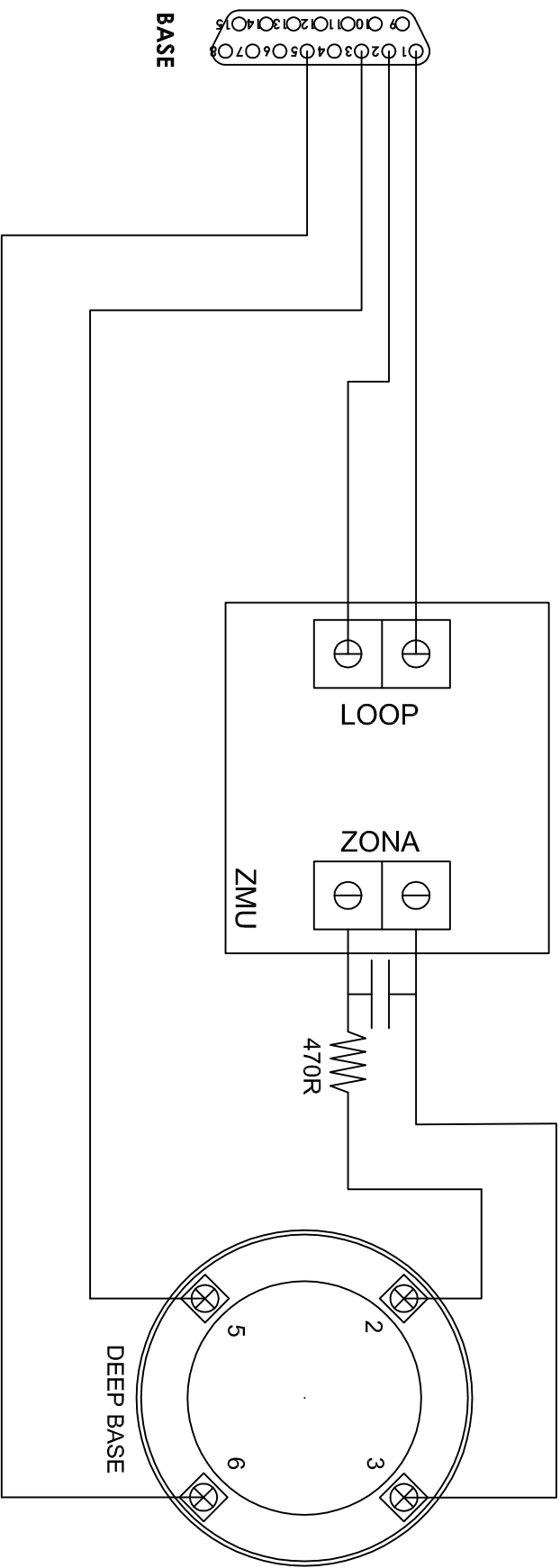


Projeto: **C_GAS** Data: **08/08/17**

Título: **Esquema elétrico**

Subtítulo: **Alimentação**

| ESCALA(S) | FORMATO | SUBSTITUI | SUBSTITUIDO POR | N° DESENHO | AUTOR | INDICE |
|-----------|-----------|-----------|-----------------|------------|-----------------|-----------|
| -- | A4 | | | | Gonçalo Pereira | 06 |



Projeto: **C_GAS** Data: **08/08/17**

Título: **Esquema ligação DEEP BASE com ZMU**

Subtítulo:

| ESCALA(S) | FORMATO | SUBSTITUI | SUBSTITUIDO POR | N° DESENHO | AUTOR | INDICE |
|-----------|-----------|-----------|-----------------|------------|-----------------|-----------|
| -- | A4 | | | | Gonçalo Pereira | 07 |

TABELA – PORTOS vs SINAIS

| Sinal | Portos | Tipo | Tensões | Leituras | Ligação | Observações |
|------------|--------|------|-----------|------------|-------------|------------------------|
| PRES_A | RA0 | AN0 | 0.5-4.5V | 0-2.07bar | SENS_PRES,P | Pressão absoluta |
| PRES_B | RA1 | AN1 | 1-5V | 0-10BAR | C-GAS 1 | |
| VELO_AR | RA2 | AN2 | 0-5V | 0-5m/s | VELO_ARVA | |
| RH | RA3 | AN3 | 0-5V | 0-100%RH | SEM_H_T,H | |
| TB5 | RA4 | OUT | 0/24V | | TB5 | Reserva no PCB |
| TEMP | RA5 | AN4 | 0-5V | -40 – 60°C | SEM_H_T,T | PT1000 |
| CO_2 | RB0 | AN12 | 0-5V | 0-500ppm | C_GAS 19 | Sensor fugas CO |
| LPG_2 | RB1 | AN10 | 0-5V | 0-20000ppm | C_GAS 22 | Sensor fugas LPG |
| ADCI | RB2 | AN8 | 0-5V | | C_GAS 25 | Reserva Uni. GÁS |
| ADC2 | RB3 | AN9 | 0-5V | | BASE 12 | Reserva Base |
| IN5 | RB4 | IN | 0/24V | | BASE 14 | Reserva Base |
| VAL_EX | RB5 | OUT | 0/24V | | C_GAS 10 | Válvula exaustão |
| GAS_1 | RD0 | OUT | 0/24V | | C_GAS 14 | Válvula CO |
| VAL_AR | RD1 | OUT | 0/24V | | C_GAS 12 | Válvula AR |
| S_VERMELHO | RD2 | OUT | 0/5V | | SINAL | Sinal Vermelho |
| S_AMARELO | RD3 | OUT | 0/5V | | SINAL | Sinal Verde |
| IN4 | RD4 | IN | 0/24V | | BASE 4 | Reserva base |
| IN_PORTA | RD5 | IN | 0/24V | | C_GAS 1 | Sensor porta |
| VAL_C | RD6 | IN | 0/24V | | C_GAS 8 | Sensor válvula fechada |
| VAL_O | RD7 | IN | 0/24V | | C_GAS 16 | Sensor válvula aberta |
| REL | RC0 | OUT | 0/24V | | BASE 1 e 2 | Relé de comutação |
| VENT | RC1 | OUT | 0/24V PWM | | CONTROLO 18 | Ventoinha circulação |
| GAS_2 | RC2 | OUT | 0/24V | | C_GAS 16 | Válvula LPG |
| TX | RC6 | OUT | | | SERIE | |
| RX | RC7 | IN | | | SERIE | |
| ADC_DET | RE0 | AN5 | 0-5V | | BASE 7 | Leitura sensor base |
| CO_1 | RE1 | AN6 | 0-5V | 0-500ppm | CONTROLO 10 | Concentração CO |
| LPG_1 | RE2 | AN7 | 0-5V | 0-20000ppm | CONTROLO 13 | Concentração LPG |

Projeto:

C_GAS

Data:

08/08/17

Título: **Tablela de resumo das ligações à PCB CGAS**

Subtítulo:

| ESCALA(S) | FORMATO | SUBSTITUI | SUBSTITUIDO POR | Nº DESENHO | AUTOR | INDICE |
|-----------|-----------|-----------|-----------------|------------|-----------------|-----------|
| -- | A4 | | | | Gonçalo Pereira | 08 |

APÊNDICE 2 - Etiquetas

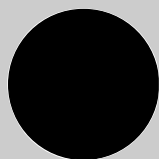
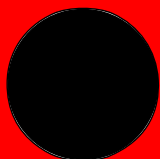


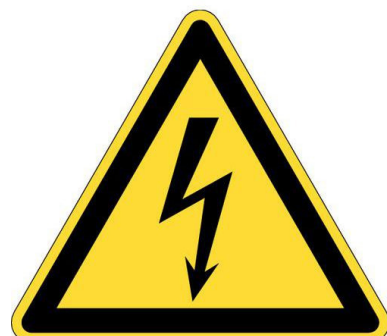
| | |
|---|---|
|  | Sítio dos Barrabés, Armazém Nave Y Caixa Postal 908-Z 8150-016 São Brás de Alportel Portugal |
| Model: 54-26.01 Serial: 001.01.18 Power: 230V 50Hz 3A | |



| | |
|--|----------------|
|  | ATENÇÃO |
| NÃO OPERAR ESTE EQUIPAMENTO SEM SER INSTRUÍDO SOBRE REGRAS DE SEGURANÇA E OPERAÇÃO. OPERAR O EQUIPAMENTO EM LOCAIS VENTILADOS. PERIGO! ATMOSFERA PERIGOSA. NÃO ABRIR A PORTA DURANTE OS TESTES. | |



| | |
|-----|---|
| ON | EMERGÊNCIA |
| OFF |  |
| |  |
| | EMERGÊNCIA |



APÊNDICE 3 – *Firmware*


```

1: sbit TB5 at RA4_bit;           //Atribuição de nomes às portas de saída.
2: sbit OUT7 at RA6_bit;
3: sbit IN5 at RB4_bit;
4: sbit VAL_EX at RB5_bit;
5: sbit GAS_1 at RD0_bit;
6: sbit VAL_AR at RD1_bit;
7: sbit S_VERMELHO at RD2_bit;
8: sbit S_AMARELO at RD3_bit;
9: sbit REL at RC0_bit;
10: sbit VENT at RC1_bit;
11: sbit GAS_2 at RC2_bit;       //Fim de atribuição de nomes às portas de saída.
12:
13: unsigned char Inputs=0;      //Declaração das variáveis globais.
14: unsigned int PRES_AX =0;
15: unsigned int PRES_BX =0;
16: unsigned int VELO_ARX =0;
17: unsigned int RHX =0;
18: unsigned int TEMPX =0;
19: unsigned int CO_2X =0;
20: unsigned int LPG_2X =0;
21: unsigned int ADC1X =0;
22: unsigned int ADC2X =0;
23: unsigned int ADC_DET X=0;
24: unsigned int CO_1X =0;
25: unsigned int LPG_1X =0;
26: unsigned char PRES_A =0;
27: unsigned char PRES_B =0;
28: unsigned char VELO_AR =0;
29: unsigned char RH =0;
30: unsigned char TEMP =0;
31: unsigned char CO_2L =0;
32: unsigned char CO_2H =0;
33: unsigned char LPG_2L =0;
34: unsigned char LPG_2H =0;
35: unsigned char ADC1 =0;
36: unsigned char ADC2 =0;
37: unsigned char ADC_DET =0;
38: unsigned char CO_1L =0;
39: unsigned char CO_1H =0;
40: unsigned char LPG_1L =0;
41: unsigned char LPG_1H =0;
42: char output, i = 0, flag = 0;
43: unsigned char outputs[]={0,0,0};
44: unsigned short j;
45: unsigned short x;
46: unsigned long y=0;           //Fim da declaração das variáveis globais.
47:
48: void WriteOutputs(){         //Função escrita nas portas de saída.
49:     if (outputs[0] & 0x01){ //Compara variável outputs[0] com valor 1.
50:         TB5=1; }             //Caso verdadeiro ativa a saída TB5.
51:         else {
52:             TB5=0; }         //Caso falso desativa a saída TB5.
53:     if (outputs[0] & 0x02){ //Compara variável outputs[0] com valor 2.
54:         OUT7=1; }           //Caso verdadeiro ativa a saída OUT7.
55:         else {
56:             OUT7=0;}         //Caso falso desativa a saída OUT7.
57:     if (outputs[0] & 0x04){ //Realiza o mesmo processo de comparação para as
58:         REL=1;}             //portas de saída.
59:         else {
60:             REL=0;}
61:     if (outputs[0] & 0x08){
62:         GAS_2=1;}

```

```

63:         else {
64:             GAS_2=0;}
65:     if (outputs[0] & 0x10){
66:         GAS_1=1;}
67:         else {
68:             GAS_1=0;}
69:     if (outputs[0] & 0x20){
70:         VAL_AR=1;}
71:         else {
72:             VAL_AR=0;}
73:     if (outputs[0] & 0x40){
74:         VAL_EX=1;}
75:         else {
76:             VAL_EX=0;}
77:     if (outputs[0] & 0x80){
78:         S_VERMELHO=1;}
79:         else {
80:             S_VERMELHO=0;}
81:     if (outputs[1] & 0x01){
82:         S_AMARELO=1;}
83:         else {
84:             S_AMARELO=0;}
85:     if (outputs[2] > 0x00){ //Verifica se outputs[2] é maior que 0.
86:         PWM2_Start(); //Caso verdadeiro Func. MikroC inicializa PWM2.
87:         PWM2_Set_Duty(outputs[2]); //Func. MikroC define valor outputs[2] como Duty
88:         else {
89:             PWM2_Stop(); //Caso falso Func. MikroC para PWM2.
90:     }
91:
92:
93: unsigned char ReadInputs(){ //Função leitura porta de entrada.
94:     Inputs=0; //Reiniciar a variável
95:     if (PORTD.RD4 == 0){ //Confirmar se porta se encontra a 0.
96:         Inputs=Inputs+1; //Caso afirmativo acrescenta 1 à variável.
97:     }
98:     if (PORTD.RD5 == 0){ //Confirmar se porta se encontra a 0.
99:         Inputs=Inputs+2; //Caso afirmativo acrescenta 2 à variável.
100:    }
101:    if (PORTD.RD6 == 0){ //Confirmar se porta se encontra a 0.
102:        Inputs=Inputs+4; //Caso afirmativo acrescenta 4 à variável.
103:    }
104:    if (PORTD.RD7 == 0){ //Confirmar se porta se encontra a 0.
105:        Inputs=Inputs+8; //Caso afirmativo acrescenta 8 à variável.
106:    }
107:    return Inputs;
108: }
109:
110:
111: void ReadADC(){ //Função leitura portas analógicas.
112:     CO_2X = 0; //Reiniciar variável CO_2X.
113:     LPG_1X = 0; //Reiniciar das restantes variável
114:     ADC2X = 0; //utilizadas na leitura das portas
115:     ADC1X = 0; //analógicas.
116:     LPG_2X = 0;
117:     CO_1X = 0;
118:     ADC_DET_X = 0;
119:     TEMP_X = 0;
120:     RH_X = 0;
121:     PRES_BX = 0;
122:     VELO_ARX = 0;
123:     PRES_AX = 0;
124: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){ //Executar 16 vezes o ciclo.

```

```

125:     PRES_AX = PRES_AX + ADC_Read(0);} //Ler porta AN0 e add. a última leitura.
126:     PRES_AX = PRES_AX / 16;           //Dividir o valor final por 16 (média).
127: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){         //Realiza a mesma operação para as
128:     PRES_BX = PRES_BX + ADC_Read(1);} //restantes portas analógicas...
129:     PRES_BX = PRES_BX / 16;
130: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){
131:     VELO_ARX = VELO_ARX + ADC_Read(2);}
132:     VELO_ARX = VELO_ARX / 16;
133: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){
134:     RHX = RHX + ADC_Read(3);}
135:     RHX = RHX / 16;
136: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){
137:     TEMPX = TEMPX + ADC_Read(4);}
138:     TEMPX = TEMPX / 16;
139: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){
140:     ADC_DET_X = ADC_DET_X + ADC_Read(5);}
141:     ADC_DET_X = ADC_DET_X / 16;
142: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){
143:     CO_1X = CO_1X + ADC_Read(6);}
144:     CO_1X = CO_1X / 16;
145: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){
146:     LPG_2X = LPG_2X + ADC_Read(10);}
147:     LPG_2X = LPG_2X / 16;
148: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){
149:     ADC1X = ADC1X + ADC_Read(8);}
150:     ADC1X = ADC1X / 16;
151: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){
152:     ADC2X = ADC2X + ADC_Read(9);}
153:     ADC2X = ADC2X / 16;
154: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){
155:     LPG_1X = LPG_1X + ADC_Read(7);}
156:     LPG_1X = LPG_1X / 16;
157: for (x = 0 ; x < 16 ; x++){
158:     CO_2X = CO_2X + ADC_Read(12);}
159:     CO_2X = CO_2X / 16;
160: LPG_1L = LPG_1X & 0xff;           //Truncagem dos primeiros 8 bits.
161: LPG_1H = (char)(LPG_1X>>8);     //Rodar os bits 8 posições à direita.
162: PRES_A = PRES_AX/4;             //Dividir a variável por 4.
163: PRES_B = PRES_BX/4;
164: VELO_AR = VELO_ARX/4;
165: RH = RHX/4;
166: TEMP = TEMPX/4;
167: CO_2L = (char)CO_2X & 0xff;
168: CO_2H = (char)(CO_2X>>8);
169: LPG_2L = LPG_2X & 0xff;
170: LPG_2H = (char)(LPG_2X>>8);
171: ADC1 = ADC1X/4;
172: ADC2 = ADC2X/4;
173: ADC_DET = ADC_DET_X/4;
174: CO_1L = CO_1X & 0xff;
175: CO_1H = (char)(CO_1X>>8);
176: }
177:
178: void interrupt() {               //Func. MikroC sempre que há interrupção.
179:     if (PIR1.RCIF) {            //Comfirmção interrupção na UART.
180:         output = Uart1_Read(); //Escreve na output o Byte lido.
181:         outputs[i] = output;    //Escreve na matriz outputs o Byte lido.
182:         i++;                    //Incrementa a posição da matriz.
183:         if (output == 255) {    //Confirmação do fim da leitura na UART
184:             flag = 1;           //Ativa a variável comunicação.
185:         }                        //Fim da confirmação do fim da leitura na UART.
186:         PIR1.RCIF = 0;          //Reiniciar da interrupção na UART.

```

```

187:     } //Fim confirmação da interrupção na UART.
188: } //Fim da função interrupção.
189:
190: void main() {
191: OSCCON=0x72; //Oscilador interno definido com 8MHz.
192: TRISA = 0b10101111; //Config. portos A, bit = porto de 7 a 0, 1=input 0=output.
193: TRISB = 0b11011111; //Config. portos B, bit = porto de 7 a 0, 1=input 0=output.
194: TRISC = 0b10100000; //Config. portos C, bit = porto de 7 a 0, 1=input 0=output.
195: TRISD = 0b11110000; //Config. portos D, bit = porto de 7 a 0, 1=input 0=output.
196: TRISE = 0b11111111; //Config. portos E, bit = porto de 7 a 0, 1=input 0=output.
197: ADCON1 = 0x00; //Valores de referência A/D (Vdd e Vss),AN def. analógicas.
198: ADCON2 = 0xFF; //Valor (A/D) justificação bits à direita,t aquisição, clock.
199: PORTA=0; //Iniciar os portos A com o valor 0.
200: PORTD=0; //Iniciar os portos B com o valor 0.
201: PORTB=0; //Iniciar os portos C com o valor 0.
202: PORTC=0; //Iniciar os portos D com o valor 0.
203: PORTE=0; //Iniciar os portos E com o valor 0.
204: PWM2_Init(2000); //Func.MikroC Iniciar modulo PWM2 com uma freq. de 2KHz.
205: UART1_Init(9600); //Func.MikroC iniciar modulo UART com 9600 bps.
206: Delay_ms(500); //Espera 500ms para qua a UART estabilize.
207: PIE1.RCIE = 1; //Ativa o bit de interrupção de receção da USART.
208: INTCON.PEIE = 1; //Ativa todas as interrupções periféricas.
209: INTCON.GIE = 1; //Permite todas as interrupções.
210: while (1){ //Início do loop infinito.
211:     do{ //Início do ciclo de espera comunicação.
212:         if (flag ==1) { //Confirmação da comunicação/interrupção.
213:             i=0; //Reiniciar da variável n. de leituras.
214:             ReadInputs(); //Função leitura dos portos de entrada do MC.
215:             ADC_Init(); //Func. MikroC Iniciar a leitura analógia.
216:             ReadADC(); //Função de leitura das portas analógicas.
217:             WriteOutputs(); //Função de escrita nos portos de saída.
218:             if (UART1_Tx_Idle() == 1){ //Confirmação da disponibilidade escrita UART
219:                 delay_ms(100); //Epera 100ms
220:                 UART1_Write(PRES_A); //Envio Byte 0 (PRES_A)
221:                 UART1_Write(PRES_B); //Envio Byte 1 (PRES_B)
222:                 UART1_Write(VELO_AR); //Envio Byte 2 (VELO_AR)
223:                 UART1_Write(RH); //Envio Byte 3 (RH)
224:                 UART1_Write(TEMP); //Envio Byte 4 (TEMP)
225:                 UART1_Write(CO_2L); //Envio Byte 5 (CO_2L)
226:                 UART1_Write(CO_2H); //Envio Byte 6 (CO_2H)
227:                 UART1_Write(LPG_2L); //Envio Byte 7 (LPG_2L)
228:                 UART1_Write(LPG_2H); //Envio Byte 8 (LPG_2H)
229:                 UART1_Write(ADC1); //Envio Byte 9 (ADC1)
230:                 UART1_Write(ADC2); //Envio Byte 10 (ADC2)
231:                 UART1_Write(ADC_DET); //Envio Byte 11 (ADC_DET)
232:                 UART1_Write(CO_1L); //Envio Byte 12 (CO_1L)
233:                 UART1_Write(CO_1H); //Envio Byte 13 (CO_1H)
234:                 UART1_Write(LPG_1L); //Envio Byte 14 (LPG_1L)
235:                 UART1_Write(LPG_1H); //Envio Byte 15 (LPG_1H)
236:                 UART1_Write(Inputs); //Envio Byte 16 (Inputs)
237:                 UART1_Write(0xAA); //Envio Byte 17 (255)
238:             } //Fim do Envio dos Bytes
239:             flag = 0; //Reiniciar variável comunicação/interrupção
240:             y=0; //Reiniciar variável espera comunicação
241:         } //Fim da comunicação
242:         y++; //Incrementação variável espera comunicação
243:     } while ( y < 1000000); //Espera comunicação 1000000 ciclos (apx 10s)
244: outputs[0]=0; //Escreve 0 na variável outputs[0]
245: outputs[1]=0; //Escreve 0 na variável outputs[1]
246: outputs[2]=0; //Escreve 0 na variável outputs[2]
247: WriteOutputs(); //Função de escrita nos portos de saída.
248: y=0; //Reiniciar variável espera comunicação

```

```
249: } //Fim da espera de comunicação
250: } //Fim do loop infinito.
```


APÊNDICE 4 – Instruções de utilização da CGAS



Instruções de utilização da CGAS

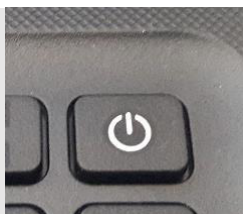


- Não operar este equipamento sem ser instruído sobre as regras de segurança e operação.
- Operar o equipamento em locais ventilados.
- Existe o perigo de explosão e de atmosfera perigosa.
- Não abrir a porta durante os testes.



Ligar a CGAS, rodar a chave para a posição ON.

Confirmar que o botão de emergência não se encontra pressionado.



Ligar o computador.



Abrir a aplicação CGAS.



Abrir o gás necessário para os testes a realizar.

No caso do LPG, pressionar a alavanca e colocar a cavilha.



No caso do CO, rodar a torneira na posição horária (CW)

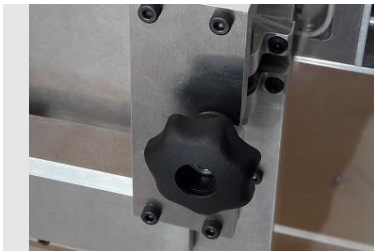
Nota: a torneira deve ser rodada até atingir uma pressão de 1 bar no manómetro superior.



Colocar o detetor na câmara.

Pode ser necessária a instalação de uma base compatível com o detetor (Verificar nos acessórios da CGAS)

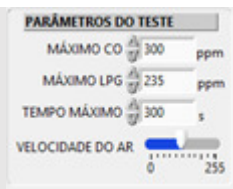
Respeitar as indicações do fabricante do detetor, com especial atenção ao tempo de espera antes do teste.



Fechar a porta.

Colocar o parafuso na posição certa e rodar o volante no sentido horário (CW)

Nota: Não apertar em demasia o volante.



Definir os parâmetros de teste:

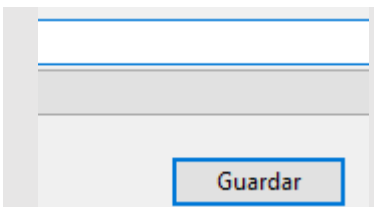
- Máxima concentração do gás na câmara;
- Tempo máximo do teste;
- Velocidade do ar.

Nota: A circulação do ar só se verifica depois do início do teste, no entanto é possível testar a velocidade, pressionando o botão VENTOINHAS.



Escolher o tipo de gás, LPG ou CO.

Iniciar o teste, pressionar em INICIAR



Esperar que o teste termine.

Escolher a localização para gravar o relatório.



Quando terminados os testes:

- Fechar a aplicação.
- Desligar o computador.
- Desligar a CGAS.
- Fechar a garrafa de CO.
- Retirar a cavilha da garrafa de LPG.

APÊNDICE 5 – Lista de Material e Custos da CGAS

Lista da Material e Custos da CGAS

| Peça N. | Descrição | Qt | Preço Uni. | Preço | Fornecedor | P.N. Forn. |
|---------|-------------------------------------|-----|------------|----------|--------------|--------------|
| 001-001 | ACR LT D | 1 | € 7,16 | € 7,16 | DAGOL ACR | |
| 001-002 | ACR LT E | 1 | € 2,48 | € 2,48 | DAGOL ACR | |
| 001-003 | ACR INF | 1 | € 9,25 | € 9,25 | DAGOL ACR | |
| 001-004 | ACR FT | 1 | € 10,15 | € 10,15 | DAGOL ACR | |
| 001-005 | ACR SUP | 1 | € 9,25 | € 9,25 | DAGOL ACR | |
| 001-006 | ACR TR | 1 | € 10,15 | € 10,15 | DAGOL ACR | |
| 001-007 | ACR INF R | 1 | € 9,25 | € 9,25 | DAGOL ACR | |
| 001-008 | TAMPA LT E | 1 | € 2,48 | € 2,48 | DAGOL ACR | |
| 001-009 | TAMPA SUP | 1 | € 4,97 | € 4,97 | DAGOL ACR | |
| 001-010 | TAMPA T | 1 | € 10,15 | € 10,15 | DAGOL ACR | |
| 001-011 | TAMPA TR | 1 | € 9,00 | € 9,00 | DAGOL ACR | |
| 001-012 | ACR SUP PC | 1 | € 2,30 | € 2,30 | DAGOL ACR | |
| 001-013 | TAMPA VÁLVULA | 1 | € 1,00 | € 1,00 | DAGOL ACR | |
| 001-014 | ARO VÁLVULA | 1 | € 1,00 | € 1,00 | DAGOL ACR | |
| 001-015 | CILINDRO VÁLVULA | 1 | € 0,50 | € 0,50 | DAGOL ACR | |
| 001-016 | ESTRUTURA EM ACRILICO 66,04€ | 1 | € 66,04 | € 66,04 | DAGOL ACR | |
| 001-017 | COLA ACRILICO | 1 | € 15,00 | € 15,00 | DAGOL ACR | |
| 001-018 | Suporte PC | 1 | € 18,00 | € 18,00 | LAROY MERLIN | |
| 001-019 | Parafuso giratório | 1 | € 5,83 | € 5,83 | NORELEM | 05660-08050 |
| 001-020 | Base para pés | 4 | € 1,06 | € 4,24 | NORELEM | 27830-20303 |
| 001-021 | Fusos roscados para pés niveladores | 4 | € 0,71 | € 2,84 | NORELEM | 27832-080251 |
| 001-022 | O´RING 3,53mm | 5 | € 4,32 | € 21,60 | REROM | C1.A0353 |
| 001-023 | COLA PARA ORING | 1 | € 11,18 | € 11,18 | REROM | C19.ZA20 |
| 001-024 | Parafusos M4x16 | 100 | € 0,07 | € 7,00 | REROM | B01.04x016 |
| 001-025 | Parafusos M4x16 | 20 | € 0,07 | € 1,40 | REROM | B01.04x020 |
| 001-026 | Parafusos M4x16 | 10 | € 0,20 | € 2,00 | REROM | B01.04x045 |
| 001-027 | Insertos Metálicos | 120 | € 0,08 | € 9,60 | | |
| 001-028 | Aro porta | 1 | € 11,31 | € 11,31 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-029 | Aro interno | 2 | € 11,31 | € 22,62 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-030 | Porta | 1 | € 10,00 | € 10,00 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-031 | Dobradiça | 1 | € 3,20 | € 3,20 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-032 | Apoio porta | 4 | € 0,50 | € 2,00 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-033 | Barra da porta | 1 | € 2,50 | € 2,50 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-034 | União | 1 | € 1,80 | € 1,80 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-035 | Moldura | 2 | € 4,00 | € 8,00 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-036 | Placa cima | 1 | € 5,00 | € 5,00 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-037 | Placa do meio | 1 | € 8,00 | € 8,00 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-038 | Painel ES cima | 1 | € 5,00 | € 5,00 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-039 | Painel ES lado | 1 | € 5,00 | € 5,00 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-040 | Chassi cima | 1 | € 6,00 | € 6,00 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-041 | Chassi inf | 1 | € 4,00 | € 4,00 | Poly Lanema | AW6063 ALU10 |
| 001-042 | FAVO CE | 2 | € 2,00 | € 4,00 | | |
| 001-043 | FAVO BD | 2 | € 2,00 | € 4,00 | | |
| 001-044 | FAVO CD | 2 | € 2,00 | € 4,00 | | |
| 001-045 | FAVO BE | 2 | € 2,00 | € 4,00 | | |
| 001-046 | CURVA PVC 90 40mm | 1 | € 5,10 | € 5,10 | RS | 2790597 |
| 001-047 | União PVC 40mm | 1 | € 12,77 | € 12,77 | RS | 2790979 |
| 001-048 | CAIXAS | 2 | € 56,98 | € 113,96 | | |
| 001-049 | Bocins M20 | 5 | € 4,45 | € 22,25 | RS | 669-4664 |
| 001-050 | Base co r | 1 | € 0,86 | € 0,86 | | |
| 001-051 | LPG ADPT | 1 | € 0,32 | € 0,32 | | |
| 001-052 | LPG ABC | 1 | € 0,10 | € 0,10 | | |
| 001-053 | Suporte Cabos | 4 | € 0,08 | € 0,32 | | |
| 001-054 | Suporte Cabos 2 | 3 | € 0,07 | € 0,21 | | |
| 001-055 | CO ABC | 1 | € 0,28 | € 0,28 | | |
| 001-056 | Grelha 20x30 branco | 2 | € 8,69 | € 17,38 | AKI | 8331153 |

| | | | | | | | | | |
|---------|---|---|---|--------|---|----------|-----------------|---------------|--|
| 002-001 | Sensor de pressão PSE530-M3-L | 1 | € | 57,17 | € | 57,17 | RS | 700-7569 | |
| 002-002 | Interruptor lâminas SMC-D90 | 2 | € | 22,08 | € | 44,16 | | | |
| 002-003 | Cilindro pneumático CDU-16-10D | 1 | € | 54,43 | € | 54,43 | RS | 183-4551 | |
| 002-004 | Eletroválvula SY3120-5MOE-C4 | 1 | € | 59,95 | € | 59,95 | | | |
| 002-005 | Eletroválvula VQ21A1-5YZ-C6-F-Q | 1 | € | 48,27 | € | 48,27 | RS | 494-3311 | |
| 002-006 | Tubo pneumático 4mmx20m | 1 | € | 10,32 | € | 26,22 | Farnell | 3629879 | |
| 002-007 | Tubo pneumático 6mmx20m | 1 | € | 26,22 | € | 26,22 | Farnell | 3629995 | |
| 002-008 | União One-Touch 6mm | 1 | € | 5,63 | € | 5,63 | Farnell | 3628334 | |
| 002-009 | Adaptador tubo em Y 6mm | 1 | € | 2,88 | € | 2,88 | RS | 771-5936 | |
| 002-010 | Controlador de velocidade AS1201F-M5-04 | 2 | € | 7,55 | € | 15,10 | RS | 197-5292 | |
| 002-011 | Conjunto Regulador de pressão e filtros | 1 | € | 100,00 | € | 100,00 | | | |
| | | | | | | | | | |
| 003-001 | Controlador de velocidade SCFM 4mm | 2 | € | 9,49 | € | 18,98 | RS | 161-3086 | |
| 003-002 | Adaptador tubo 4mm | 2 | € | 4,22 | € | 8,44 | RS | 327-2359 | |
| 003-003 | Eletroválvula VDW10EA | 2 | € | 27,34 | € | 54,68 | RS | 892-9980 | |
| 003-004 | Regulador de pressão RB500-SSC4 | 2 | € | 82,00 | € | 164,00 | | | |
| 003-005 | Regulador de pressão CO 432820 | 1 | € | 284,41 | € | 284,41 | GASIN | 432820 | |
| 003-006 | Garrafa de LPG | 1 | € | 4,00 | € | 4,00 | | | |
| 003-007 | Garrafa de CO 5% | 1 | € | 136,00 | € | 136,00 | GASIN | 316785 | |
| | | | | | | | | | |
| 004-001 | PSU 24V 10A | 1 | € | 42,30 | € | 42,30 | | | |
| 004-002 | Ficha fêmea 240V 10A | 1 | € | 1,98 | € | 1,98 | Farnell | 313737 | |
| 004-003 | Interruptor com chave 250V 4A | 1 | € | 11,14 | € | 11,14 | Farnell | 1138697 | |
| 004-004 | Botão de emergência | 1 | € | 31,31 | € | 31,31 | RS | 831-7889 | |
| 004-005 | Cabo H05V-K 1x1 NG | 2 | € | 0,11 | € | 0,22 | | | |
| 004-006 | Cabo H05V-K 1x1 RD | 2 | € | 0,11 | € | 0,22 | | | |
| | | | | | | | | | |
| 005-001 | Sensor de pressão P265-30A -D4B | 1 | € | 122,40 | € | 122,40 | Mouser | P265-30A -D4B | |
| 005-002 | Sensor proximidade APM-D3A1 | 1 | € | 68,72 | € | 68,72 | Farnell | 1530472 | |
| 005-002 | Sonda de humidade e temperatura EE60 | 1 | € | 160,60 | € | 160,60 | E+E Elektronik | EE60 | |
| 005-003 | Sonda de velocidade do ar EE671-V2XCKD | 1 | € | 163,90 | € | 163,90 | E+E Elektronik | EE671 | |
| 005-004 | Central de deteção de incêndios JUNIOR V4 | 1 | € | 180,00 | € | 180,00 | GFE | | |
| 005-005 | CGAS CO SENSOR | 2 | € | 33,76 | € | 67,52 | | | |
| 005-006 | CGAS LPG SENSOR | 2 | € | 28,91 | € | 57,82 | | | |
| 005-007 | CGAS PCB | 1 | € | 16,02 | € | 16,02 | | | |
| 005-008 | Cabo D25 PCB CGAS_1 | 1 | € | 10,88 | € | 10,88 | Farnell | 1525878 | |
| 005-009 | Cabo D25 PCB CGAS_2 | 1 | € | 10,88 | € | 10,88 | Farnell | 1525878 | |
| 005-010 | Cabo D25 Controlo | 1 | € | 10,88 | € | 10,88 | Farnell | 1525878 | |
| 005-011 | Cabo RS232/USB | 1 | € | 18,00 | € | 18,00 | Jumbo box | | |
| 005-012 | Cabo TTL/USB | 1 | € | 2,00 | € | 2,00 | Ebay | | |
| | | | | | | | | | |
| 007-001 | Computador portátil ACER Aspire ES1-571 | 1 | € | 340,00 | € | 340,00 | Bestelectronics | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | Total | € | 2 965,13 | | | |

APÊNDICE 6 – Relatório Teste do NB-983CO

CONCENTRAÇÃO LPG

CONCENTRAÇÃO CO

DETETOR

SINALIZADORES

TIPO DE GÁS

LPG

CO

INICIAR

STOP

ENTRADAS DO PROCESSO

PORTA FECHADA

VÁL. EX. FECHADA

VÁL. EX. ABERTA

IN5

IN4

COMUNICAÇÃO

SAÍDAS DO PROCESSO

VENTOINHAS

VÁLVULA CO

VÁLVULA LPG

VÁLVULA AR

VÁLVULA EXAUSTÃO

CONDIÇÕES AMBIENTAIS

PRESSÃO CÂMARA: 1,019 bar

PRESSÃO AR COMPRIMIDO: 1,1 bar

VELOCIDADE DO AR: 0 m/s

HUMIDADE RELATIVA: 53 %RH

TEMPERATURA: 22 °C

CO: 187 ppm

LPG: 0 ppm

PARÂMETROS DO TESTE

MÁXIMO CO: 200 ppm

MÁXIMO LPG: 235 ppm

TEMPO MÁXIMO: 2400 s

VELOCIDADE DO AR: 0 a 255

RESULTADO DO TESTE

AN DETECTOR FINAL: 64

CO FINAL: 217 ppm

LPG FINAL: 0 ppm

TEMPO: 00:29:45, s

DETETOR

APROVADO

OUTRAS LEITURAS

AN_DET: 64

ADC1: 0 V

ADC2: 0 V

ADC_DET: 0 V

FUGAS LPG: 0 ppm

FUGAS CO: 0 ppm

CONFIGURAÇÃO DA IMPRESSORA

Printing: Default Printer

Microsoft Print to PDF

LPG Aj.: 0,028

LPG 2 Aj.: 0,032

CO Aj.: 0

CO 2 Aj.: 0

PORTAS SÉRIE

CGAS

COM3

CENTRAL

COM4

ESTADO DO TESTE

EM TESTE

INFORMAÇÃO

SAÍDAS DISPONÍVEIS

TB5

OUT7

REL

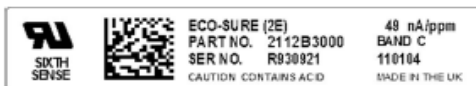
ANEXOS

ANEXO A – *Datasheet* do Sensor ECO-Sure 2E

ECO-Sure (2e) SENSOR



LABEL DETAILS



All measurements were taken at 20°C and 50% rH at 1atm unless otherwise indicated. The performance data detailed in this document refer to new sensors. With the exception of items marked * the stated parameters have been verified under the UL component recognition programme.

Note: PCB sockets are recommended for the sensor pin connection. Soldering or using glue with the sensor should be avoided and will invalidate warranty.

The ECO-Sure® (2e) is a high quality, cost effective 2-electrode electromechanical cell designed for the detection of Carbon Monoxide CO in a range of applications but particularly for domestic/residential Carbon Monoxide detection, industrial fire detection and ventilation control. This sensor is renowned worldwide for its long lifetime and stable performance. The ECO-Sure (2e) is a recognised component under UL2075.

SPECIFICATION

| | |
|--|--|
| Operating Principle: | 2-electrode electrochemical |
| Gas Detected: | Carbon Monoxide CO |
| Measurement Range: | 0 – 500 ppm |
| Maximum Overload: | 1,000 ppm |
| Expected Operating Life*: | > 6 years in normal use from date of manufacture |
| Output Signal: | $0.045 \pm 0.015 \mu\text{A}$ per ppm |
| Temperature Range*: | Continuous: -10°C to +50°C Intermittent: -20°C to +50°C |
| Pressure Range: | 1 atm \pm 10% |
| Humidity Range* (non-condensing): | Continuous: 15 - 90% Intermittent: 0 - 99% |
| Response Time (T⁵ 90): | < 30 seconds |
| Baseline Offset (clean air): | -2 to 4 ppm equivalent |
| Zero Shift* (-10°C to +50°C): | < +10 ppm equivalent |
| Long Term Output Drift: | < 5% per annum |
| Repeatability: | < \pm 5% |
| Linearity: | Within \pm 5% |
| Recommended Load Resistor: | 5 Ω |
| Bias Voltage: | Not required |
| Intrinsic Safety Data* | |
| Maximum at 1,000ppm: | 0.1mA |
| Maximum o/c Voltage: | 1.3V |
| Maximum s/c Current: | < 1.0A |



EURO-GAS MANAGEMENT SERVICES LTD, CHURSTON HOUSE,
BASCOMBE ROAD, CHURSTON FERRERS, DEVON, TQ5 0JJ, UK

☎: +44 (0)1803 844414 Fax: +44 (0)1803 844224

euro-gas@btconnect.com

www.euro-gasman.com

EURO-GAS
MANAGEMENT SERVICES LTD

ECO-Sure (2e) SENSOR



Physical Specification

- Weight:** 5g (approx)
Orientation: Any
Housing Material: Noryl N110
Storage Life: 6 months in original sealed container
Storage Conditions: +10°C to +30°C
Warranty Period: Up to 60 months
Part Number: 2112B3000
Diameter of pins: 1.55mm
Recommended sockets: Wearn's Cambion # 450-3326-01.

Note: PCB sockets are recommended for the sensor pin connection. Soldering or using glue with the sensor should be avoided and will invalidate warranty.

All measurements were taken at 20°C and 50% rH at 1atm unless otherwise indicated. The performance data detailed in this document refer to new sensors. With the exception of items marked * the stated parameters have been verified under the UL component recognition programme.

DATA MATRIX SPECIFICATION

LABEL DETAILS



DATAMATRIX CODE AT APPROX 4,5° OFFSET FROM CENTRELINE OF "C" PIN (TOWARDS "W" PIN)

FORMAT (28 CHARACTERS)
CO_XXXXXXXX2112B3000YYMMDDXX

GAS TYPE (4 CHARACTERS) SERIAL NO. PART NO. DATE CODE SENSITIVITY

DataMatrix Format: 28 CHARACTERS

Data contained in Data Matrix code: 28 character encrypted number with gas type, sensor serial number, part number, date code (YYMMDD) and sensitivity in nA/ppm.

Scanning recommendations: In order to achieve a reliable read rate, the installation of a fixed scanning device is recommended, such as a fixed scanner from www.datalogic.com. The scanner should be set to dot matrix. A white ring light should be positioned above the cell to be scanned in preference to the scanners in-built light source. A hand held scanner can be used but a reduction in read rate may be experienced.

Encryption and software licence: Data contained in the Data Matrix code is encrypted. Encryption software and user licence are required to convert the data.



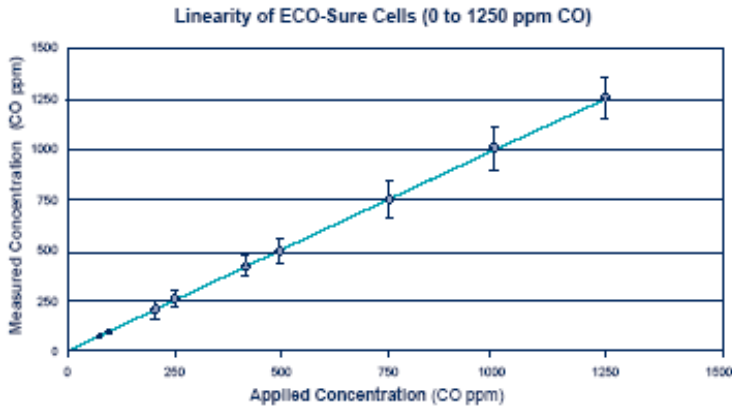
EURO-GAS MANAGEMENT SERVICES LTD, CHURSTON HOUSE,
BASCOMBE ROAD, CHURSTON FERRERS, DEVON, TQ5 0JJ, UK

☎: +44 (0)1803 844414 Fax: +44 (0)1803 844224

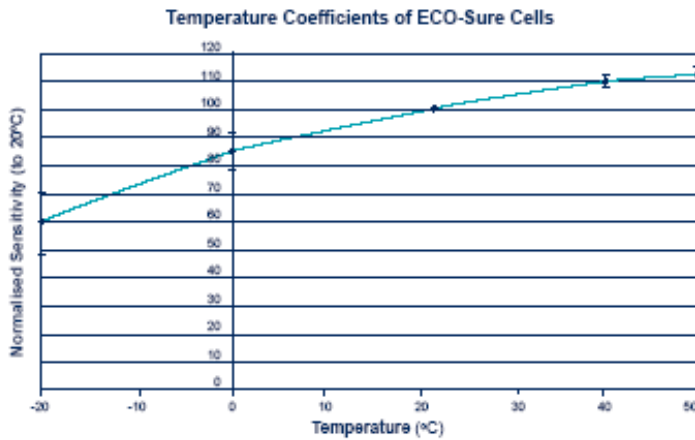
euro-gas@btconnect.com www.euro-gasman.com

EURO-GAS
MANAGEMENT SERVICES LTD

ECO-Sure (2e) SENSOR



Note: Temperature coefficients and cross-sensitivity are not verified under the UL component recognition programme



POISONING

Gas sensors are designed for operation in a wide range of environments and harsh conditions. However, it is important that exposure to high concentration of solvent vapours is avoided, during storage, fitting into instruments and in operation.

When using sensors with printed circuit boards (pcbs), degreasing agents should be used before the sensor is fitted. Do not glue directly on or near the sensor, as the solvent may cause crazing of the plastic.



EURO-GAS MANAGEMENT SERVICES LTD, CHURSTON HOUSE,
BASCOMBE ROAD, CHURSTON FERRERS, DEVON, TQ5 0JJ, UK

☎: +44 (0)1803 844414 Fax: +44 (0)1803 844224

euro-gas@btconnect.com

www.euro-gasman.com

EURO-GAS
MANAGEMENT SERVICES LTD

ECO-Sure (2e) SENSOR

CROSS SENSITIVITY

Whilst the ECO-Sure is designed to be highly specific to the gas it is intended to measure, it will still respond to some degree to various gases. The table below is not exclusive and other gases not included in the table may still cause a sensor to react.

The cross-sensitivity values quoted are based on tests conducted on a small number of sensors. They are intended to indicate sensor response to gases other than the target gas. Sensors may behave differently with changes in ambient conditions and any batch may show significant variation from the values quoted.

The figures in this table are typical values and should not be used as a basis for cross calibration. Cross sensitivities may not be linear and should not be scaled. For some cross interference, break through will occur if gas is applied for a longer time period.

| Gas | Concentration Used (ppm) | Exposure Time (mins) | Reading (ppm CO) |
|--|--------------------------|----------------------|------------------|
| Carbon Monoxide CO | 100 | 5 | 100 |
| Hydrogen Sulphide H ₂ S | 25 | 5 | 0 |
| Sulphur Dioxide SO ₂ | 50 | 600 | <0.5 |
| Nitrogen Dioxide NO ₂ | 50 | 900 | -1 |
| Nitric Oxide NO | 50 | 5 | 8 |
| Chlorine Cl ₂ | 2 | 5 | 0 |
| Hydrogen H ₂ | 100 | 5 | 20 |
| Carbon Dioxide CO ₂ | 5000 | 5 | 0 |
| Ammonia NH ₃ | 100 | 5 | 0 |
| Ethanol C ₂ H ₅ OH | 2000 | 30 | 5 |
| Iso-Propanol | 200 | 120 | 0 |
| Acetone | 1000 | 5 | 0 |
| Acetylene | 40 | 5 | 80 |



ECO-Sure (2e) SENSOR

OPTIONS & ACCESSORIES

- **ECO-Sure (2e) CO sensor with 4-20mA transmitter** (with TÜV approval according to VDI 2053 systems).
Part no: 2112B1005. Standard measuring range: 0-300ppm.
Optional measuring range: 0-500ppm.
- **Installation kit.** Part no: 2112B1022.
- **Test/calibration gas cap.** Part no: 2112B1010.
- **Gas Measuring System.** ECO-Sure sensor, 4-20mA transmitter and installation kit provided as a complete unit in aluminium housing.
Part no: 2112B1013.

Figure 2. Gas Measuring System

ECO-Sure sensor with 4-20mA transmitter and installation kit, provided as a complete unit, fitted into aluminium housing.
Part no. 2112B1013.
Standard measuring range: 0-300ppm CO.
Optional measuring range: 0-500ppm CO.

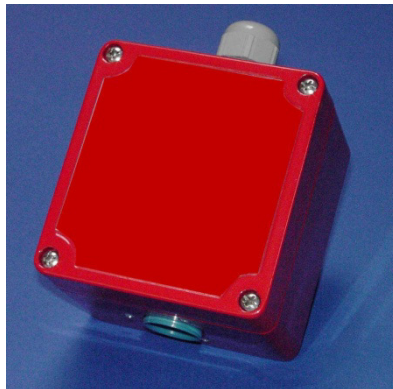


Figure 1.
ECO-Sure CO sensor + 4-20mA transmitter
Part no. 2112B1005
(with TÜV approval according to VDI 2053 systems)



Figure 3.
Test/calibration gas cap
Part no. 2112B1010

By the nature of the technology used, any sensor can potentially fail to meet specification without warning. Euro-Gas makes every effort to ensure reliability of all sensors but where life safety is a performance requirement of the product and, where practical, Euro-Gas recommends that all gas sensors and instruments using sensors are checked for response to gas before use.

The data contained in this document is believed to be accurate and reliable. The data given is for guidance only. Euro-Gas Management Services Ltd accepts no liability for any consequential losses, injury or damage resulting from the use of this datasheet or the information contained in it. Customers should test the sensors under their own conditions to ensure that the sensors are suitable for their own requirements and in accordance with the plans and circumstances of the specific project and any standards/regulations pertaining to the country in which the sensors will be utilised. Performance characteristics on this data sheet outline the performance of newly supplied sensors. Output signal can drift below the lower limit over time. This datasheet is not intended to form the basis of a contract and in the interest of product improvement, Euro-Gas reserves the right to alter design features and specifications without notice. 09/13



ANEXO B – *Datasheet* do Sensor TGS 6810

TGS 6810 - for the detection of Methane and LP Gas

Features:

- * Linear output
- * Compact size
- * Small sensitivity to alcohol
- * Sensitive to both methane and LP gas
- * Meets RoHS requirements

The **TGS6810** catalytic type gas sensor, which can detect both methane and LP gas, has been developed for residential gas detection. Combining Figaro's extensive experience in catalyst materials technology with its advanced micro fabrication technology, Figaro can produce the most advanced compact catalytic sensors whose durability, stability, quick response, and linear output make them ideal for detecting many combustible gases.

As the sensor possesses an adsorbent inside its sensor cap, its cross sensitivity to alcohol is much smaller than traditional catalytic type sensors. In addition, TGS6810 is more durable against silicone compounds than traditional catalytic type sensors.

Applications:

- * Residential LNG and LPG alarms
- * Detectors for LNG and LPG



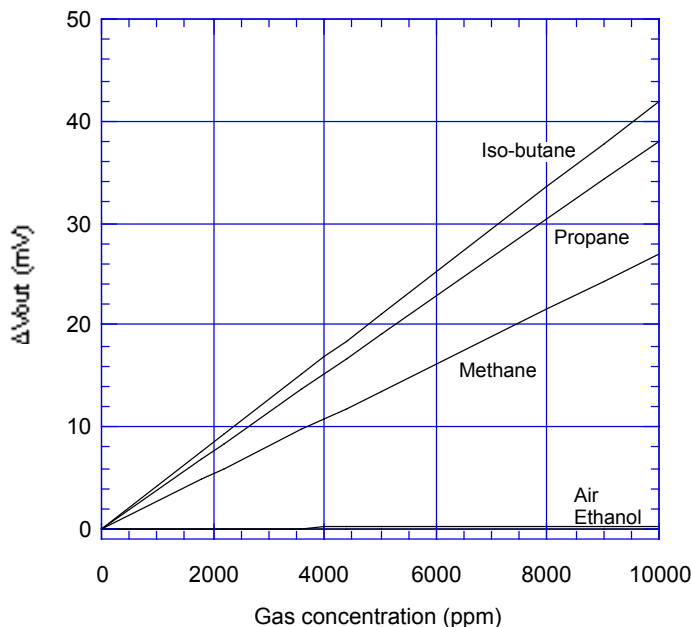
The figure below represents typical sensitivity characteristics, all data having been gathered at standard test conditions (see reverse side of this sheet). The Y-axis is indicated as sensor output sensitivity-- ΔV_{out} (mV):

$$\Delta V_{out} = V_{out} \text{ in gas} - V_{out} \text{ in air}$$

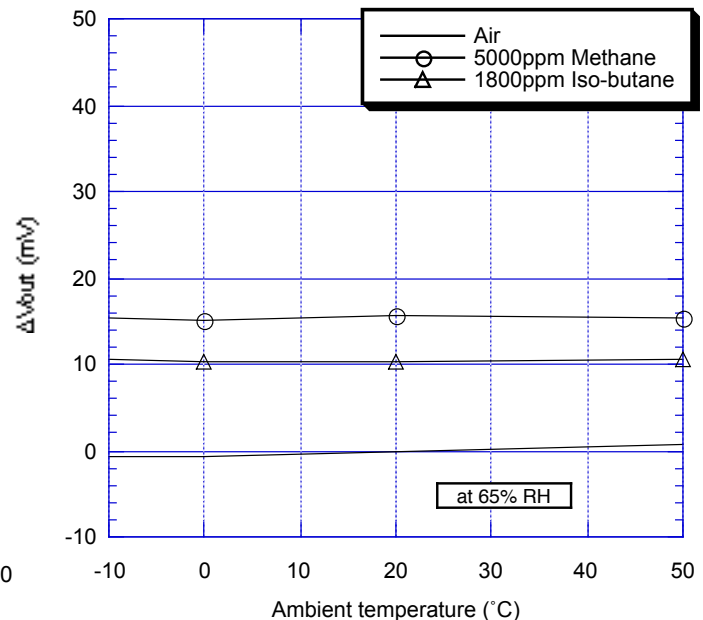
The figure below represents typical temperature dependency characteristics at 65%RH. Again, the Y-axis is indicated as sensor output sensitivity-- ΔV_{out} (mV):

$$\Delta V_{out} = V_{out} \text{ in gas} - V_{out} \text{ in air at } 20^{\circ}\text{C}$$

Sensitivity Characteristics:



Temperature Dependency:

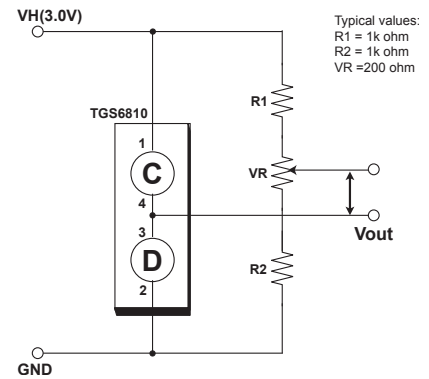


IMPORTANT NOTE: OPERATING CONDITIONS IN WHICH FIGARO SENSORS ARE USED WILL VARY WITH EACH CUSTOMER'S SPECIFIC APPLICATIONS. FIGARO STRONGLY RECOMMENDS CONSULTING OUR TECHNICAL STAFF BEFORE DEPLOYING FIGARO SENSORS IN YOUR APPLICATION AND, IN PARTICULAR, WHEN CUSTOMER'S TARGET GASES ARE NOT LISTED HEREIN. FIGARO CANNOT ASSUME ANY RESPONSIBILITY FOR ANY USE OF ITS SENSORS IN A PRODUCT OR APPLICATION FOR WHICH SENSOR HAS NOT BEEN SPECIFICALLY TESTED BY FIGARO.

Basic Measuring Circuit:

The TGS6810 is comprised of two elements: 1) element (D) which is sensitive to combustible gases and 2) a reference element (C) which is not sensitive to combustible gases. These elements are installed into a "Wheatstone Bridge". A variable resistor should be adjusted so that the bridge will produce a stable baseline signal when in an environment free of combustible

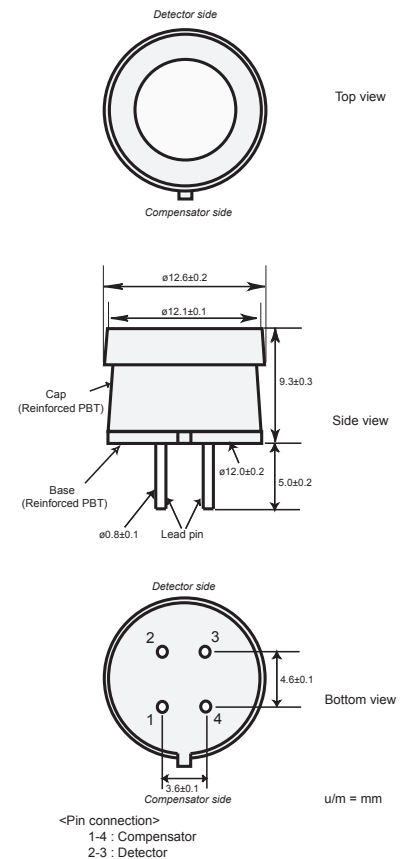
gases. When combustible gases are present, they will be combusted on the detecting element, causing its temperature to rise. Accordingly the resistance of this element will increase. This results in an "out-of-balance" signal across the bridge and a corresponding change in output voltage which can be measured.



Specifications

| | | | | |
|---|---------------------------------|--|--------------------|--|
| Model number | | TGS 6810 | | |
| Sensing element type | | Catalytic | | |
| Target gases | | Methane, propane, iso-butane | | |
| Typical detection range | | 0~100%LEL of each gas | | |
| Standard circuit conditions | Operating voltage | 3.0±0.1V AC/DC | | |
| Electrical characteristics under standard test conditions | Heater current | 175mA (typical) | | |
| | Heater power consumption | 525mW (typical) | | |
| | Zero offset | -15 ~ +55mV | | |
| | Output sensitivity (ΔVout) | methane | 13~23mV in 5000ppm | |
| | | iso-butane | 6~14mV in 1800ppm | |
| Response time (T90) | ≤15 sec. | | | |
| Standard test conditions | Test gas conditions | Methane/iso-butane in air at 20±2°C, 65±5%RH | | |
| | Circuit conditions | 3.0±0.05V AC/DC | | |
| | Conditioning period before test | ≤30 sec. | | |
| Operating conditions | | -10°C~+50°C, ≤95%RH (w/o dew condensation) | | |
| Storage conditions | | -10°C~+60°C, ≤95%RH (w/o dew condensation) | | |

Structure and Dimensions:



For information on warranty, please refer to Standard Terms and Conditions of Sale of Figaro USA Inc. All sensor characteristics shown in this brochure represent typical characteristics. Actual characteristics vary from sensor to sensor. The only characteristics warranted are those in the Specification table above.

FIGARO USA, INC.

121 S., Wilke Rd. Suite 300
Arlington Heights, Illinois 60005
Phone: (847)-832-1701
Fax: (847)-832-1705
email: figarousa@figarosensor.com

ANEXO C – Certificado da Garrafa de CO a 200ppm

Certificate of Analysis

Air Products PLC
 Hersham Place Technology Park
 Molesey Road
 WALTON-ON-THAMES
 Surrey
 KT12 4RZ
 UNITED KINGDOM
 Date Printed: 12 FEB 2018

Container Type: X1.6A - 1.6L Aluminum Cylinder
 Outlet Valve Connection: 5/8" - 18 UNF
 Fill Pressure @ 15 °C: 69.0 bar-g
 Fill Pressure @ 15 °C: 70.360 kg/cm²
 Contents @ 0°C, 1013 mbar: 0.110 Nm³

| | | | |
|--|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Material 312033 Mixture of Gases | Mfg. Date 06 FEB 2018 | Analysis Date 07 FEB 2018 | Best if Used By 06 FEB 2023 |
| Batch 2492787 | | Source Location 0925 | |

| LOWER LIMIT | UPPER LIMIT | NOMINAL VALUE | ACTUAL VALUE | UNIT | EXPANDED UNCERT. | NO REPS | ANALYTICAL | | | |
|-------------|-------------|---------------|--------------|--------|------------------|---------|------------|-------|------|--------|
| | | | | | | | STD DEV | PHASE | FREQ | METHOD |
| | | 200.0 | 201.0 | ppm mo | ± 2%rel | | | B | | Ana |
| | | 20.90 | 20.87 | % mole | ± 2%rel | | | B | | Ana |
| | | | 79.1 | % mole | ± 2%rel | | | B | | Ana |

This certificate is issued electronically and is valid without a signature.

REMARKS:

Analytic Freq : I = Individual analysis, B = Batch analysis, C = Calculated value, S = Source.
 The suffix (m) in the Unit of Measure refers to mass.

The expanded uncertainty has been calculated with a coverage factor k=2.

This certificate is produced in accordance with ISO 6141.
 The results shown above are traceable to national or international standards through a rigorous preparation system in which International Reference Materials, ISO 6142 and ISO 6143 are used.

To obtain details about the applicable traceability, please contact us.

Do not use below a pressure of 3 bar (excluding product supplied at less than 10 bar).
 Maintain storage and use temperature between -10 and 50 °C.

ANEXO D – Certificado da Garrafa de CO a 5%

Certificate of Analysis

Air Products PLC
 Hersham Place Technology Park
 Molesey Road
 WALTON-ON-THAMES
 Surrey
 KT12 4RZ
 UNITED KINGDOM
 Date Printed: 31 OCT 2017

Container Type: X1.6A - 1.6L Aluminum Cylinder
 Outlet Valve Connection: 5/8" - 18 UNF
 Fill Pressure @ 15 °C: 69.0 bar-g
 Fill Pressure @ 15 °C: 70.360 kg/cm²
 Contents @ 0°C, 1013 mbar: 0.110 Nm³

| | | | |
|--|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Material 316785 Mixture of Gases | Mfg. Date 30 OCT 2017 | Analysis Date 31 OCT 2017 | Best if Used By 30 OCT 2022 |
| Batch 2447674 | | Source Location 0925 | |

| LOWER LIMIT | UPPER LIMIT | NOMINAL VALUE | ACTUAL VALUE | UNIT | EXPANDED UNCERT. | NO REPS STD DEV | ANALYTICAL | | |
|-------------|-------------|---------------|--------------|--------|------------------|--------------------|------------|------|--------|
| | | | | | | | PHASE | FREQ | METHOD |
| | | 5.00 | 5.06 | % mole | ± 2%rel | | B | | Ana |
| | | 20.90 | 20.95 | % mole | ± 2%rel | | B | | Ana |
| | | | 74.0 | % mole | ± 2%rel | | B | | Ana |

This certificate is issued electronically and is valid without a signature.

REMARKS:

Analytic Freq : I = Individual analysis, B = Batch analysis, C = Calculated value, S = Source.
 The suffix (m) in the Unit of Measure refers to mass.

The expanded uncertainty has been calculated with a coverage factor k=2.

This certificate is produced in accordance with ISO 6141.

The results shown above are traceable to national or international standards through a rigorous preparation system in which International Reference Materials, ISO 6142 and ISO 6143 are used.

To obtain details about the applicable traceability, please contact us.

Do not use below a pressure of 3 bar (excluding product supplied at less than 10 bar).
 Maintain storage and use temperature between -10 and 50 °C.

ANEXO E – Manual de utilizador do NB-983CO

INSTALLING THE BASE OF DETECTOR

- (1) All the wires in the base compartment should be flattened and are not touched to any connectors to ensure that the detector head be smoothly fastened to the base.
- (2) When using the jump wires to check the connectivity for each gas detector in the circuit loop (e.g. connecting point 2 and point 3 with a jump wire as shown in Figure 3), be sure to remove all the jump wires before attaching the detector head onto the base.
- (3) Be sure that the components used in the circuit loop as shown in Figure 3 should be coupled up with those components used in the transceiver circuitry of the control panel.
- (4) The base is allowed to be installed within an available wiring box including octagon box (3", 3.5", or 4"), circular box (3") and rectangular box (4" long), without using any other additional mechanical adapters.

INSTALLING THE DETECTOR HEAD

- (1) Align up the position of head to the base, see Figure 4.
- (2) Screw the detector head into the base in clockwise direction.

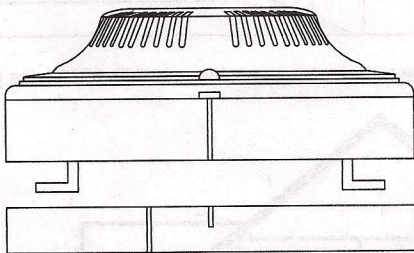


Figure 4 Alignment of detector head and its base

MAINTENANCE OF GAS DETECTORS

A gas detector constantly monitors any gas leaks under its normal operational conditions. The following maintenance procedures for gas detectors will assure its desired performance:

- (1) Use a vacuum cleaner to clean the dust around the vent holes of gas detector cover.
- (2) Carry out a regular or weekly test of gas detectors.

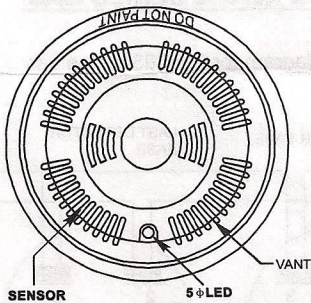


Figure 5 Front cover of detector head

TYPES FOR DETECTOR SIGNALING

The gas detector has to be warmed up for at least 10 minutes after being energized, then the test procedure can be followed. There are three types of detector signaling:

- (1) Green LED light indicates the detector in the normal monitoring condition.

- (2) When the gas leak is detected, green LED light will change into flashing of red LED light, as accompanying the alarm sounds.
- (3) If the detector is not in normal operation, the buzzer will sound once every minute to indicate that the malfunction is detected by the built-in self-monitoring circuitry.

ACTIONS TO BE TAKEN WHEN ALARM OCCURS

We should take the following actions immediately when alarm occur:

- (1) Turn off the valves of gas burners or gas tanks.
- (2) Slowly open windows. Do not open windows too fast or the possible sparking may occur.
- (3) Do not use an electrical fan or an air ventilator to disperse the leaked gas. Instead you can disperse the leaked gas by stirring a hand fan.
- (4) Avoid anything involved with any source that may incur fire. Do not turn on electrical light or strike a match to prevent any potential explosion.
- (5) If any gas leak is found or detected, use duct tape or wet cloth to wrap the leaking pipes to reduce or stop ongoing gas leak.
- (6) Inform the Gas Company or your gaseous fuel supplier. You may report to the fire department about the accident as well.

Specifications

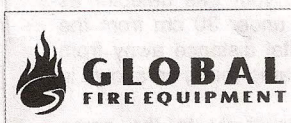
| Model | Gas Monitored | Operating Voltage | Min Gas Level for Alarming | Alarm Sounds | Operating Temp. (°C) | Power Consumption | Output Voltage |
|---------|---------------|--|----------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------|---|
| NB-983N | Natural Gas | 24 V _{dc} or 12 V _{dc} | Less than 1/4 LEL | > 70 dB with Auto-reset | -10°C ~ 50°C | 2 W | With Relay Output (Dry connection output) |
| NB-983L | Liquefied Gas | 24 V _{dc} or 12 V _{dc} | Less than 1/4 LEL | > 70 dB with Auto-reset | -10°C ~ 50°C | 2 W | With Relay Output (Dry connection output) |

WARNING AND LIMITATION

Note that NB-983 series gas detector is not supposed to be used as smoke detector or fire alarm. In addition, this detector should not be installed in a "danger area" as defined by National Electrical Code. A gas detector will operate normally under regular power supply, therefore, it will not perform at any situation when power outage occurs.

WARRANTY INFORMATION

Under the normal operation conditions, the manufacturer provides five-year warranty for the sensor head of gas detector and one-year warranty for other parts for repairing without charge. Part and labor charge will be required after the warranty is expired.



GLOBAL FIRE EQUIPMENT S.A.
MARF – Armazéns F3 and F4, Cx. Postal 1-M
Sítio do Guelhim, Estoi 8009-021 FARO
PORTUGAL

ANEXO G – Manual de utilizador do NB-983LPG

INSTALLING THE BASE OF DETECTOR

- (1) All the wires in the base compartment should be flattened and are not touched to any connectors to ensure that the detector head be smoothly fastened to the base.
- (2) When using the jump wires to check the connectivity for each gas detector in the circuit loop (e.g. connecting point 2 and point 3 with a jump wire as shown in Figure 3), be sure to remove all the jump wires before attaching the detector head onto the base.
- (3) Be sure that the components used in the circuit loop as shown in Figure 3 should be coupled up with those components used in the transceiver circuitry of the control panel.
- (4) The base is allowed to be installed within an available wiring box including octagon box (3", 3.5", or 4"), circular box (3") and rectangular box (4" long), without using any other additional mechanical adapters.

INSTALLING THE DETECTOR HEAD

- (1) Align up the position of head to the base, see Figure 3.
- (2) Screw the detector head into the base in clockwise direction.

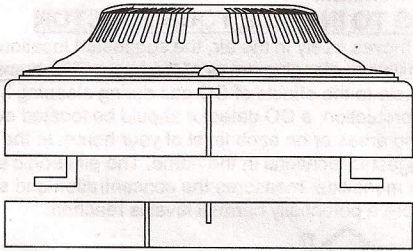


Figure 3 Alignment of detector head and its base

MAINTENANCE OF CARBON MONOXIDE DETECTORS

A CO detector constantly monitors any carbon monoxide under its normal operational conditions. The following maintenance procedures for gas detectors will assure its desired performance:

- (1) Use a vacuum cleaner to clean the dust around the vent holes of gas detector cover.
- (2) Carry out a regular or weekly test of gas detectors.

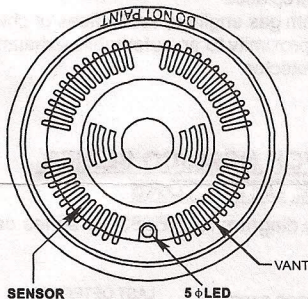


Figure 4 Front cover of detector head

TYPES FOR DETECTOR SIGNALING

The carbon monoxide detector has to be warmed up for at least 10 minutes after being energized, then the test procedure can be followed. There are four types of detector signaling:

- (1) During detector warms up, Green LED will flash.
- (2) Green LED light straight indicates the detector in the normal monitoring condition.
- (3) When the carbon monoxide is detected, the light will change into flashing of red LED light, as accompanying the alarm sounds.
- (4) If the detector is not in normal operation, the buzzer will sound once every minute to indicate that the malfunction is detected by the built-in self-monitoring circuitry.

ACTIONS TO TAKE WHEN ALARM SOUNDING

In case of harmful levels of CO gas being detected, your detector will go into a continuous full alarm. Try to take the following necessary actions immediately:

- (a) If there is anyone experiencing the effects of carbon monoxide poisoning such as headache, dizziness, nausea or other flu-like symptoms, call your fire department right away or 911. You should evacuate all the people in the premises immediately. Do a head count to check that everybody is accounted for.
- (b) Do not re-enter the premises until the problem has been corrected and the CO gas has been dispersed out and a safe level is reached.
- (c) If no symptoms exist, Immediately ventilate the home by opening windows and doors. Turn off fuel burning appliances and call a qualified technician or your utility company to inspect and repair your problem before restarting appliances.

WARNING: Normally an activation of the detector indicates the presence of CO gas. However, the CO gas can be extremely fatal, if it is not detected. The source of the CO gas may come from several possible situations, please refer to the list of sources of carbon monoxide in page 1.

CAUTION: This detector will only indicate the presence of CO gas at the sensor. However, you have to be aware that the CO gas may be present in other areas in the premises.

ACTIONS TO TAKE AFTER THE PROBLEM BEING CORRECTED

Once the problem about the CO gas presence in the premises has been corrected, the alarm of the detector should be off. After waiting for 10 minutes, push the Test button to test the detector so that you can make sure that the detector is working properly again

SPECIFICATION:

| | |
|--------------------|--|
| Gas Monitored | CO |
| Operating Voltage | 12Vdc or 24Vdc |
| Sensitivity | 100ppm within 90 minutes 200ppm within 35 minutes 400ppm within 15 minutes |
| Alarm Sounds | 75dB |
| Operating Temp(°C) | 0°C~40°C |
| Power Consumption | 3W |
| Output Voltage | With Relay Output (Dry connection output) |

WARNING AND LIMITATION

Note that NB983CO series CO detector is not supposed to be used as smoke detector or fire alarm. In addition, this detector should not be installed in a "danger-area" as defined by National Electrical Code. A CO detector will operate normally under regular power supply, therefore, it will not perform at any situation when power outage occurs.

WARRANTY INFORMATION

Under the normal operation conditions, the manufacturer provides five-year warranty for the sensor head of gas detector and one-year warranty for other parts for repairing without charge. Part and labor charge will be required after the warranty is expired.



GLOBAL FIRE EQUIPMENT S.A.
MARF – Armazéns F3 and F4, Cx. Postal 1-M
Sítio do Guelhim, Estoi 8009-021 FARO PORTUGAL