



David Manuel
Martins Pereira

Sistema distribuído para máquina de *vending* de gás



**David Manuel
Martins Pereira**

Sistema distribuído para máquina de *vending* de gás

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Automação Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Paulo Bacelar Reis Pedreiras, Professor Auxiliar Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro e sob coorientação do Doutor Valter Filipe Miranda Castelão da Silva, Professor Adjunto Escola Superior Tecnologia e Gestão de Águeda.

o júri / the jury

presidente / president

Professor Doutor Miguel Armando Riem de Oliveira

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

vogais / committee

Professor Doutor Frederico Miguel do Céu Marques dos Santos

Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (arguente)

Professor Doutor Valter Filipe Miranda Castelão da Silva

Professor Adjunto da Escola Superior Tecnologia e Gestão de Águeda da Universidade de Aveiro (coorientador)

agradecimentos / acknowledgements

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus orientadores. O professor Doutor Valter Silva e professor Doutor Paulo Pedreiras, pela paciência, disponibilidade demonstrada, partilha de conhecimento ao longo de todo o trabalho, e motivação que transmitiram revelando-se fundamental para conseguir superar dificuldades encontradas. Pelo excelente trabalho que fizeram, para entender as dificuldades dos seus alunos, e arranjar estratégias para as superar. Conhecimentos, que se revelaram fundamentais no desenvolvimento deste trabalho. Quero agradecer ao Engenheiro Jorge Melo, pela ajuda do desenvolvimento e discussão de todo o projeto, também de salientar os parceiros de projeto Diogo Santos e Daniel Marques que foram peças importantes para este projeto chegasse a bom porto. Quero agradecer aos amigos da ESTGA, pelo apoio que sempre me deram ao longo destes anos! Em especial ao Engenheiro Mauro Antunes, Bruno Rocha, Rui Resende e João Canas, pelas incontáveis vezes que trabalhámos juntos, em todos os projetos em que já participámos. Com a partilha de conhecimento, sempre foi possível superar imensas dificuldades ao longo destes anos. À minha família em especial a minha esposa e país, pela disponibilidade em apoiar e discutir ideias, que ajudaram a melhorar o trabalho desenvolvido. Agradeço também aos meus amigos, que sempre se mostraram dispostos em falar sobre o progresso da dissertação. Agradeço também, à malta do MEAI e do DEM, que sempre se mostraram disponíveis para ajudar e partilhar conhecimento.

palavras-chave

Máquinas de *Vending*, WiFi, Rasper Pi, Esp8266, Arduino, Gás engarrafado

resumo

O mercado de vendas de garrafas de gás tem diminuído ao longo dos últimos anos, muito devido ao preço e porque também nas cidades se opta maioritariamente pelo gás canalizado (gás natural), contudo tanto o Governo Português como as empresas têm tentado arranjar formas de reduzir os custos do gás engarrafado. A presente dissertação aborda a eletrificação de uma máquina de venda de garrafas de gás. Pretende-se desenvolver um sistema que permita ao utilizador comprar uma garrafa de gás a qualquer hora do dia e durante todo o ano. Assim sendo deixará de haver a necessidade de um operador para fornecer a garrafa de gás e um controlo de *stock* mais pormenorizado levando assim a uma redução de custos.

keywords

Vending Machine, WiFi, Raspberi Pi, Esp8266, Arduino, Bottle Gas

abstract

The gas bottle market sales has been declining over the last few years, largely due to price and because cities are also opting mainly for piped gas (natural gas), however both the Portuguese Government and companies have tried to find ways to reduce the costs of bottled gas. This dissertation deals with the electrification of a gas bottle vending machine. It is intended to develop a system that allows the user to buy a gas bottle at any time of the day and throughout the year. Therefore, there will no longer be a need for an operator to supply the gas cylinder and more detailed stock control leading to cost savings.

Conteúdo

Conteúdo	i
Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas	vii
Acrónimos	ix
1 Introdução	1
1.1 Organização da Dissertação	4
2 Estado da Arte	5
2.1 Um pouco de história das Máquinas de <i>Vending</i>	5
2.1.1 Máquinas de <i>Vending</i> Inteligentes (MVI)	6
2.1.2 Máquinas de <i>Vending</i> de garrafas de gás	8
2.2 Mercado de gás em Portugal	11
3 Solução proposta de desenvolvimento	13
3.1 O problema	13
3.2 Fase 1	17
3.3 Fase 2 mantendo MV com multimarcas	22
3.4 Fase 3 com MV sem multimarcas	26
3.5 Fase 4 (versão final)	29
4 Hardware	33
4.1 Componentes comuns a todas as fases	33
4.2 <i>Hardware</i> da fase 1	38
4.2.1 Módulo cacifo fase 1	39
4.3 <i>Hardware</i> da fase 2	44
4.3.1 Módulo cacifo fase 2	45
4.4 <i>Hardware</i> da fase 3	59

4.4.1	Módulo cacifo fase 3	60
4.5	<i>Hardware</i> da fase 4	64
5	<i>Software</i>, processo de comunicação	69
5.1	Comunicação componentes comuns a todas as fases	70
5.2	<i>Software</i> da fase 1	73
5.3	<i>Software</i> da fase 2	78
5.4	<i>Software</i> da fase 3	82
5.5	<i>Software</i> da fase 4	85
6	Plano de montagem	89
6.1	Plano de montagem da fase 2	89
6.2	Plano de montagem da fase 4	93
7	Conclusões e trabalho futuro	99
	Bibliografia	101
A	Esquemas elétricos das placas	105
B	Exemplos dos ecrãs do HMI	109
C	Fotos da montagem da MV	115

Lista de Figuras

1.1	Princípio de Funcionamento MV	3
2.1	MV tradicional, imagem retirada de [5]	5
2.2	Máquina de <i>Vending</i> Inteligente (imagem retirada de [8])	6
2.3	Princípio de Funcionamento MVI, imagem retirada de [8]	7
2.4	MV da Coca-Cola Freestyle[9]	8
2.5	MV da marca SIRIGA multimarcas	9
2.6	MV da marca SIRIGA de uma só marca	9
2.7	MV da marca ABURI.	9
3.1	Armazenamento de garrafas de gás tradicional	13
3.2	Diagrama temporal de compra de garrafa de gás	15
3.3	Diagrama do processo de troca de uma garrafa de gás	16
3.4	Diagrama temporal das alterações ao processo da construção da MV	17
3.5	Ideia 1 do design para uma MV de 20 garrafas	18
3.6	Ideia 1 do design para uma MV de 20 garrafas em outra disposição	18
3.7	Ideia 2 do design para uma MV de 20 garrafas	19
3.8	Ideia 2 do design para uma MV de 20 garrafas em outra disposição	19
3.9	Diagrama de blocos da arquitetura do MC fase 1	20
3.10	Diagrama de blocos da arquitetura do MA10 fase 1	20
3.11	Diagrama da segurança do sensor da porta	21
3.12	Disposição dos sensores numa gaveta	22
3.13	Design da MV da fase 2 com 10 garrafas de gás	24
3.14	Design da MV da fase 2 com 20 garrafas de gás	24
3.15	Diagrama de blocos da arquitetura MV da fase 2 para 20 garrafas de gás	25
3.16	Design da MV terceira fase com 10 garrafas de gás	28
3.17	Localização dos sensores infravermelhos	28
3.18	Diagrama de blocos da arquitetura da MV da fase 3	29
3.19	Diagrama de blocos da arquitetura da fase 4 da MV	30

4.1	Trinco escolhido da marca KERONG modelo KR-S99	35
4.2	Sinal da tensão e corrente consumida pelo trinco usando fonte de alimentação durante 1 segundo	35
4.3	Sinal da tensão e corrente consumida pelo trinco usando fonte de alimentação durante 20 segundos	36
4.4	Sinal da tensão e corrente consumida pelo trinco usando bateria durante 1 segundos	36
4.5	Sinal da tensão e corrente consumida pelo trinco usando bateria durante 20 segundos	37
4.6	Esquema elétrico de deteção de falta de energia	38
4.7	Diagrama de interligação do MC da fase 1	39
4.8	Diagrama de funcionamento do protocolo I2C([25])	40
4.9	<i>Slave address</i> para escrita([24])	40
4.10	Esquema elétrico do amplificador I2C[27]	41
4.11	Componentes usados no MA10	42
4.12	Localização das PCB na fase1	44
4.13	Desenvolvimento mecânico da balança com 2 sensores de carga	46
4.14	Esquema elétrico de um sensor de carga	47
4.15	Zona da colocação da garrafa de gás no ensaio com 2 sensores de carga	47
4.16	Diagrama temporal da leitura de dados do ensaio balança com 2 sensores de carga	48
4.17	Resultados do ensaio com balança com 2 sensores de carga	48
4.18	Resultados de vários ensaios com balança com 2 sensores de carga	49
4.19	Esquema de balança com 4 células de carga	50
4.20	Balança desenvolvida	51
4.21	Resultados do ensaio balança com 4 sensores de carga	51
4.22	Resultados do ensaio balança com 4 sensores de carga com diferentes pesos	52
4.23	Resultados do ensaio balança com diferentes pesos sensor 1	53
4.24	Resultados do ensaio balança com diferentes pesos sensor 2	53
4.25	Resultados do ensaio balança com diferentes pesos sensor 3	54
4.26	Resultados do ensaio balança com diferentes pesos sensor 4	54
4.27	Interligação dos componentes na fase 2	57
4.28	Localização das placas na fase 2	59
4.29	Circuito de deteção de recetor infravermelho	60
4.30	interligação dos componentes na fase 3	62
4.31	Localização das PCB na fase 4	65
4.32	Interligação dos componentes na fase 4	66

5.1	Fluxograma da MV	69
5.2	Fluxograma dos ecrãs do HMI	71
5.3	Fluxograma do MA10 da fase1	73
5.4	Formato da trama entre o RASP e a ESP do MC na fase 1	75
5.5	Formato da trama entre a ESP e o RASP do MC na fase 1	77
5.6	Formato da trama entre RASP e o Arduino na fase 2	79
5.7	Formato da trama entre o Arduino e o RASP na fase 2	80
5.8	Fluxograma do <i>software</i> para todas as versões da fase 3	82
5.9	Formato da trama entre o Arduino e o RASP na fase 3	84
5.10	Formato da trama entre o Arduino e o RASP na fase 4	87
6.1	Diagrama de montagem de componentes da fase 2	90
6.2	Diagrama de entrada e saída de cabos na placa principal fase 2	91
6.3	Diagrama de entrada e saída de cabos na placa módulo cacifo fase 2	91
6.4	Diagrama de ligações elétricas das placas do módulo cacifo fase 2	92
6.5	Ecrã do HMI onde se visualiza o estados dos sensores da fase 2	93
6.6	Diagrama de montagem de componentes elétricos da fase 4	94
6.7	Diagrama de entrada e saída de cabos na placa principal fase 4	95
6.8	Diagrama de entrada e saída de cabos na placa módulo cacifo fase 4	95
6.9	Diagrama de ligações elétricas das placas do módulo cacifo fase 4	96
6.10	Ecrã do HMI onde se visualiza o estados dos sensores da fase 4	97
A.1	Esquema elétrico da placa módulo cacifo fase 2	105
A.2	Esquema elétrico da placa principal da fase 2 e 3	106
A.3	Esquema elétrico da placa módulo cacifo fase 3	106
A.4	Esquema elétrico da placa principal da fase 4	107
A.5	Esquema elétrico da placa módulo cacifo fase 4	108

Lista de Tabelas

2.1	Vantagens e desvantagens das MV de garrafas de gás.	10
3.1	Alterações da fase 1 para a fase 2.	23
3.2	Alterações da fase 2 para a fase 3	27
3.3	Alterações da fase inicial (fase 1) para a fase final (fase 4)	31
4.1	Custo do material fase 1	43
4.2	Valor médio dos resultados dos ensaios balança com 4 sensores de carga. . .	52
4.3	Variação em percentagem face ao valor médio das 4	55
4.4	Variação do ganho do sensor de carga 1 e correção do efeito	55
4.5	Custo do material fase 2	58
4.6	Ensaio de validação dos infravermelhos	61
4.7	Custo do material fase 3	63
4.8	Consumo elétrico dos componentes de maior relevância	67
4.9	Custo do material fase 4	68
5.1	Trama entre o HMI e RASP	71
5.2	Campos da trama entre HMI e RASP e seu significado	72
5.3	Resumo de conjunto de mensagens entre o RASP e HMI	72
5.4	Registo de <i>bytes</i> de controlo do RASP para ESP do MC	74
5.5	<i>Bytes</i> de comunicação do RASP para ESP do MC e seu significado	74
5.6	Registo de <i>bytes</i> de controlo da ESP do MC para o RASP	75
5.7	Significado dos <i>bytes</i> de controlo da ESP do MC para o RASP	76
5.8	Exemplo de mensagens existentes entre o RASP e a ESP do MC	77
5.9	<i>Bytes</i> de controlo do RASP para Arduino fase 2	78
5.10	Trama entre RASP e Arduino e seu significado da fase 2	79
5.11	Trama entre Arduino e RASP na fase 2	79
5.12	Trama e significado de Arduino para o RASP na fase 2	80
5.13	Conjunto de mensagens existentes entre o RASP e o Arduino na fase 2	81

5.14	Trama entre Arduino e RASP na fase 3	83
5.15	Significado dos caracteres da trama entre o Arduino e o RASP na fase 3 . . .	83
5.16	Mensagens existentes entre o RASP e o Arduino na fase 3	84
5.17	Trama do RASP para Arduino e seu significado da fase 4	85
5.18	Trama entre o Arduino e o RASP na fase 4	86
5.19	Trama do Arduino para o RASP e seu significado da fase 4	86
5.20	Mensagens existentes entre o RASP e o Arduino na fase 4	87

Acrónimos

MV - Máquina de *Vending*

MVI - Máquina de *Vending* Inteligente

MC - Módulo central

MA10 - Módulos de armazenamento de 10 garrafas

RASP - Raspberry pi 3

Esp - Módulo WiFi ESP8266 D1 Mini Wemos

GN - Gás Natural

PCP - Partido Comunista Português

ENMC - Entidade Nacional para o Mercado de Combustíveis

Capítulo 1

Introdução

Em Portugal, mais de dois terços dos alojamentos familiares utilizam gás engarrafado, no entanto o mercado tem vindo a diminuir, muito provavelmente devido ao elevado custo em comparação com o gás natural (GN).

Para colmatar estas diferenças o governo português tem criado algumas leis para facilitar o acesso ao gás engarrafado. Uma das alterações que mais impacto teve em 2018 foi a obrigatoriedade da comercialização de gás engarrafado nos postos de combustíveis bem como a possibilidade de trocar qualquer garrafa de gás independentemente da marca [1], podendo assim as famílias pouparem algum dinheiro na deslocação no ato da compra da garrafa de gás.

Hoje em dia para além dos postos de combustíveis também se vende gás engarrafado nos supermercados, hipermercados e em casas particulares. Em todos estes postos de venda verifica-se a necessidade do uso de uma pessoa para efetuar a troca da garrafa de gás, visto que todo o processo de entrega e armazenamento das garrafas de gás é muito rudimentar, contudo, este não é o único problema existente, o facto dos clientes serem obrigados a deslocarem-se a qualquer um destes pontos de venda nas horas de trabalho das mesmas.

Além disso segundo a DECO nunca se consegue consumir todo o gás duma garrafa, provocando assim um desperdício. O utilizador paga a totalidade da garrafa e não vê devolvido o montante correspondente ao gás que deixou na garrafa entregue, proporcionando assim um ainda maior enriquecimento das companhias de gás. Os dados obtidos pela DECO revelam que existe uma perda de aproximadamente 300g (2,3% numa garrafa de 13Kg) de gás por garrafa, quando esta é utilizada em fogões. Caso uma garrafa de gás seja usada só para o esquentador ou caldeira, então o desperdício poderá chegar aos 3Kg (23,07% numa garrafa de 13Kg) [2]. Para fazer face a este problema, foram propostas em Assembleia da República medidas para a devolução do valor correspondente ao gás não consumido. Uma das medidas sugeridas, mas não aprovada, foi a criação de um vale de desconto com o valor do gás devolvido na compra de uma garrafa nova. Isto permitia às famílias uma poupança de, até 72€ por ano. Este processo não está a ser posto em prática porque o processo de pesagem do gás dentro da garrafa terá de ser regulamentado pela Entidade Nacional do Mercado de

Combustíveis [2].

Para colmatar alguns destes problemas, principalmente a diminuição no custo da logística algumas marcas a nível internacional optaram pela construção de máquinas de *vending* (MV), contudo as construções das MV dependem sempre da legislação de cada país. Em Portugal ainda não foi comercializada nenhuma MV para gás engarrafado.

Assim sendo, foi proposto por uma empresa a uma vasta equipa da Universidade de Aveiro o desenvolvimento de uma MV de gás engarrafado.

Esta MV poderá conter diversas marcas e modelos de garrafas gás, bem como o seu número poderá alterar sendo que 10 garrafas será o mínimo por máquina. O número de garrafas de gás poderá aumentar, mas terá de ser múltiplo de 10. De salientar que cada garrafa terá de ser armazenada de forma separada das outras, para evitar que quando se vá levantar uma garrafa seja plausível o furto de uma outra. Também deverá ser modular contendo dois módulos distintos, o módulo central (MC), onde está todo o processamento de dados, e o módulo de armazenamento de 10 garrafas (MA10). Cada MC poderá ter diversos MA10. Toda a comunicação destes módulos deverá ser dinâmica, isto porque após a instalação da MV poder-se-á acrescentar mais MA10 sem ter de passar cabos (além da alimentação) nem configurar.

Será desenvolvido uma aplicação para telemóvel/internet, onde o cliente terá de se registar para poder efetuar a compra e o pagamento da garrafa de gás. Nesta aplicação o cliente também terá a capacidade de visualizar os locais onde existem MV, bem como se nela existe o tipo de gás que pretende comprar. Após a compra efetuada, será gerado um QRCode novo para ser validado na MV.

Para além de a compra poder ser efetuada na aplicação, também poderá ser realizado através de um cartão pré-carregamento, onde o cliente terá de o recarregar antes de se deslocar à MV para efetuar o levantamento da garrafa de gás

Para se poder obter toda a informação de códigos válidos deverá a MV comunicar com uma base de dados, além disso todos os movimentos existentes na MV serão transferidos para a base de dados, assim podendo-se saber o *stock* de garrafas de gás. Na figura 1.1 está esquematizado a visão global do sistema da MV.



Figura 1.1: Princípio de Funcionamento MV

O desenvolvimento da máquina será composta por três equipas distintas, a equipa de design/mecânica, a equipa da informática e a equipa da parte elétrica e eletrónica da MV.

A equipa de design/mecânica é responsável pelo desenvolvimento mecânico bem como pela sua execução.

A equipa da informática é responsável pelo desenvolvimento da aplicação do telemóvel/internet bem como a criação da base de dados.

A equipa da parte elétrica e eletrónica no qual está inserida esta dissertação é responsável pela aquisição e processamento de dados, desenvolvimento e teste da eletrónico/elétrico e desenvolvimento e testes do *firmware* para a eletrónica.

Ao longo do desenvolvimento do projeto, este sofreu diversas alterações propostas pela empresa no qual se pode dividir em quatro fases.

- Fase inicial (fase 1) (máquina com as características acima descritos);
- Fase intermédia, (fase 2) (motivada pela obrigatoriedade da certificação da máquina, tendo em conta a utilização de comunicação sem fios e onde passará no máximo a ter 2 versões fixas, 1 com 10 garrafas de gás e outra com 20 garrafas de gás);
- fase intermédia com 4 versões (fase 3) (motivada pela alteração do plano de negócios, onde passará a ter 4 versões, 2 com balança e 2 com detetor de garrafa de gás);
- Fase final (fase 4) (motivada para a redução de custo, passando a ter unicamente 2 versões, onde estas só terão detetor de garrafas de gás, deixando assim de existir balanças).

1.1 Organização da Dissertação

Segue-se um breve resumo dos capítulos em que esta dissertação se encontra organizada:

Capítulo 2: Demonstração de tipos de MV e a sua história, bem como a demonstração do mercado de venda de garrafas de gás.

Capítulo 3: Explicação do problema (criação de uma MV de garrafas de gás) e uma possível solução para cada fase.

Capítulo 4: Hardware e seu desenvolvimento para as diferentes fases.

Capítulo 5: Software e seu desenvolvimento para as diferentes fases.

Capítulo 6: Plano de montagem nas diferentes fases.

Capítulo 7: Conclusões e reflexões sobre os resultados obtidos; apresentação de propostas de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Estado da Arte

2.1 Um pouco de história das Máquinas de *Vending*

As primeiras MV apareceram na Europa por volta do ano 1800, sendo que a primeira MV que utilizava o método de pagar por moedas foi introduzida na Inglaterra onde vendia postais.

Entretanto, as MV só se tornaram populares quando foram introduzidas nos Estados Unidos no final do século XIX e início do século XX. Em 1897 começou a introdução de desenhos animados nas MV para poder chamar mais a atenção do público alvo (as crianças, com a venda de gomas e rebuçados). Com um grande crescimento de popularidade as MV passaram a vender cigarros, cafés, lanches, selos entre outras coisas. Hoje tem-se muita variedade do que diz respeito aos produtos vendidos e formas de pagamentos, podendo-se pagar com notas, multibanco ou até mesmo com métodos de pagamento *on-line* (por exemplo paypal) [3][4].

Na figura 2.1 representa-se uma MV tradicional atual. Normalmente têm grande variedade de produtos à venda e aceitam diversos métodos de pagamento.



Figura 2.1: MV tradicional, imagem retirada de [5]

Apesar de muitos avanços tecnológicos estes tipos de MV tradicionais têm algumas lacunas. A forma de controlo de *stock* das MV, na maioria dos casos continua a ser muito rudimentar, levando assim a um reabastecimento periódico sem se saber o *stock* do produto. Para além disso as alterações do preço de venda dos produtos têm de ser realizadas no local.

Com o aparecimento das Máquinas de *Vending* Inteligentes (MVI) estes problemas poderão ser colmatados, bem como o aparecimento de novas formas de pagamento e até poder-se alterar dinamicamente a publicidade que muitas MV têm nas faces[6].

2.1.1 Máquinas de *Vending* Inteligentes (MVI)

As MVI estavam no número 79 da *JWT Intelligence* na sua lista de 100 coisas a serem observadas em 2014 [7]. Segundo a pesquisa de mercado da *Frost & Sullivan*, as vendas globais de MVI deviam atingir cerca de 2 milhões de unidades até 2018 e mais 3,6 milhões de unidades até 2020, com uma taxa de penetração de 20,3% [7]. Estas novas MV (figura 2.2) nasceram com o propósito de colmatar a lacuna do controlo de *stock*, contêm um grande ecrã touch, ligação à internet, câmaras e vários tipos de sensores, vários sistemas de pagamentos e uma ampla variedade de tecnologia de identificação e comunicação (NFC,RFID,WiFi,etc) [6]. Essas MV inteligentes permitem uma experiência ao utilizador mais interativa e reduzindo os custos operacionais, ao mesmo tempo em que melhoram a eficiência das operações da venda e da reposição através do controlo remoto.



Figura 2.2: Máquina de *Vending* Inteligente (imagem retirada de [8])

Na figura 2.3 esta descrito como funciona uma MVI da marca *SILKRON*. No centro da solução da *Silkron® Smart Vending* existe um *software Vendron* que contém uma estrutura baseada em *plugins*, na qual todas as funcionalidade e recursos são desenvolvidos e instalados na plataforma consoante as necessidades pedidas pelo cliente [6].

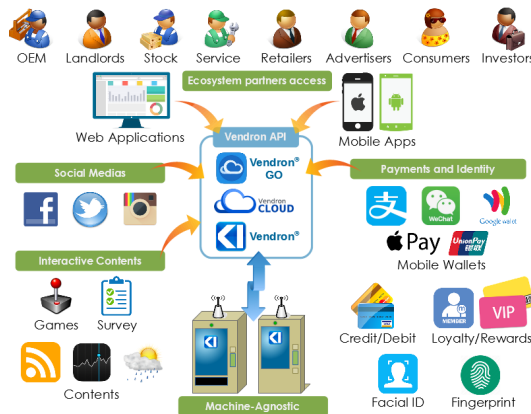


Figura 2.3: Princípio de Funcionamento MVI, imagem retirada de [8]

Estes *plugins* permitem que as MVI sejam capazes de:

Análise por vídeo – Com uma câmara e um sistema de localização incorporados na máquina, esta tem a capacidade de saber a sua localização e analisar o sexo e a faixa etária do cliente, permitindo assim a reprodução de anúncios e promover produtos.

Assinatura digital – Aumenta a receita da publicidade para as operadoras de venda, aproveitando a localização das MVI. Com uma assinatura digital os operadores das MVI podem alterar os anúncios, assim exibindo anúncios nos locais históricos ou até de concerto existente na altura.

Tipo de pagamento – Aceita pagamentos em dinheiro, cartões de débito ou crédito, pagamento pelo telemóvel, pela internet entre outros, proporcionando maior poder de escolha no método de pagamento, acabando por incentivar a venda de produtos de maior valor monetário.

Internet - Através da internet as MVI fornecem dados que facilitam o controlo do *stock* bem como a capacidade de atualizações e mudança de conteúdo das mesmas, isto é, para alterar a publicidade ou até mesmo o preço do produto basta atualizar a máquina à distância.

Existem de momento diversas marcas a utilizar MVI no mercado. Por exemplo a Coca-Cola Freestyle® (ver figura2.4) foi introduzida no mercado pela primeira vez em 2009, tendo até ao momento mais de 50 mil unidades instaladas nos Estados Unidos da América. Esta máquina para além de distribuir bebidas personalizadas pelo próprio cliente, tem um sistema dentro da máquina que regista todos os dados envolvidos em cada utilização[9].



Figura 2.4: MV da Coca-Cola Freestyle[9]

Estes dados são usados como fonte para concepção de novas bebidas pela parte da Coca-Cola, por exemplo com base nesses dados a *Sprite Cherry* foi lançada na América do Norte em 2017 como a primeira marca nacional inspirada na Coca-Cola Freestyle. Para além da personalização da própria bebida o cliente consegue ver *on-line* o local onde poderá reatestar a sua própria bebida [9].

2.1.2 Máquinas de *Vending* de garrafas de gás

A tecnologia sempre foi um fator de mudança nas sociedades. Desde o início dos tempos, tem-se tentado desenvolver maneiras mais eficientes de produzir e comercializar determinados produtos.

O mercado de gás engarrafado não é uma exceção, nos últimos anos, as empresas desenvolveram novas tecnologias principalmente para a distribuição do mesmo, isto porque a distribuição é fundamental para o gás engarrafado, onde representa um dos principais custos para as empresas.

Há muitos fatores que estão incluídos no custo das empresas em relação à distribuição de garrafas de gás. Por exemplo quando um distribuidor de garrafas de gás precisa fornecer o produto para uma determinada cidade precisa de saber:

- Quantos clientes tem;
- Qual é a quantidade de garrafas de gás vazias que precisam de ser trocadas;
- Onde eles estão;
- Quantas vezes tem de enviar o transporte para abastecer todos os clientes.

Todos esses problemas podem ser resolvidos graças à evolução da tecnologia, isto é, alguns distribuidores de garrafas de gás construíram MV específicas para resolver estes problemas.

As MV de garrafas de gás da marca SIRIGA podem seguir 2 vertentes, ou máquinas de venda de multimarcas sendo no máximo 4 (ver figura 2.5) ou de uma só marca (ver figura 2.6) [10].

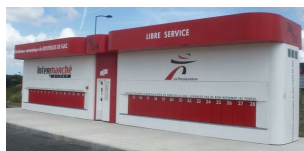


Figura 2.5: MV da marca SIRIGA multimarcas



Figura 2.6: MV da marca SIRIGA de uma só marca

MV de multimarcas têm a capacidade de reconhecer as diferentes marcas de garrafas. Este reconhecimento é efetuado através das cores das garrafas de gás. Esta máquina sendo modular obriga a que cada marca alugue o espaço de pelo menos 18 garrafas de cada vez.

No caso das máquinas de uma só marca, esta torna-se limitada a nível do número de garrafas disponíveis, tendo de ser sempre entre 18 a 48 por máquina, sendo esta modular mas sem a capacidade aumentar o número de garrafas disponível após a instalação da máquina, isto é, caso uma marca de garrafas de gás compre uma máquina destas e queira colocar apenas 18 garrafas, num futuro após a sua instalação se pretender aumentar o número de garrafas disponíveis terá que comprar outra máquina [10].

Na tabela 2.1 será descrito as vantagens e desvantagens destas máquinas de *vending*.

As MV de garrafas de gás da marca Aburi Gas Automat (ver figura 2.7) contêm algumas limitações como por exemplo, só são comercializadas garrafas de uma única marca e as garrafas tem de ter obrigatoriamente RFID para as identificar. Contudo contêm algumas vantagens, na tabela 2.1 será descrito as vantagens e desvantagem das MV desta marca [11].



Figura 2.7: MV da marca ABURI.

Marca / Modelo	Vantagens	Desvantagens
SIRIGA modelo Vendis	A- Multimarcas; B- Modular, cada modulo com 18 garrafas, levando no máximo 168 garrafas; C- Varia formas de pagamento (dinheiro e cartão de débito); D- Design específico para cada cliente; E- Controlo de <i>stock</i> .	A- Único ponto de compra num espaço de 168 garrafas; B- Reconhecimento das marcas somente pela cor.
SIRIGA modelo Distri'Gas	A- Modular (até 48 garrafas); B- Várias formas de pagamento (dinheiro e cartão de débito); C- Design customizado; D- Controlo de <i>stock</i> .	A- Um único modelo de garrafas de gás.
Aburi Gas Automat	A- sistema de cartões do cliente; B- Vários métodos de compra, com ou sem registo na plataforma; C- Garrafas de gás com RFID; D- Controlo de <i>stock</i> .	A- Só aceita garrafas da propriedade da empresa; B- Uma única empresa a usufruir da MV.

Tabela 2.1: Vantagens e desvantagens das MV de garrafas de gás.

Analisando estes 3 modelos de máquinas, pode-se concluir que no caso da máquina da marca Aburi Gas Automat, estas só irão funcionar com um determinado tipo de garrafas, isto porque, nem todas têm RFID. Enquanto que as da marca SIRIGA funciona com todo o tipo de garrafas, contudo quando esta funciona com diferentes marcas poderá levantar alguns problemas. isto porque, o reconhecimento da marca é efetuado através da sua cor.

Sendo que, em todas as máquinas para se efetuar a compra é necessário realizar a troca de garrafas de gás cheias por garrafas de gás vazias, contudo como esse processo é efetuado pelo cliente poderá levar a que exista uma tentativa de fraude. Para colmatar esse problema as marcas optaram pelo registo de todos os processos de troca, bem como os dados das pessoas que efetuam a troca. Dos 3 modelos de máquina somente a da marca Aburi Gas Auto-mat tem um registo não obrigatório do cliente, contudo consegue-se saber se o cliente introduziu uma garrafa para efetuar a troca através do RFID da mesma [11].

Em todas as máquinas da marca SIRIGA o revendedor pode customizar a máquina ao seu gosto, enquanto as da marca Aburi Gas Auto-mat têm um design único.

Em suma as MV da Aburi Gas Auto-mat são mais apropriadas para o uso onde a tentativa de fraude seja mais provável, enquanto que as da marca SIRIGA são mais apropriadas para

onde exista a comercialização de diversas marcas de garrafas de gás.

2.2 Mercado de gás em Portugal

Em Portugal, mais de dois terços dos alojamentos familiares utilizam gás engarrafado, no entanto o mercado tem vindo a diminuir muito provavelmente devido ao elevado custo em comparação com o gás canalizado (gás natural). Contudo o Estado Português bem como os partidos da oposição tem sugerido algumas medidas para colmatar esta diminuição.

Para o Orçamento do Estado de 2017 o Partido Comunista Português (PCP) avançou com a proposta de um regime de preços máximos para o gás de garrafa. «A aprovação do n.º do artigo 175.º da Lei n.º 42/2016, de 28 de dezembro, que aprova o Orçamento do Estado para 2017: A partir da avaliação do atual mercado do GPL butano e propano, são adotadas as medidas necessárias à redução do preço do gás de garrafa, adequando o seu regime de preços às necessidades dos consumidores»[12] contudo segundo alguns estudos analisados e proporcionado pelo PCP, chegaram à conclusão que esta diferença de preço não só não diminuiu mas ainda detetaram outros problemas:

- O «preço mínimo observado no Butano é superior em 50% ao preço do Gás Natural (GN);

- A principal justificação para os diferenciais de preços entre o GN e o Butano ou Propano reside nas margens de distribuição e logística associada à botija e ao seu transporte;

- Os preços internacionais do Propano e do Butano têm baixado e essa tendência não se verificou em Portugal;

- Em Portugal os preços médios de venda das botijas de Propano e Butano são ligeiramente mais elevados que no outro país com preços livres analisados, a França;

- O diferencial de preços entre Portugal e Espanha, onde o preço é regulado como noutros países da União Europeia, provoca uma intensa troca comercial nas zonas fronteiriças, com a compra pelos portugueses das botijas em Espanha – assinala-se que alguns dos comercializadores são os mesmos de um e outro lado da fronteira, o que não os impede de praticar preços maiores em Portugal;

- A existência de uma estrutura oligopolista/monopolista entre os comercializadores grossistas ditos revendedores de 1.ª linha, constituída pela GALP, BP, REPSOL e OZ Energia, que têm (nas operações de produção / importação / comercialização grossista) uma margem de 27% do Preço de Venda ao Público (PVP);

- Na análise da Entidade Nacional para o Mercado de Combustíveis (ENMC) realizada entre dezembro de 2013 e fevereiro de 2014 constatou-se que o preço das botijas de 13Kg aumentou em média 0,5€ (0,038€/Kg), em contra ciclo com a baixa de preços do GPL no mercado internacional que abastece Portugal. Aliás, a ENMC estranha e não conseguiu inferir qual a razão de uma tão grande queda do preço em 3 meses (25%) não ter sido acompanhada por idêntica quebra em Portugal;

- O custo do kWh do GPL Butano face ao kWh do GN é de mais 76,4% e do kWh do

GPL Propano é de mais 105%»[13].

Após análise destes problemas, no orçamento do estado para o ano de 2018 foi aprovado o Decreto-Lei n.º 5/2018 na tentativa de combater estas diferenças bem como diminuir o custo das mesmas.

Uma das medidas mais significativas e que mais impacto tem são as do Artigo 1.º.

«1 - O presente decreto-lei define os critérios definidores do processo de receção e troca de garrafas utilizadas de gás de petróleo liquefeito (GPL), independentemente da sua marca, através da implementação de mecanismos de armazenagem e transporte que assegurem o tratamento não discriminatório e não envolvam encargos adicionais para o consumidor»[14].

Esta medida tem como base aumentar a concorrência no setor do gás engarrafado, para que conseqüentemente possa baixar o preço, isto porque cerca de 2 milhões e 600 mil famílias utilizam gás de garrafa para cozinhar e aquecimento de águas, sendo que cada consumidor paga em média o dobro da fatura em relação a um utilizador de GN[15].

Também é de salientar para além das diferenças de preço entre gás engarrafado e GN, a DECO detetou-o um problema de os consumidores andarem a pagar gás que não estão a consumir.

O problema é que numa botija de butano existem sempre cerca de 300g de gás que são devolvidos à marca caso seja usada num fogão, mas se a mesma apenas for usada num esquentador, a quantidade de gás que não é queimado poderá chegar aos 3Kg [2].

A DECO propôs na Assembleia da República que se revisse a forma como o gás engarrafado é vendido, de modo a impedir que os consumidores fiquem prejudicados. O correto é que aqueles paguem exatamente o que consomem.

Para aumentar a concorrência, era fundamental caminhar-se para uma unificação dos formatos dos sistemas de encaixe rápido dos redutores nas garrafas. Por fim, a DECO defende que é fundamental que a recém-criada ENMC entre em pleno funcionamento para poder regulamentar o processo de devolução de gás não consumido, contudo este processo pode levar a alguns problemas. Por exemplo, foi proposto o uso de uma balança para verificar a diferença entre uma garrafa completamente vazia e uma teoricamente vazia. Aqui pode sempre acontecer que o consumidor tente enganar o vendedor com a introdução de alguma coisa no exterior da garrafa aumentando assim o seu peso, no entanto era detetado visualmente [2]. Contudo não menos importante é preciso analisar o aumento do custo para o vendedor, principalmente com a compra de uma balança e a sua calibração periódica. Estes custos podem levar ao fechar de portas para os pequenos comerciantes, deixando assim o consumidor mal servido [16].

Assim sendo foi proposto a Universidade de Aveiro o desenvolvimento de uma MV de garrafas de gás para poder colmatar todos estes problemas, na secção seguinte será descrito as diretrizes da máquina, bem como a solução encontrada para o seu desenvolvimento.

Capítulo 3

Solução proposta de desenvolvimento

3.1 O problema

Para diminuir os custos de logística da comercialização de garrafas de gás, foi proposto por uma empresa a criação de uma MV. A MV a ser desenvolvida deverá ter em atenção alguns problemas detetados pela DECO, isto é, saber em concreto a quantidade de gás existente numa garrafa após esta ser entregue. Para além disso algumas das lacunas do processo de comercialização de garrafas de gás em Portugal são as seguintes:

- Indisponibilidade 24h todos os dias do ano;
- Falta controlo de *stock*;
- Elevado custo no processo de reabastecimento.

Com os postos de armazenamento de garrafas de gás tradicional (ver figura 3.1) tanto o controlo de *stock* bem como todo o processo de compra de uma garrafa de gás é bastante rudimentar.



Figura 3.1: Armazenamento de garrafas de gás tradicional

No entanto no caso da disponibilidade 24h por dia todos os dias do ano, acontece que apesar de já ser obrigatório a comercialização de garrafas de gás nos postos de abastecimento de combustíveis e nos hipermercados, nem todos estão abertos 24h por dia impossibilitando assim a compra.

Além de nos postos de combustível e hipermercados existe o comerciante privado também vende garrafas de gás de uma determinada marca, no entanto o cliente é obrigado a ir comprar consoante a disponibilidade e horário do comerciante.

Contudo para além da impossibilidade de comprar uma garrafa de gás a qualquer hora, é necessário ter em conta os encargos para os comerciantes, isto é, ter de disponibilizar um operário para efetuar a troca da garrafa de gás.

No controlo de *stock* de garrafas de gás a companhia só consegue reabastecer os seus postos de abastecimento quando alguém informa da falta de gás, ou verificando frequentemente quantas garrafas ainda estão por vender, provocando assim um aumento do número de deslocações que consequentemente aumenta os custos do processo de reabastecimento.

Com a criação da MVI esses problemas deixam de existir, mas também tem desvantagens, sendo elas as seguintes:

- Custo da energia elétrica para manter a máquina em funcionamento;
- Maior custo na manutenção preventiva e corretiva.

Foi proposto a uma vasta equipa o desenvolvimento de uma MVI com as seguintes características:

- Esta máquina deverá estar preparada para poder levar diversos modelos de garrafas de gás e de diferentes marcas;
- Cada máquina deverá levar no mínimo 10 garrafas de gás, podendo este número aumentar;
- Uma vez instalada a máquina, o número de garrafas poderá aumentar com o mínimo de configurações possíveis;
- A máquina tem de dispensar redutores de garrafas de gás;
- A máquina tem de ter um ecrã para dar instruções;
- O cliente terá de se registar na plataforma da máquina;
- O processo de compra de uma garrafa de gás será realizado através de uma aplicação telemóvel/internet ou com o carregamento de um cartão de pré-pagamento;
- No processo de compra terá que ser gerado um QRCode para à *posteriori* ser verificado na MV;
- Na aplicação de telemóvel/internet terá que existir um local onde se saberá a localização das MV;
- Deverá ser realizado um registo de todas as informações e movimentações de garrafas de gás na máquina;
- Deverá ter uma balança para poder pesar as garrafas de gás vazias ou cheias e saber quanto peso de gás ficou por consumir;
- A máquina terá de conter um sistema de deteção de fraude;
- A máquina deverá ter uma bateria para finalizar a compra caso falte a energia, isto é, se no meio de um processo de compra faltar a energia elétrica, a MV terá de ter fonte de

energia para finalizar a compra, e após isso deverá entrar em modo indisponível. Quando voltar a existir energia elétrica a MV volta a estar disponível para efetuar nova compra.

Para além destas características também foi pedido que o processo de compra de uma garrafa respeitasse o diagrama de processo apresentado na figura 3.2.

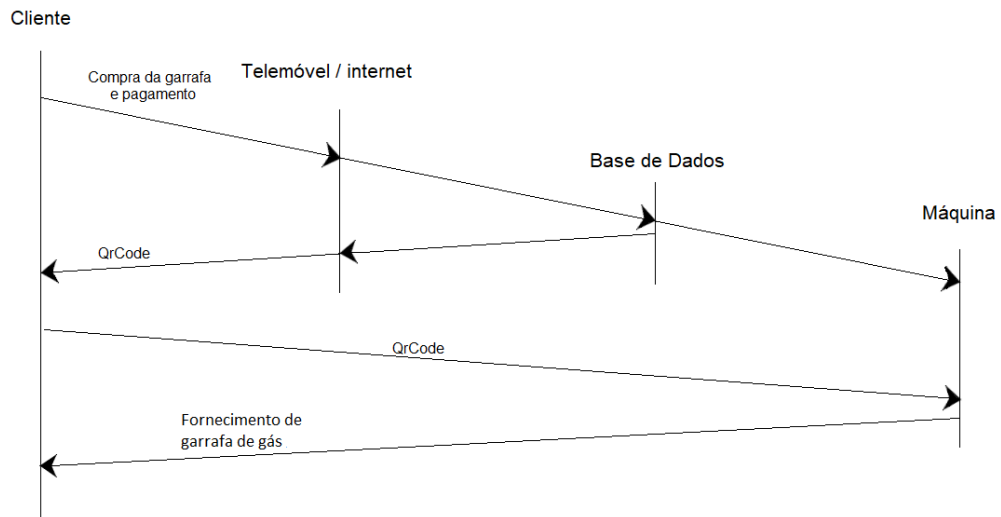


Figura 3.2: Diagrama temporal de compra de garrafa de gás

Este processo pode-se resumir a que o cliente para efetuar uma compra tem que inicialmente, através do seu telemóvel ou num quiosque efetuar a compra e o pagamento da garrafa de gás. Após isso será gerado um QrCode que será guardado tanto na aplicação do telemóvel do cliente como numa base de dados. À *posteriori* será introduzido pelo cliente na máquina onde esta irá comparar com a base de dados para poder validar a compra da garrafa de gás.

Quando o cliente se dirige à MV, este irá ler o QrCode no leitor da máquina para esta comparar com o código existente na base de dados. Caso este seja válido será inicializado o processo de troca de garrafa de gás vazia por garrafa de gás cheia, na figura 3.3 está um diagrama que explica o processo de troca de garrafa de gás.

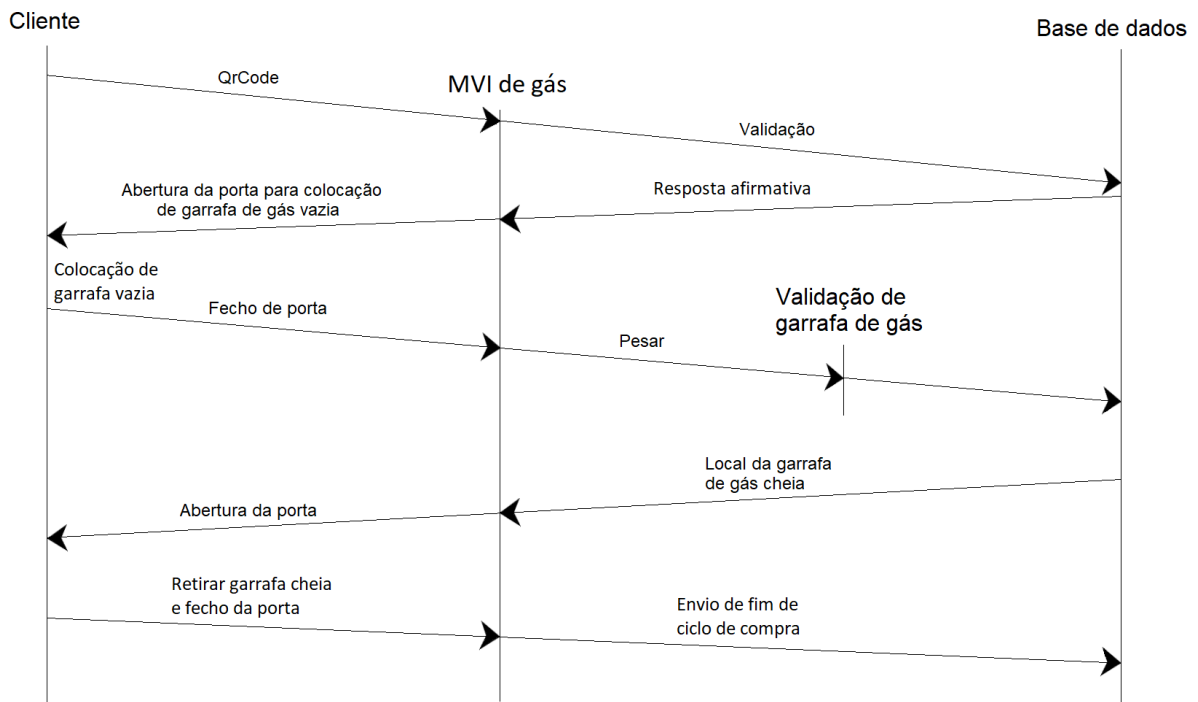


Figura 3.3: Diagrama do processo de troca de uma garrafa de gás

No processo de troca de garrafa de gás vazia por uma garrafa cheia pode-se verificar que o cliente tem um papel crucial. Isto porque, para além de ter de colocar o QrCode na MV também tem de introduzir a garrafa de gás vazia, retirar a cheia e fechar os respetivos cacifos.

Contudo este processo poderá ter alguns problemas de tentativa de fraude. No caso de o cliente ter de colocar uma garrafa de gás vazia, este pode introduzir um objeto de peso similar ou até mesmo tentar enganar a máquina ao não fechar a porta, no entanto a MV não irá passar para o processo seguinte sem que a porta esteja fechada. Quando o cliente retira a garrafa de gás cheia também necessita de fechar a porta, caso isso não seja realizado a MV irá utilizar esse mesmo local para a introdução de uma garrafa de gás vazia numa futura compra.

Como já referido esta MV foi desenvolvida por uma vasta equipa que se divide em 3. A equipa de informática, responsável pela criação da aplicação de telemóvel/internet, e a criação de uma base de dados para o armazenamento de toda a informação e movimentação da MV. A equipa de design/mecânica responsável pelo desenvolvimento e dimensionamento de toda a parte mecânica da MV bem como execução do mesmo. A equipa da parte elétrica e eletrónica, na qual esta dissertação esta inserida, é responsável pelo estudo de sensores e atuadores, processamento de dados, eletrificação da MV e realização do processo de entrega da garrafa de gás.

Durante o desenvolvimento da MV foram surgindo algumas alterações ao processo, estas alterações estão divididas em quatro fases:

- Fase inicial (fase 1) (máquina com as características acima descritos);

- Fase intermédia e mantendo as multimarcas (fase 2) (motivada pela obrigatoriedade da certificação da máquina, tendo em conta a utilização de comunicação sem fios e onde passará no máximo a ter 2 versões fixas, 1 com 10 garrafas de gás e outra com 20 garrafas de gás);
- Fase intermédia sem multimarcas e com 2 versões (fase 3) (motivada pela alteração do plano de negócios, onde passará a ter 4 versões, 2 com balança e 2 com detetor de garrafa de gás);
- Fase final (fase 4) (motivada para a redução de custo, passando a ter unicamente 2 versões, onde estas só terão detetor de garrafas de gás, deixando assim de existir balanças);

Na figura 3.4 está representado um diagrama temporal das diferentes fases do desenvolvimento da MV.

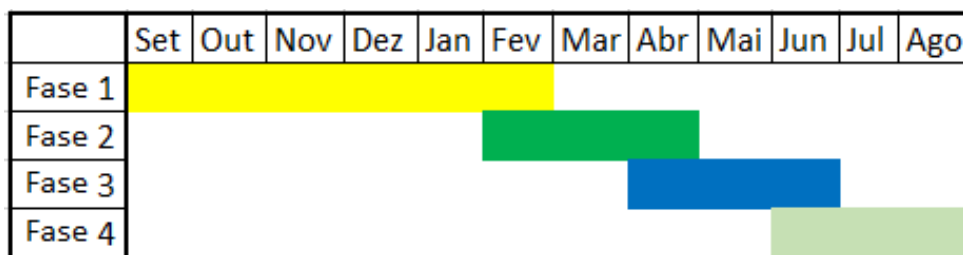


Figura 3.4: Diagrama temporal das alterações ao processo da construção da MV

Neste diagrama temporal depara-se que houve algumas alterações ao longo do tempo, contudo na primeira fase é estendível por mais tempo visto que não se tinha praticamente nenhum *hardware* desenvolvido, no qual quando começou a MV a ganhar forma, foram sugeridas alterações e melhorias ao processo de desenvolvimento.

Nas próximas quatro secções serão explicadas as soluções propostas para cada uma das fases e o motivo que levou a essas modificações.

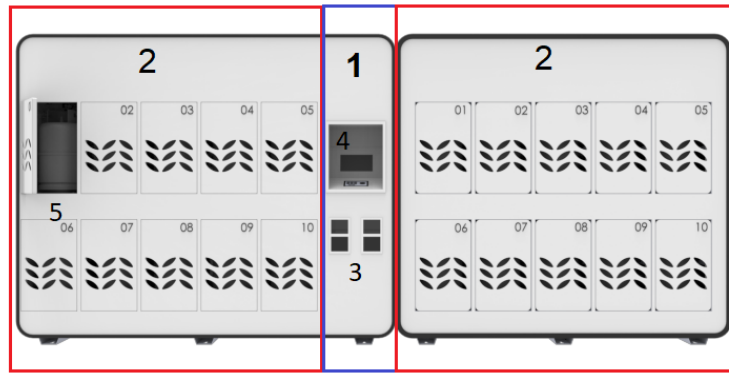
3.2 Fase 1

Nesta secção será descrita a solução proposta para a conceção da MV de garrafas de gás na sua versão inicial, bem como algumas soluções para a eliminação das possíveis tentativas de fraude.

Como este projeto tem um elevado número de pessoas envolvidas para o seu desenvolvimento, foi necessário ter em conta algumas interligações entre o desenvolvimento de *hardware* (parte elétrica) com a parte de mecânica e design, tendo em conta que na fase inicial do projeto ainda não estava definido o processo concreto de como seria concebida a parte mecânica da MV torna-se necessário elaborar uma ideia que funcione em todos os casos realizados.

Na figura 3.5 e na figura 3.7 estão representados dois métodos. Nos dois métodos nota-se que existem módulos separados. No primeiro caso (ver figura 3.6) verifica-se que existe um módulo que só armazena 10 garrafas de gás, enquanto o outro módulo contém na mesma as 10 garrafas, mas também um ecrã e o dispensador de reductores de gás. No segundo caso

verifica-se que se tem 3 módulos (ver figura 3.8), 2 deles armazenam as 10 garrafas de gás e outro só tem o ecrã e o dispensador de redutores de gás (módulo central (MC)), de frisar que em ambos os casos os módulos de armazenamento de 10 garrafas (MA10) podem aumentar consoante o número de garrafas que se pretende por cada MV. No entanto nas duas ideias verifica-se uma separação física entre os módulos, por consequência o mesmo se terá de refletir no *hardware* da parte de elétrica.



- 1- Módulo Central
- 2- Módulo de armazenamento de 10 garrafas
- 3- Dispensador de redutores de gás
- 4- Ecrã touch
- 5- Garrafa de gás

Figura 3.5: Ideia 1 do design para uma MV de 20 garrafas

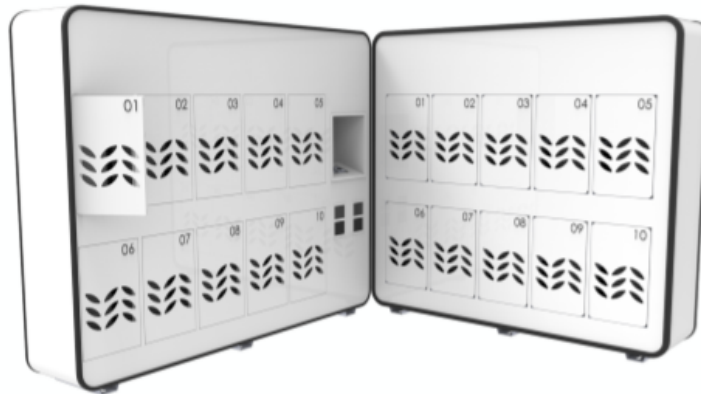


Figura 3.6: Ideia 1 do design para uma MV de 20 garrafas em outra disposição



- 1- Módulo Central
- 2- Módulo de armazenamento de 10 garrafas
- 3- Dispensador de redutores de gás
- 4- Ecrã touch
- 5- Garrafa de gás

Figura 3.7: Ideia 2 do design para uma MV de 20 garrafas



Figura 3.8: Ideia 2 do design para uma MV de 20 garrafas em outra disposição

Assim sendo esta MV será constituída por 2 módulos distintos como descritos na figura 3.5 e na figura 3.7.

O MC é responsável pela parte do processamento de toda a informação da máquina, isto é, verificação e validação do código para validar a realização da compra, realização de todo o processo de troca de garrafa de gás vazia por cheia, interligação com o cliente e envio de todas as movimentações para uma base de dados. O MA10 será unicamente responsável por armazenar as garrafas e fornecer a informação ao MC para processar os dados, colmatando assim o problema de na altura ainda não estar definido o processo de construção da MV, parecendo mais a ideia apropriada a conceção N^o2, mas podendo ser utilizada no caso da ideia n^o1.

Na figura 3.9 e na figura 3.10 está representada a arquitetura do MC e do MA10 respetivamente.

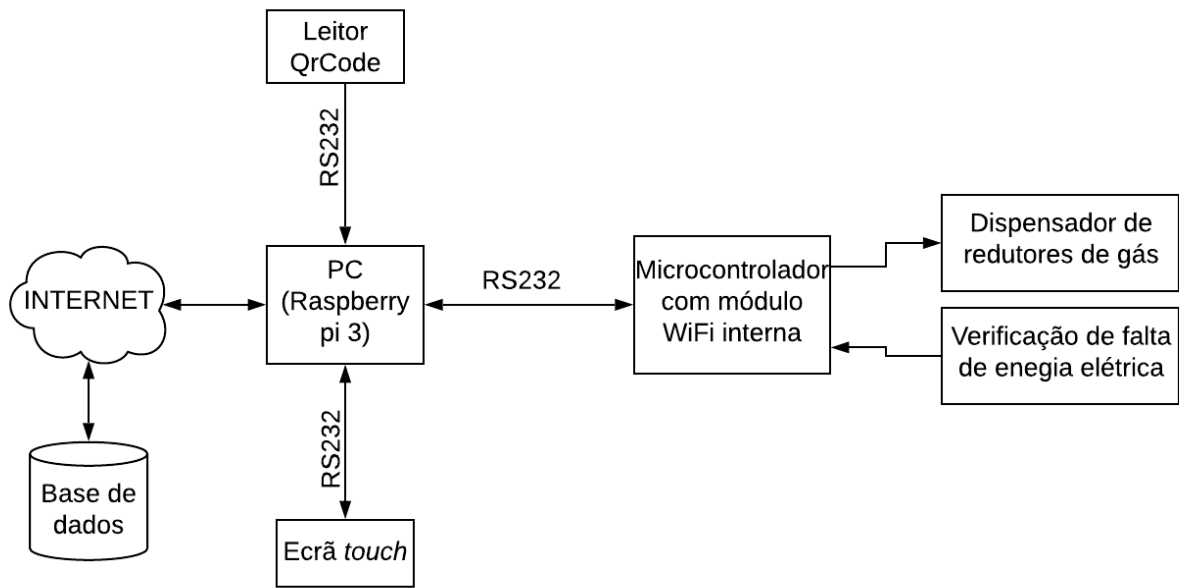


Figura 3.9: Diagrama de blocos da arquitetura do MC fase 1

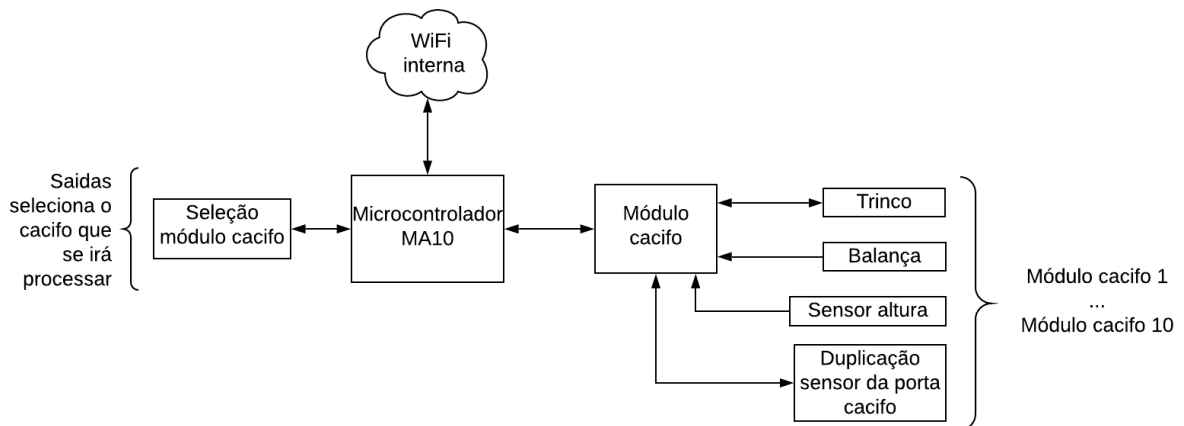


Figura 3.10: Diagrama de blocos da arquitetura do MA10 fase 1

No MC pode-se verificar a existência de uma rede WiFi interna e uma rede WiFi externa. A rede WiFi interna será responsável pela transferência de dados entre o MC e o MA10, o motivo da utilização de uma rede WiFi foi a possibilidade de poder acrescentar mais MA10 sem haver necessidade de ligações físicas para além da energia elétrica necessária para o funcionamento. No caso da rede WiFi externa terá como finalidade colocar a MV a comunicar com uma base de dados. Esta comunicação resumir-se-á à validação do QrCode e à transferência de todos os movimentos existentes na MV para a base de dados. Com esta base de dados o vendedor de garrafas de gás consegue saber o estado da MV, bem como o *stock* de garrafas, o estado de vendas dos últimos dias, se alguém tentou falsear, e se existe

alguma anomalia na própria MV. Assim pode-se analisar a necessidade de repor o *stock*, a introdução de mais MA10 e mesmo o planeamento de manutenção preventiva e corretiva.

Ao analisar-se o diagrama do MA10 verifica-se a existência de um novo módulo (módulo cacifo), este módulo foi criado devido à quantidade de dados a serem analisados em cada cacifo, levando à existência de 10 módulos cacifo por cada MA10. Idealmente, caso não fosse necessário criar algo para prevenir a tentativa de fraude só seriam necessários controlar a ativação do trinco para se poder abrir a porta, verificar se a porta do cacifo está aberta e a balança para pesar a garrafa, dando assim um total de 3 dados por cacifo o que leva a 30 por MA10. Como existe a probabilidade de acontecer uma tentativa de fraude no processo de fecho de porta ou mesmo na colocação da garrafa de gás vazia foi necessário a idealização de alguns métodos de segurança. Os métodos idealizados foram:

A duplicação do sensor de trinco fechado, isto é, sabendo que o trinco é uma peça móvel, qualquer pessoa poderá adulterar o sensor do trinco.

A criação de um sensor de altura para se saber se o objeto colocado em vez da garrafa de gás seja de peça similar ao da garrafa de gás, bem como ter as dimensões a nível de altura similares ao da garrafa de gás, assim dificultando a tarefa de quem pretende fraudar a MV.

No método de duplicar o sensor da porta, esta duplicação foi idealizada com um emissor e recetor infravermelhos, sendo colocado o emissor na porta e o recetor na outra extremidade do cacifo, podendo só atuar quando a porta esteja fechada. Na figura 3.11 está representado um diagrama explicativo do processo de como irá funcionar esta segurança.

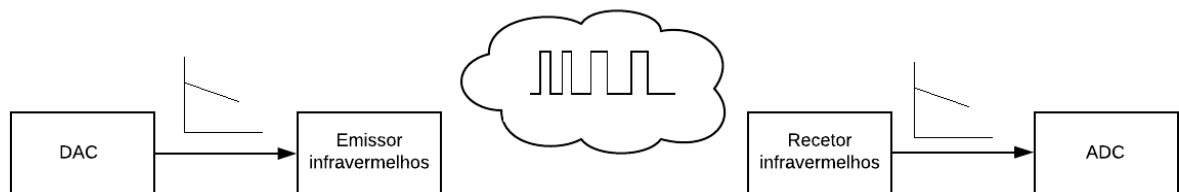


Figura 3.11: Diagrama da segurança do sensor da porta

Este sensor irá trabalhar com um sinal pulsado com uma frequência variável, na criação deste sinal pulsado está introduzido um DAC, com a finalidade de ter uma tensão variável na saída, essa tensão irá passar por um conversor de tensão para frequência para à *posteriori* ser emitida por um LED infravermelhos. Do outro lado do cacifo irá existir um recetor infravermelhos que terá associado um conversor de frequência para tensão, de seguida essa tensão será lida por um ADC onde será comparada com a tensão inicialmente fornecida pelo DAC. Para a validação de que a porta do cacifo está realmente fechada este sensor passa por algumas etapas.

- 1- Após o fecho da porta será gerada uma tensão no DAC de valor aleatório.
- 2- Será lido pelo ADC e comparado.

- 3- Caso seja o valor pretendido, será gerado outra tensão aleatória no DAC e comparada.
- 4- Caso não seja o valor pretendido irá dar erro de fecho da porta.
- 5- Após 3 leituras corretas e consecutivas será considerado fecho da porta correto.

Outra das possíveis falhas era a colocação de um objeto de peso similar em substituição da garrafa vazia, para colmatar esta lacuna foi criado 2 feixes infravermelhos colocados a duas alturas estratégicas, podendo assim verificar a altura mínima da garrafa bem como o seu peso. Na figura 3.12 está representado um esquema de como estarão posicionados os sensores num cacifo.

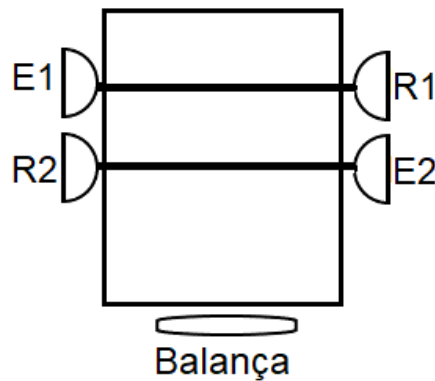


Figura 3.12: Disposição dos sensores numa gaveta

Tendo os sensores assim dispostos leva a que o processo de tentativa de fraude ao colocar um objeto de dimensões inferiores não funcione, isto porque, caso não interrompa o feixe infravermelho N^o2 verifica-se que houve uma tentativa de fraude.

Contudo estes sensores não são infalíveis, isto porque o cliente pode introduzir um objeto de peso similar e de dimensões similares, leva a que a MV detete que foi colocada uma garrafa de gás vazia.

Com estas alterações o número de dados a serem processados e transferidos altere de 30 para 70 por MA10, isto porque acrescenta-se um DAC, um ADC e duas entradas por cacifo. No capítulo 5 será explicado o processo de como estes dados são criados, transferidos e processados. Na próxima secção será explicado as modificações entre a primeira e a segunda fase no processo da conceção da MV, bem como o que as motivou.

3.3 Fase 2 mantendo MV com multimarcas

Nesta secção será descrito o que alterou, o que motivou e o que foi delineado para colmatar tais alterações. Ao longo do processo de desenvolvimento foram surgindo alteração às características da MV. Estas alterações foram sugeridas pela empresa. Na tabela 3.1 estão representadas as alterações entre a fase 1 e a fase 2 mantendo as multimarcas.

Características iniciais	Fase 2
Esta máquina deverá estar preparada para poder conter diversos modelos de garrafas de gás e de diferentes marcas.	Mantem-se igual.
Cada máquina deverá conter no mínimo 10 garrafas de gás, podendo este número aumentar.	Passa a poder ter 2 vertentes uma máquina com 10 garrafas e outra com 20.
Uma vez instalada a máquina, o número de garrafas poderá aumentar com o mínimo de configurações possíveis.	Deixa de ser possível aumentar o número de garrafas após instalação da máquina.
A máquina tem de dispensar redutores de garrafas de gás.	Mantem-se igual.
A máquina tem um ecrã para dar instruções.	Mantem-se igual.
O cliente terá de se registar na plataforma da máquina.	Mantem-se igual.
O processo de compra de uma garrafa de gás será realizado através de uma aplicação telemóvel/internet ou com o carregamento de um cartão de pré-pagamento.	Mantem-se igual.
No processo de compra terá de ser gerado um QrCode para à <i>posteriori</i> ser verificado na MV.	Mantem-se igual.
Na aplicação de telemóvel/internet terá de existir um local onde se saberá a localização das MV.	Mantem-se igual.
Deverá ser realizado um <i>backup</i> de todas as informações e movimentações de garrafas de gás na máquina.	Mantem igual.
Deverá ter uma balança para poder pesar as garrafas de gás vazias ou cheias e saber quanto peso de gás ficou por consumir.	Mantem igual.
A máquina terá de conter um sistema de deteção de fraude.	Deixa de existir o sistema de deteção de fraude.
A máquina deverá ter uma bateria para finalizar a compra caso falte a energia	Mantem-se igual.

Tabela 3.1: Alterações da fase 1 para a fase 2.

Ao analisar-se a tabela verifica-se que existiram algumas alterações ao sistema inicialmente pensado, estando elas todas interligadas, provocando assim algumas alterações no desenvol-

vimento mecânico da MV, bem como inicialmente se tinha previsto desenvolver a máquina. Nas figuras 3.13 e 3.14 está representado o aspeto final da MV, tendo esta somente duas versões, a versão que armazena 10 garrafas e a versão que armazena 20 garrafas.

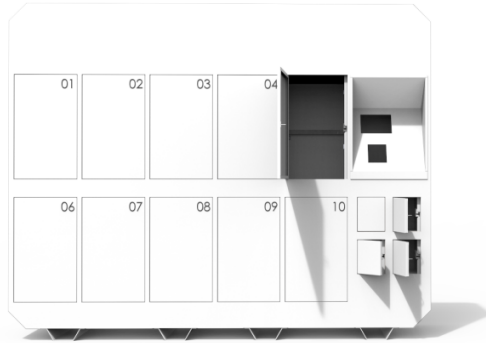


Figura 3.13: Design da MV da fase 2 com 10 garrafas de gás

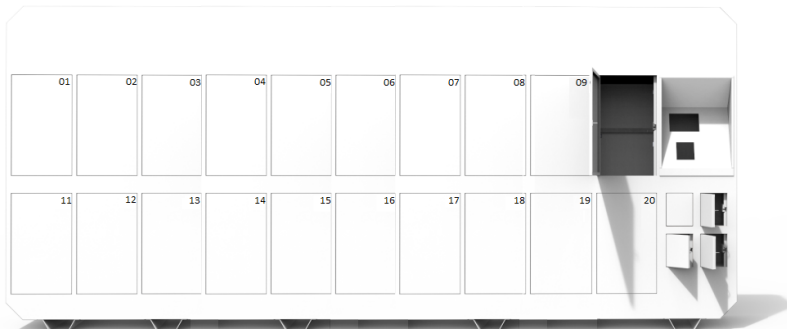


Figura 3.14: Design da MV da fase 2 com 20 garrafas de gás

Ao analisar-se estas figuras pode-se reparar que deixa de existir uma separação física entre os dois modelos (MC e MA10) da MV ao contrário do que acontecia na primeira fase, esta alteração foi pedida pela empresa com o objetivo de diminuir o número de gabarits de soldadura na parte mecânica, baixando o custo de produção da máquina. Como já referido esta máquina passou a ter unicamente duas versões, deixado de ser possível aumentar o número de garrafas de gás após a instalação da máquina.

Outra das alterações foi a eliminação das ideias de deteção de fraude. Esta modificação foi motivada pela redução de custo no desenvolvimento mecânico e eletrónico, redução de custos na manutenção preventiva e corretiva e pela desnecessidade do sistema, visto que todo o utilizador terá de se registar numa plataforma digital, como todos os dados serão guardados numa base de dados, consegue-se sempre saber qual foi a pessoa associada ao QrCode que utilizou pela última vez e tentou falsear o sistema.

Para além das alterações da idealização da MV, também existiram modificações no processo, a mais relevante foi a eliminação do WiFi interno, isto porque com a utilização do WiFi e tendo em conta a Diretiva 20104/53/EU qualquer equipamento com comunicação a frequências inferiores a 3000GHz tem de ter marcação CE [17].

Tendo em conta todas estas alterações o sistema eletrónico inicialmente desenvolvido terá de sofrer alterações. Na figura 3.15 está representado um diagrama de blocos da arquitetura da MV.

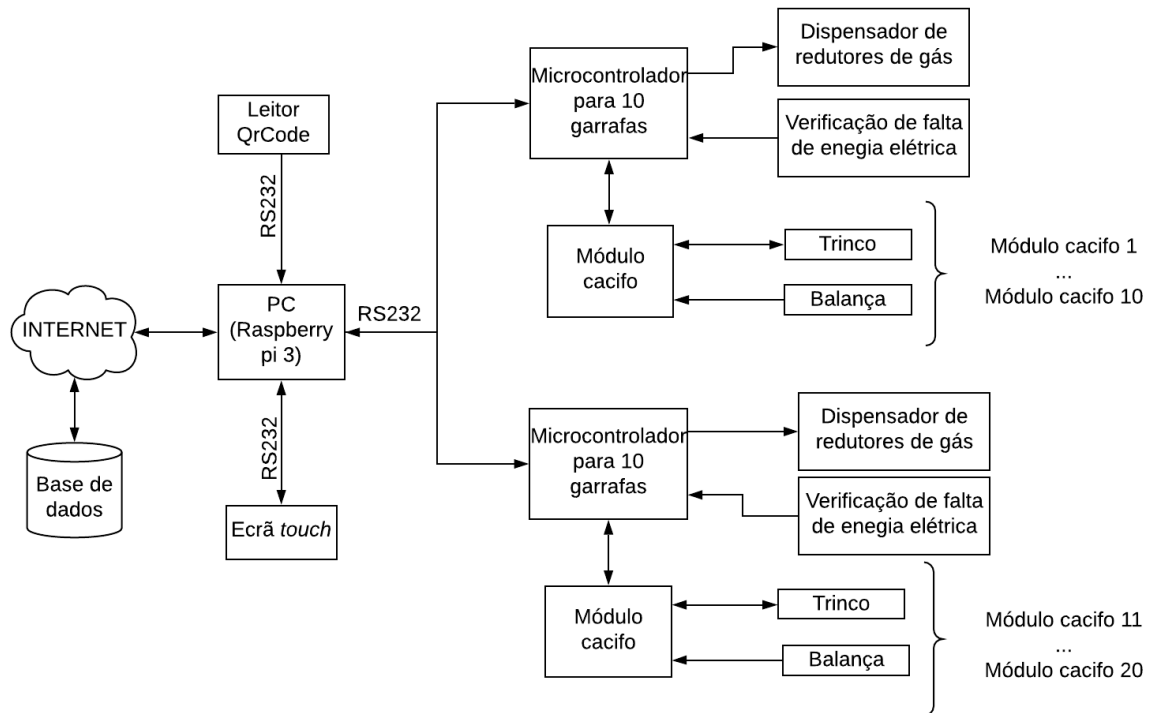


Figura 3.15: Diagrama de blocos da arquitetura MV da fase 2 para 20 garrafas de gás

Neste diagrama pode-se verificar que existem 2 microcontroladores para acionar o módulo cacifo, a verificação de falta de energia elétrica e os dispensadores de redutores de gás, o motivo desta duplicação deve-se quando se aplica uma MV com 10 garrafas utilize um microcontrolador (1 placa) e quando se for instalada uma MV de 20 garrafas utilize 2 microcontroladores (2 placas iguais), assim deixando de ser necessário o desenvolvimento de 2 placas. No capítulo 4 será explicado o desenvolvimento das placas e o porquê de se ter optado pela criação de uma única placa. Também se verifica que o Raspberry pi 3 (RASP) está ligado à internet apesar do problema da certificação da MV, deixando a comunicação de ser realizada por WiFi e passando a ser realizada por cabo. Em comparação com a fase 1 denota-se que deixa de existir o MC e o MA10, passando a estar tudo interligado no mesmo sistema.

Na próxima secção será explicado as modificações entre a fase 2 e a fase 3 no processo da conceção da MV, bem como o que as motivou.

3.4 Fase 3 com MV sem multimarcas

Nesta secção será descrito o que modificou entre a fase 2 e a fase 3. Neste caso específico o que modificou foi o paradigma de negócio da empresa, onde antes se pretendia a existência de uma MV que pudesse conter qualquer tipo de modelo e marca de gás, passou a uma máquina só pode conter um tipo de garrafa de gás.

Para além desta alteração também foi proposto uma nova versão onde a balança passa a ser um acessório opcional, existindo a alternativa de um sensor que detete a existência de uma garrafa de gás. Esta modificação é motivada pela redução de possíveis custos com a calibração da balança ao longo do tempo de exploração da máquina. Na tabela 3.2 estão descritas as alterações existentes entre a fase 2 e a fase 3.

Características fase 2	Fase 3
Esta máquina deverá estar preparada para poder ter diversos modelos de garrafas de gás e de diferentes marcas.	Deixa de existir (mudança do paradigma de negócio).
Existirão 2 modelos de MV, uma com 10 garrafas e outra com 20 garrafas de gás.	Mantem-se igual.
A máquina tem de dispensar redutores de garrafas de gás.	Mantem-se igual.
A máquina tem um ecrã para dar instruções.	Mantem-se igual.
O cliente registar-se-á na plataforma da máquina.	Mantem-se igual.
O processo de compra de uma garrafa de gás será realizado através de uma aplicação telemóvel/internet ou com o carregamento de um cartão de pré-pagamento.	Mantem-se igual.
No processo de compra terá de ser gerado um QrCode para à <i>posteriori</i> ser verificado na MV.	Mantem-se igual.
Na aplicação de telemóvel/internet existirá um local onde se saberá a localização das MV.	Mantem-se igual.
Deverá ser realizado um <i>backup</i> de todas as informações e movimentações de garrafas de gás na máquina.	Mantem-se igual.
Deverá ter uma balança para poder pesar as garrafas de gás vazias ou cheias e saber quanto peso de gás ficou por consumir.	Existirão 2 versões da MV: A- Versão com balança. B- Versão sem balança, com detetor de garrafa de gás.
A máquina deverá ter uma bateria para finalizar a compra caso falte a energia.	Mantem-se igual.

Tabela 3.2: Alterações da fase 2 para a fase 3

Para além destas alterações que têm interferências diretas com a parte desenvolvida pela equipa elétrica, também foi proposto a modificação de alguns aspetos a nível de design da MV.

Na figura 3.16 está representada a MV de 10 garrafas de gás com as alterações propostas a nível de design.

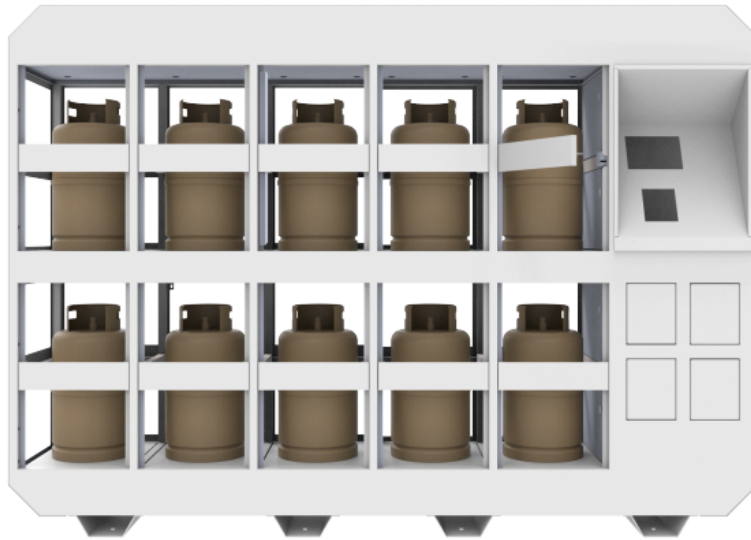


Figura 3.16: Design da MV terceira fase com 10 garrafas de gás

Ao analisar-se esta figura em comparação com a da figura 3.13 denota-se que a nível das portas dos cacifos existem mais locais abertos logo aumentando o acesso das pessoas a qualquer componente eletrónico visível.

Como é necessário desenvolver 2 versões, uma com a balança e outra com o detetor de garrafa, concebeu-se um processo que não fosse possível de danificar facilmente. No caso da balança esse problema não se impunha visto que a mesma se encontrava na base do cacifo. No caso do detetor de garrafas foi proposto um detetor efetuado com infravermelhos. Na figura 3.17 está representado a localização dos sensores infravermelhos.

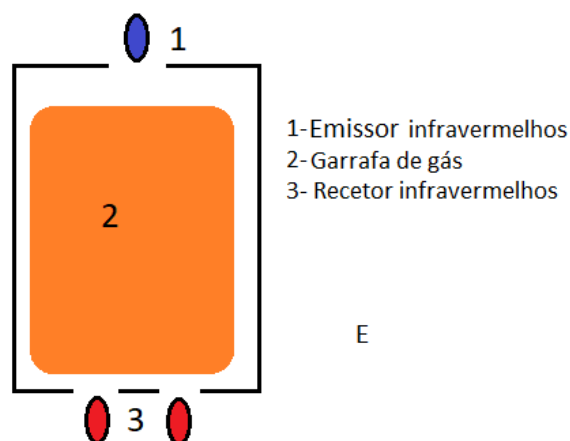


Figura 3.17: Localização dos sensores infravermelhos

O motivo de se ter 1 emissor e 2 recetores é para criar uma redundância ao sensor de

detetor de garrafa, assim salvaguardando a possibilidade de um recetor ficar sujo de algum lixo proveniente do fundo da garrafa de gás, ou até mesmo um deles se danificar.

Tendo em conta estas modificações o diagrama de blocos com a arquitetura da MV sofreu algumas alterações, na figura 3.18 está representado a novo diagrama.

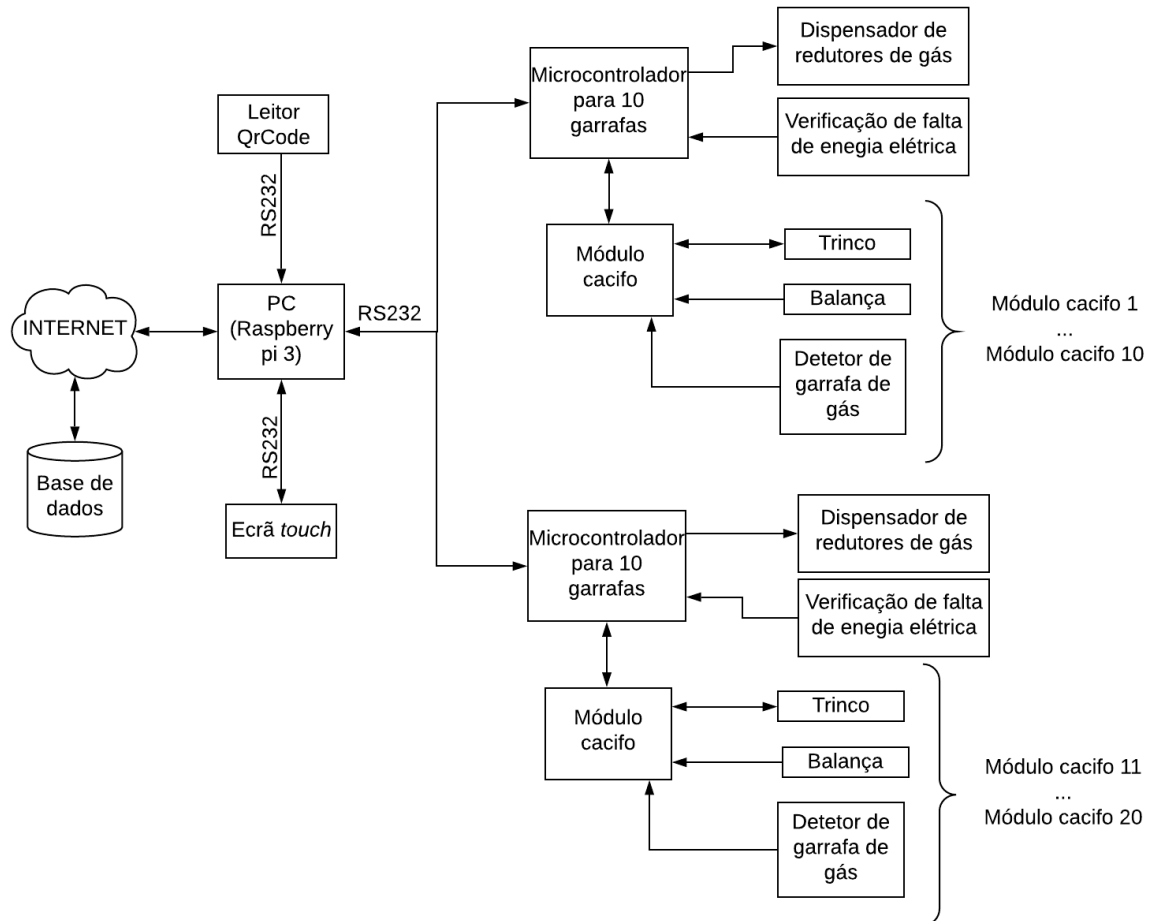


Figura 3.18: Diagrama de blocos da arquitetura da MV da fase 3

O motivo de no módulo cacifo estar a balança e o detetor de garrafas de gás ao mesmo tempo, sabendo que nunca existirá uma vertente da MV que possa levar as 2 configurações, é com o objetivo de desenvolver uma placa comum às duas versões, sendo que dependendo da versão instalada unicamente os sensores correspondentes serão ligados, o desenvolvimento da placa será descrito no capítulo 4. Na próxima secção serão explicadas as modificações entre a fase 3 e a versão final (fase 4) da MV.

3.5 Fase 4 (versão final)

Nesta secção será descrito a alteração existente entre a fase 3 e a versão final (fase 4), bem como a comparação entre a versão inicial (fase 1) e a versão final. O que difere nas

última duas fases é a eliminação da balança da MV. Esta alteração foi sugerida pela empresa conseguindo assim diminuir o custo do desenvolvimento da MV, visto que a nível de legislação portuguesa ainda não existe nenhum desenvolvimento de como será repostado o valor do gás não consumido. Assim sendo a empresa preferiu desenvolver a MV sem balança e deixar o processo de devolução do valor do gás não consumido para uma nova versão quando esteja definida toda a parte regulamentar desta devolução.

Na figura 3.19 está representado o diagrama de blocos da arquitetura da fase 4 (versão final) da MV.

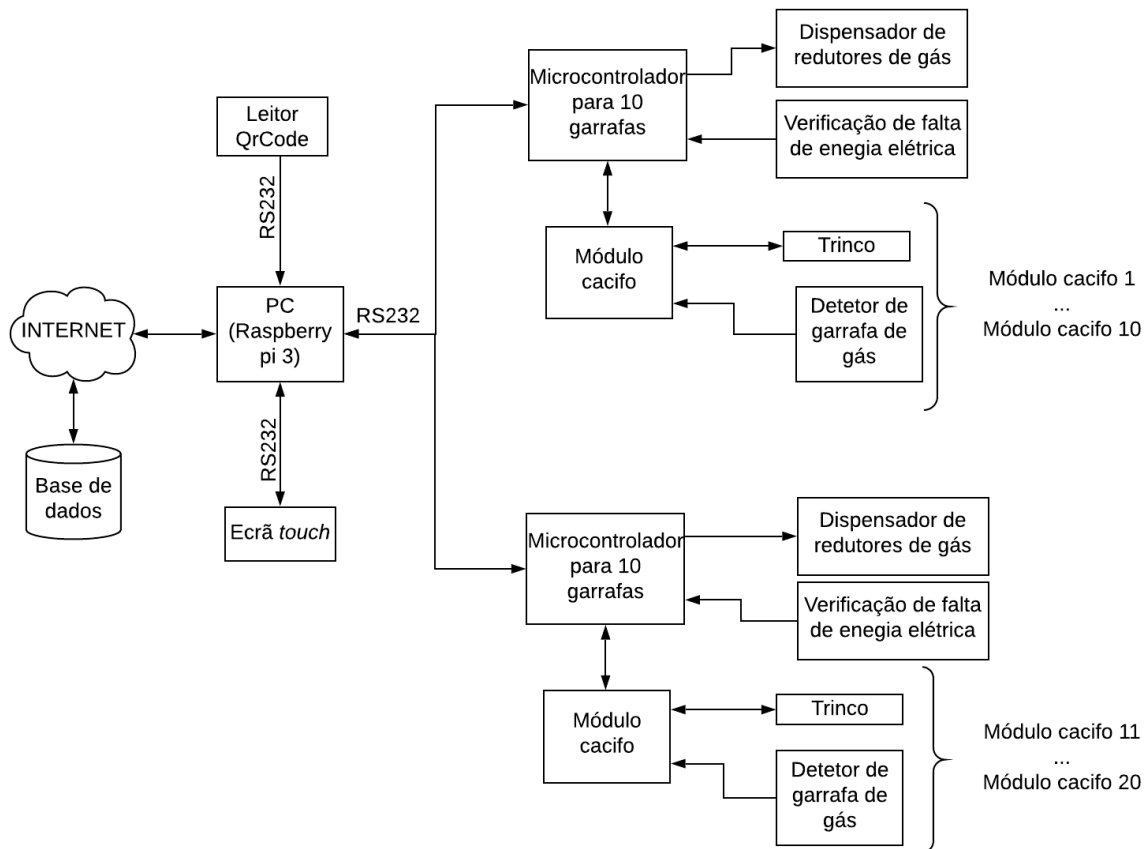


Figura 3.19: Diagrama de blocos da arquitetura da fase 4 da MV

Nesta figura denota-se que as únicas alterações são a eliminação da balança entre as duas últimas fases e o aparecimento de um bloco para a manutenção.

No caso da manutenção, esta reflete a possibilidade de se colocar 4 trincos para poder abrir uma gaveta onde irá estar toda a parte elétrica da MV, estes trincos aparecem em substituição de porcas mecânicas que tornavam difícil o seu desapertar. Esta alteração foi sugerida pela empresa para evitar possíveis dificuldades no futuro.

Contudo estas modificações levaram a algumas alterações na parte de desenvolvimento de *hardware* e *software*, tais alterações serão explicadas nos próximos capítulos.

Ao analisar-se todas as modificações existentes ao longo do tempo, depara-se que a versão final da MV é distinta da MV inicialmente planeada. Na tabela seguinte será descrito o que modificou entre a versão inicial e a versão final.

Características iniciais	Alterações em relação a versão final (fase 4)
Esta máquina deverá estar preparada para poder levar diversos modelos de garrafas de gás e de diferentes marcas.	Cada máquina só pode levar uma marca e modelo de garrafa de gás.
Cada máquina deverá levar no mínimo 10 garrafas de gás, podendo este número aumentar.	Passa a poder ter 2 vertentes uma máquina com 10 garrafas e outra com 20.
Uma vez instalada a máquina, o número de garrafas poderá aumentar com o mínimo de configurações possíveis.	Deixa de ser possível aumentar o número de garrafas após instalação da máquina.
Deverá ter uma balança para pesar as garrafas de gás vazias ou cheias e saber quanto gás ficou por consumir.	Este processo deixa de existir passando a haver deteção de garrafa de gás.
A máquina terá de conter um sistema de deteção de fraude.	Deixa de existir o sistema de deteção de fraude, visto que o utilizador está registado numa plataforma.
A máquina deverá ter uma bateria para finalizar a compra caso falte a energia	Mantem-se igual.
Não tinha inicialmente.	Aparecimento de uma possibilidade de levar 4 trincos para poder facilitar a abertura de uma gaveta onde estará toda a parte elétrica.

Tabela 3.3: Alterações da fase inicial (fase 1) para a fase final (fase 4)

Ao analisar-se a tabela constata-se que os pontos principais de desenvolvimento estiveram em constantes alterações, proporcionando uma melhoria contínua do processo acompanhada com a redução de custo de montagem e desenvolvimento.

No próximo capítulo será descrito o *hardware* escolhido para o desenvolvimento das diferentes fases do projeto.

Capítulo 4

Hardware

Como discutido no capítulo 3 as características do projeto sofreram alterações ao longo do desenvolvimento, o que resultou em quatro fases de desenvolvimento distintas, o que conseqüentemente originou diferentes soluções de *hardware*. Sendo assim será apresentado neste capítulo as diversas propostas de solução e o seu desenvolvimento.

4.1 Componentes comuns a todas as fases

Apesar do projeto ter sofrido modificações ao longo do tempo houve partes que permaneceram inalteradas. Pelo que será descrito nesta secção o *hardware* comum a todas as fases. Este *hardware* é o seguinte:

- Raspberry pi 3;
- Ecrã *touch* de instruções;
- Leitor QrCode;
- Trinco elétrico com indicação de estado da porta;
- Detecção de falta de energia elétrica.

Nas secções seguintes será descrito cada um dos elementos acima referidos, bem como o seu objetivo na máquina finalizada.

Raspberry pi 3

O Raspberry Pi 3 (RASP) é um computador miniatura, as suas funcionalidades e vasta gama de acessórios permitem a utilização numa variedade de aplicações caseiras ou até mesmo industriais. As suas principais características são: CPU Cortex A53 Quad Core a 1,2GHz; 1GB de RAM; WiFi e *Bluetooth*; conexões RJ-45, 4x USB 2.0, HDMI, microUSB, Micro SD e Jack 3,5 mm) [18]. O Raspberry Pi 3 neste projeto terá como principal função processar todos os dados da MV, bem como fazer o armazenamento de toda a informação e enviar para a base de dados. A programação do RASP foi realizada pela equipa da parte informática, tendo o autor desta dissertação ajudado no processo de comunicação com os diferentes elementos.

Nextion NX8048T070

O Nextion é uma solução interface Homem-Máquina (HMI) combinado com um ecrã *touch*, processador e memória interna, o *software* para a programação deste ecrã é gratuito (NEXTION Editor). As suas principais características são: compatível com o RASP, resolução de 800*480, 16M memória flash, microUSB, funcionamento a 5V e 510mA de consumo de corrente. O Nextion neste projeto terá como principais funções servir como HMI, tanto ao nível do cliente como também ao nível do operador.

O cliente terá a capacidade de digitar o código de compra de uma garrafa de gás, bem como ler todas as instruções de funcionamento da MV.

No caso do operador, este conseguirá verificar o estado de todos os sensores usados, bem como atuar todos os atuadores, podendo assim reabastecer a MV ou realizar uma manutenção.

Leitor QrCode Magellan 1100i

O leitor QrCode tem como parte importante neste projeto a capacidade ler o código de compra de uma garrafa de gás e enviar para o Rasp para à *posteriori* se comparar com a base de dado e assim verificar se é uma compra válida. Este sensor baseia-se numa câmara que fotografa o código e depois descodifica a imagem obtendo-se um código (QrCode). O leitor QrCode usado foi o Magellan 1100i [19], o motivo da escolha deste leitor foi pela facilidade de instalação a nível do desenvolvimento mecânico, tendo como principais características de trabalhar entre 4,5 a 14V DC, consumo de corrente de 400mA, ligação por USB e tipo de mensagem igual a um teclado[20].

Trinco KERONG modelo KR-S99

Nesta secção será descrito a escolha do trinco para o cacifo, bem como os sensores usados para saber se este se encontra aberto ou fechada.

O trinco escolhido está apresentado na figura 4.1 cujas as principais características são:

- Contacto normalmente fechado que identifica se a porta está aberta ou fechada;
- Alimentação a 12V DC com consumo de corrente máxima de 450mA durante a transição de estado de fechado para aberto [21];
- Díodo de roda livre para absorver a corrente elétrica inversa quando este é desligado.



Figura 4.1: Trinco escolhido da marca KERONG modelo KR-S99

Dado que o microcontrolador escolhido em todas as fases irá trabalhar a 5V DC foi necessário criar um circuito capaz de atuar o trinco com o sinal de 5V DC, para tal foi usado um PVN012 (*optocoupler relay*) com a capacidade de trabalhar entre 0 a 6V no sinal de entrada e com a saída de 0 a 20V DC e AC com uma corrente de saída máxima de 4A [22] .

Testes aos trincos

Foram efetuados testes preliminares aos trincos. Assim, nas figuras 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5 está representado o resultado das medições da tensão e da corrente quando este está alimentado pela rede elétrica (através de uma fonte de alimentação) ou somente por uma bateria. Para se verificar se o circuito desenvolvido funcionada corretamente, e se mantinha dentro dos parâmetros descritos pelo fabricante do trinco, foram realizados alguns ensaios, nomeadamente a medição da tensão e da corrente do trinco quando este é ativo.

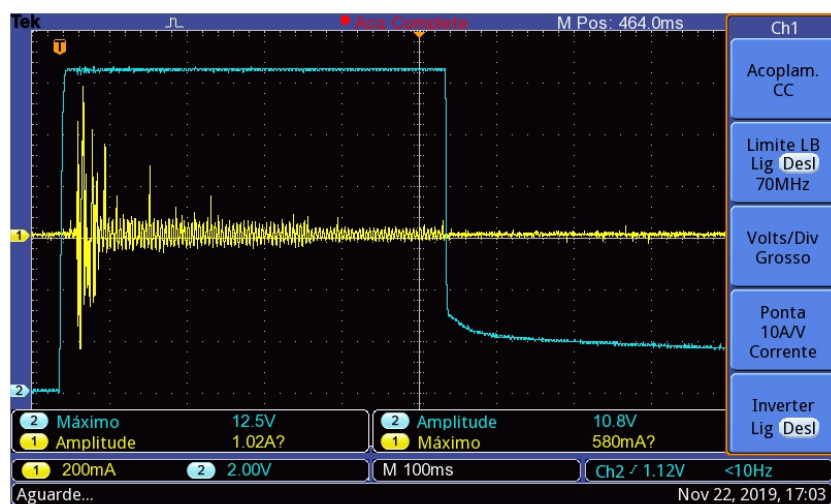


Figura 4.2: Sinal da tensão e corrente consumida pelo trinco usando fonte de alimentação durante 1 segundo

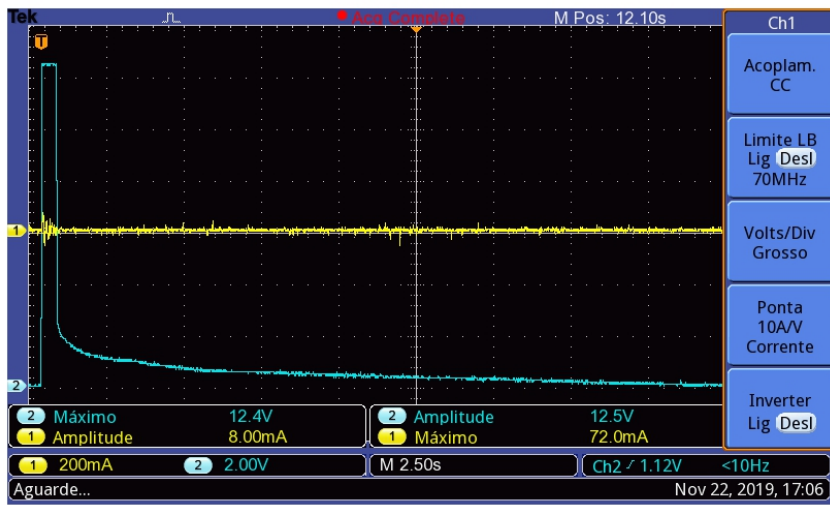


Figura 4.3: Sinal da tensão e corrente consumida pelo trinco usando fonte de alimentação durante 20 segundos

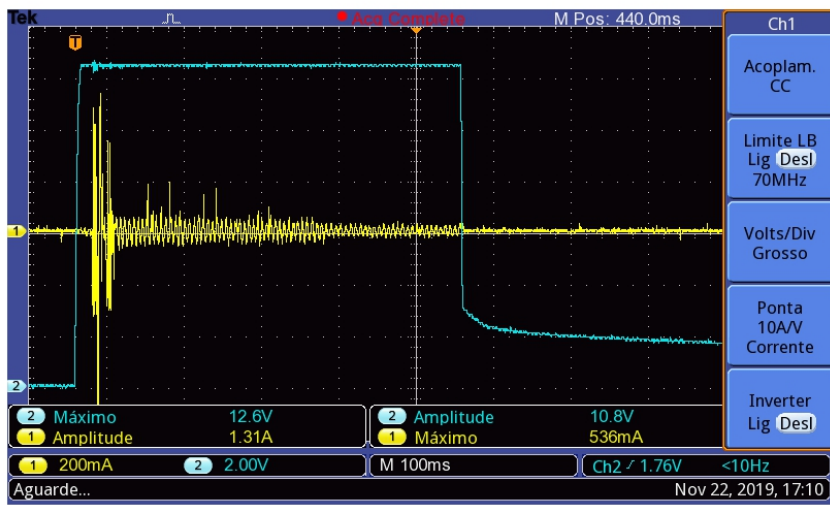


Figura 4.4: Sinal da tensão e corrente consumida pelo trinco usando bateria durante 1 segundo

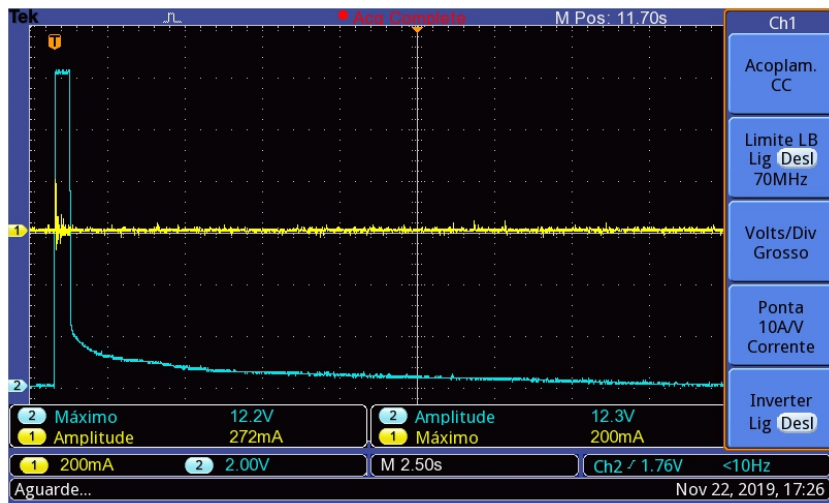


Figura 4.5: Sinal da tensão e corrente consumida pelo trinco usando bateria durante 20 segundos

Ao analisar-se estes gráficos da tensão e da corrente depara-se com um problema dos picos de corrente em sentido inverso ao pretendido, o que pode levar a danificar o PVN012 (*optocoupler relay*), contudo o circuito de atuação dos trincos não tem um díodo de roda livre porque segundo o fabricante dos trincos este já deveria trazer incorporado internamente. Num trabalho futuro deverá ser implementado no circuito de atuação dos trincos um díodo de roda livre. Outro dos problemas que se detetou é que para a bobine do trinco descarregar completamente são necessários aproximadamente 20s, contudo isto não é um problema visto que é praticamente impossível abrir o mesmo cacifo mais do que uma vez durante esse período de tempo em funcionamento normal.

Deteção de falta de energia elétrica

Nesta secção será descrito o processo de deteção de falha de energia elétrica, como já referido a MV tem de ter um sistema que quanto falhe a energia elétrica proveniente da rede e esteja a meio de uma compra, esta irá deixar finalizar a compra e colocar a MV em estado de máquina fora de serviço.

Como a alimentação de todos os elementos do circuito varia entre 12V, 5V e 3,3V, foi utilizada uma fonte de 15V com o objetivo de alimentar todos os circuitos elétricos e carregar uma bateria de 12V.

Na figura seguinte está representado um esquema elétrico deste processo.

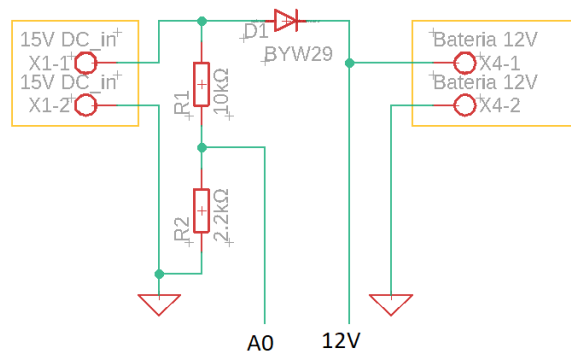


Figura 4.6: Esquema elétrico de detecção de falta de energia

Para se detetar a existência de alimentação no sistema, foi criado um divisor resistivo com o objetivo de verificar a tensão de entrada num ADC. Assim sabe-se que quando faltar a energia elétrica a fonte de alimentação de 15V não irá fornecer energia e por consequência a tensão à entrada do ADC (pino A0 do microcontrolador) será igual 0V. Ao contrário, quando existir energia elétrica o valor em A0 será de 2,7V. Este valor é determinado pelo divisor resistivo e a alimentação de 15V proveniente da fonte. O existência do díodo é para não haver passagem de corrente da bateria para a fonte de 15V quando falta a energia. A capacidade da fonte de alimentação e da bateria alterou consoante a fase em questão, visto que o consumo elétrico de cada fase foi alterando, só na última fase é que foi definido a bateria e a potência necessária para a fonte de alimentação de toda a MV.

4.2 *Hardware* da fase 1

Nesta secção será descrito o *hardware* escolhido para esta fase, bem como o que chegou a ser desenvolvido. Como já referido nesta fase existem dois módulos distintos o MC e o MA10, visto que a comunicação entre eles é realizada por WiFi, o componente escolhido para realizar tal trabalho foi um módulo WiFi ESP8266 D1 Mini Wemos (ESP).

Módulo WiFi ESP8266 D1 Mini Wemos

A ESP é um módulo WiFi com 11 pinos de *input* e *output*, o qual pode ser programado com IDE do Arduino. Este módulo tem como principais características, *wireless* padrão 802.11 b/g/n, antena embutida, conector microUSB, suporta 5 conexões TCP/IP, portas GPIO com funções de PWM, I2C, SPI, etc, tensão de operação: 3,3V [23]. Este equipamento será utilizado tanto no MC e MA10. A sua principal função é a criação do WiFi interno, mas também servir como microcontrolador para analisar e controlar as entradas e saídas da MV, o uso no MC é maioritariamente porque o RASP tem unicamente um módulo WiFi, e como são necessárias 2 redes, uma para comunicar com a internet (base de dados) e outra para servir de interligação entre módulos tornou-se imprescindível o uso de uma ESP.

Assim sendo apresentaram-se todos os componentes do MC. Na figura 4.7 está representado um diagrama da interligação dos mesmos.

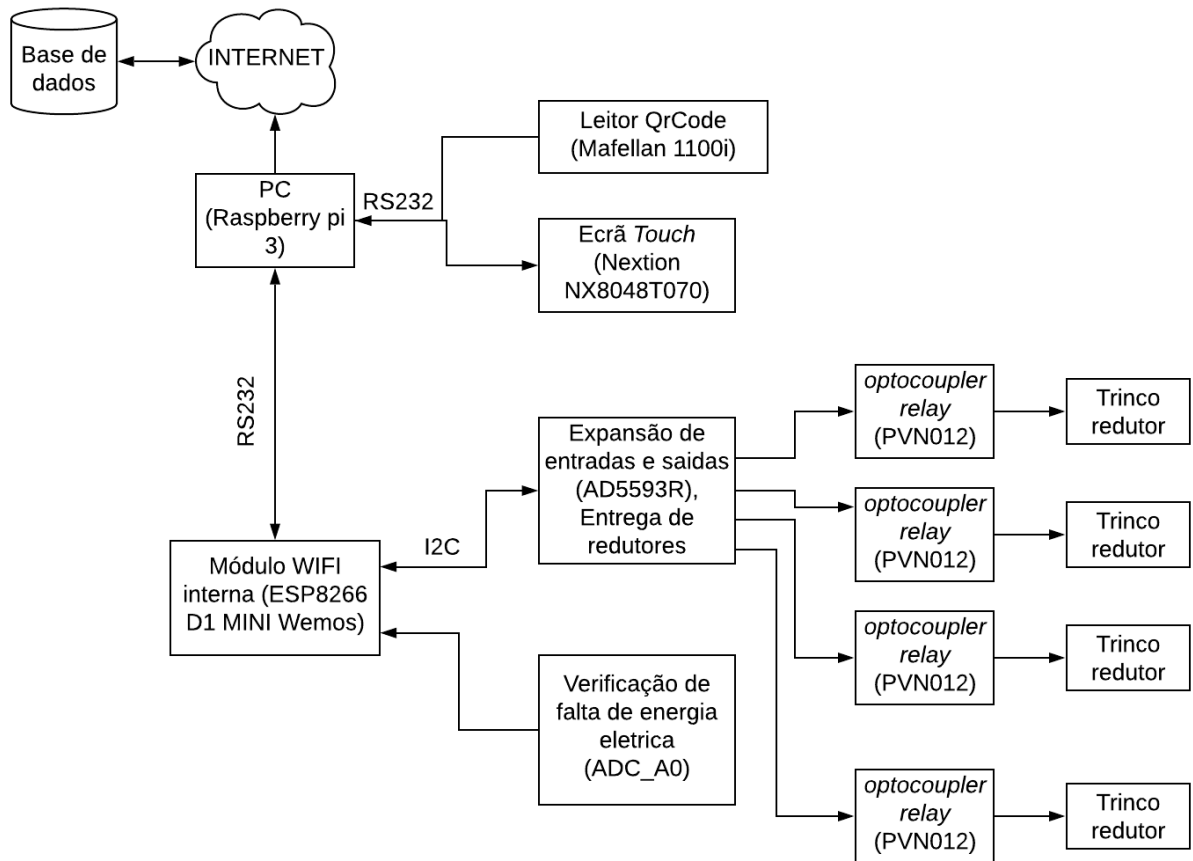


Figura 4.7: Diagrama de interligação do MC da fase 1

Como se pode observar nesta figura no RASP irá estar a receber mensagens por RS232 por três componentes distintos (QrCode, HMI e ESP), sabendo que a ESP está a criar a rede WiFi interna, esta também estará a comunicar com a ESP do MA10. No próximo capítulo será explicado o tipo de mensagens trocadas por estes dispositivos.

No caso do MA10 este terá de analisar os dados recebidos do MC, e verificar o estado de todos os sensores e atuadores dos cacifos. Como já referido foi criado um módulo cacifo para poder separar todos os atuadores e sensores de um cacifo num só conjunto (PCB).

4.2.1 Módulo cacifo fase 1

Nesta secção será descrito o processo utilizado para a deteção e atuação de diferentes tipos de sinais na conceção do módulo cacifo. Em cada cacifo será necessário analisar os seguintes dados: - 2 ADC para leitura do sensor de carga (balança, 2 *input*);

- *Switch* do estado da porta: aberta ou fechada (1 *input*);

- Ativar trinco do cacifo (1 *output*);
- 2 feixes infravermelhos para detetar altura da garrafa (2 *input*);
- ADC e DAC para a criação do detetor de fraude no trinco do cacifo (1 *input* e 1 *output*).

Assim sendo o módulo terá de conter pelo menos 2 ADC, 1 DAC, 3 *input* e 1 *output*. Para se cumprir com estas necessidades foi escolhido o AD5593R, isto porque, este circuito integrado tem 8 pinos configuráveis como ADC, DAC de 12bit, *input* ou *output* digital, além de que a sua configuração bem como a sua leitura e escrita de dados é realizada por I2C assim sendo pode-se construir um módulo cacifo onde cada cacifo terá um AD5593R [24].

Como já foi referido este módulo comunica com a ESP pelo protocolo I2C. No I2C a transmissão da informação entre os dispositivos é feita através de 2 fios (*Serial Data* - SDA e *Serial Clock* - SCL). O I2C trabalha usando o paradigma *master-slave*, com pelo menos um dispositivo a atuar como *master*, e os outros dispositivos como *slave*. A função do *master* é coordenar a comunicação, sendo que é ele quem envia ou visualiza algumas informações a determinado *slave*, logo para cada *slave* saber que a informação lhe pertence este tem de se identificar em relação aos outros, na figura 4.8 está um diagrama demonstrativo da comunicação I2C.

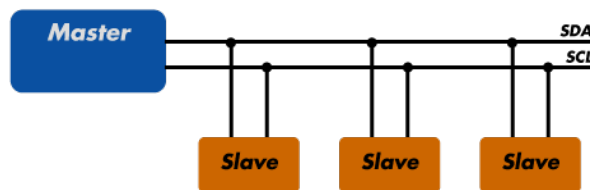


Figura 4.8: Diagrama de funcionamento do protocolo I2C([25])

No caso do *multiplexer* AD5593R o endereço é uma variável de 8bit onde os dois menos significativos podem alternar. O segundo bit menos significativo serve para alternar entre múltiplos dispositivos iguais, podendo assim dar ao AD5593R somente 2 endereços distintos (00100010 ou 00100000), para poder alternar entre estes endereços tem-se de alterar uma entrada entre 0V (0 lógico) e 5V (1 lógico) no pino A0 do AD5593R. Na figura 4.9 está o diagrama de como o *master* deve escrever no AD5593R, onde se repara que o pino A0 pode alternar entre 0 e 1.

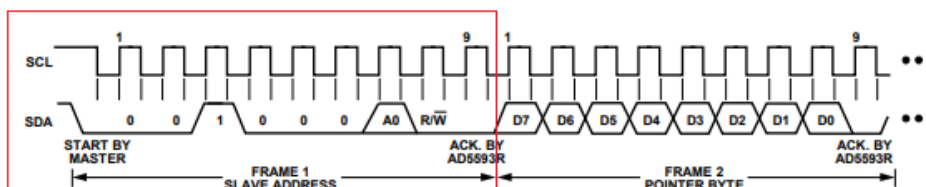


Figura 4.9: *Slave address* para escrita([24])

Como referido cada módulo de cacifo terá pelo menos um AD5593R, sendo necessário

utilizar 10 módulos de cacifos por cada MA10, torna-se necessário estar a alternar entre os dois endereços do AD5593R o que levanta um problema de como o fazer. Para se poder alternar entre diversos AD5593R pode-se utilizar 2 métodos.

- 1 - Utilizar a ESP para realizar esse trabalho, mas que leva ao problema do número de *outputs* necessários o que obriga à utilização de um *multiplexer* para fazer esse trabalho;
- 2 - Selecionar um dispositivo que comunique por I2C e onde contenha pelo menos 10 *outputs* para configurar o pino A0 do AD5593R.

O método utilizado foi o segundo, usando-se um MCP23017, este dispositivo tem a capacidade de configurar 16 pinos como entradas ou saídas, para além de comunicar por I2C e o tem como endereço 01000000 [26]. A MV irá ter alguns metros de cabo para a comunicação I2C, isto pode trazer alguns problemas como a falha da comunicação, visto que o I2C não é recomendado para grandes distâncias[27]. Para resolver este problema foi criado um amplificador de sinal diminuindo assim os efeitos da grande distância de cabo. Na figura seguinte está representado o esquema elétrico usado para a criação do amplificador utilizando um P82B715PN.

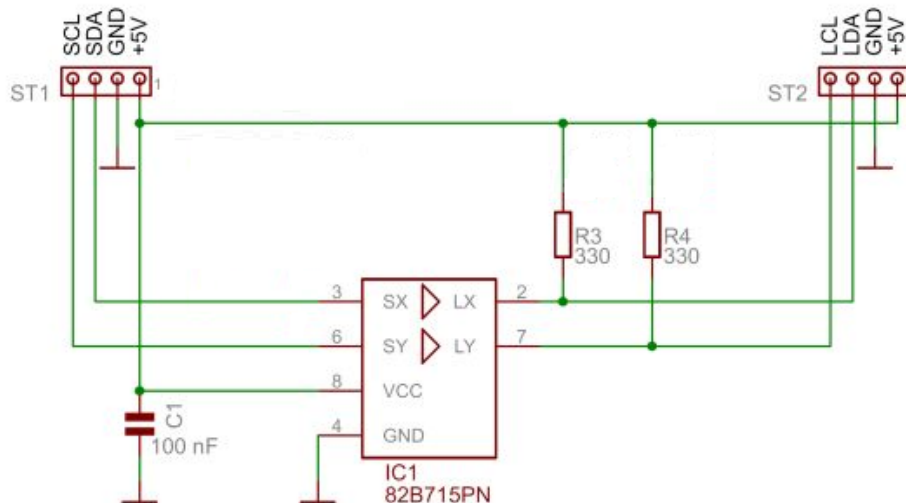


Figura 4.10: Esquema elétrico do amplificador I2C[27]

Com 2 circuitos iguais ao da figura em cima representado consegue-se criar um amplificador de sinal, isto é, liga-se o I2C ao ST1 e o início do cabo liga-se ao ST2, enquanto que na outra extremidade do cabo faz-se o oposto, liga-se o ST2 à ponta do cabo e a placa I2C ao ST1, com isto o sistema deixa de ter problemas com o tamanho do cabo [27].

Estando definido como será o processo da multiplexagem de sinais, falta definir como serão criados os sinais. Como já referido esta fase não foi completamente desenvolvida, faltou o desenvolvimento do circuito para a balança, criação de sensor de deteção de fraude da porta e os dois feixes infravermelhos de altura, bem como o esquema elétrico dos módulos. Contudo na figura 4.11 está representado o diagrama de blocos desenvolvido para o MA10 (não existe

implementação prática deste desenvolvimento).

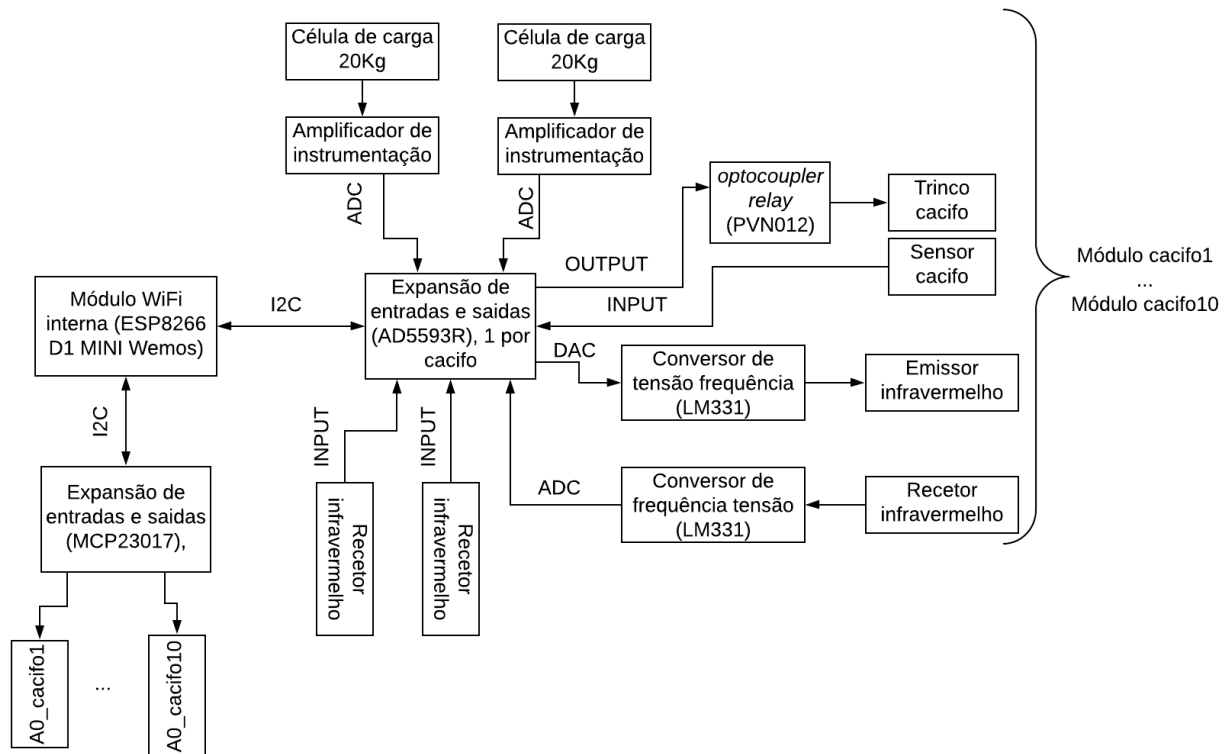


Figura 4.11: Componentes usados no MA10

Apesar da balança ainda não estar construída mecanicamente estava projetada para ser construída baseada em dois sensores de carga do tipo SEN05028 de 20Kg. O desenvolvimento da balança e a escolha do amplificador de instrumentação associado serão explicados no *hardware* da fase 2 no capítulo 4, secção 3. No desenvolvimento do sensor de deteção de fraude foi idealizado utilizar um conversor de tensão frequência e frequência tensão, para tal foi escolhido o LM331, visto que tem uma tensão de funcionamento de 3,3V.

Assim sendo tendo todo o processo definido de como irá ser gerado todos os sinais necessários para o desenvolvimento do projeto, torna-se essencial saber o custo do mesmo. Na tabela 4.1 está representado o custo dos componentes da fase 1.

Componente	Quantidade	Custo Unitário (€)
Raspberry pi 3	1	39,99 [28]
Nextion NX8048T070	1	69,95
Leitor QrCode Magellan 1100i	1	252,03
Trincos KERONG modelo KR-S99	14	13,74
ESP8266 D1 Mini Wemos	2	12,90 [29]
PVN012	14	4,60
AD5593R	11	6,12
LM331	20	5,03
MCP23017	1	1,08
P82B7215PN	2	1,93
Sensor de carga SEN05028	20	13,50
AD623N	20	4,41
Emissor infravermelho	30	0,65
recetor infravermelho	30	0,65
Total		1214,59

Tabela 4.1: Custo do material fase 1

Eventualmente, esta tabela não estará completa, visto que todo o processo não foi testado, podendo assim faltar algum componente para a resolução de um (ou mais) problema que pudesse aparecer à *posteriori*, também falta complementar o preço das resistências, condensadores e afins algo que se pode ignorar tendo em conta a diferença do custo dos componentes. É de salientar que o custo dos cabos elétricos e da industrialização das PCB não foi calculado, contudo nesta fase esperava-se desenvolver 3 PCB, apesar dos esquemas elétricos não terem sido realizados. Sendo elas:

- 1 - Placa do MC;
- 2 - Placa de processamento do MA10;
- 3 - Placa de módulo cacifo.

Na figura 4.12 está esquematizado a localização das placas na MV.



- 1- Localização da placa MC
- 2- Localização da placa MA10
- 3- Localização das 10 placas módulo cacifo

Figura 4.12: Localização das PCB na fase1

O motivo da separação do MA10 em duas placas é diminuir a quantidade de cabos elétricos necessários para a implementação prática do sistema na MV. Nesta altura de desenvolvimento não estava delineado por onde iriam passar os cabos elétricos nem como esse processo iria ser realizado. Todas as próximas fases já contêm este processo desenvolvido, na próxima secção será descrito todo o desenvolvimento da fase 2.

4.3 *Hardware* da fase 2

Nesta secção será descrito o *hardware* escolhido para esta fase, bem como todo o processo desenvolvido para uma MV com 10 garrafas de gás. No final da secção será explicado a modificação necessária para a MV suportar 20 garrafas de gás. Uma das grandes diferenças entre esta fase e a fase 1 é o desaparecimento do MC e do MA10, passando a estar tudo integrado fisicamente no mesmo módulo. Com a eliminação do WiFi interno, e consequentemente a ESP, foi necessário encontrar um microcontrolador para o projeto. O microcontrolador escolhido foi o Arduino UNO. Este Arduino será usado nas próximas fases. De salientar que nesta fase o desenvolvimento ficou praticamente concluído, faltando o desenvolvimento das PCB, e consequentemente os ensaios e a montagem na MV.

Arduino UNO

O Arduino é uma placa de desenvolvimento quem tem um microcontrolador com 14 pinos de *input* e *output* digitais e 6 *input* analógicas, o qual pode ser programado com IDE do Arduino. Este módulo tem como principais características, ter um microcontrolador ATmega3328T, tensão de funcionamento de 5V, 14 pinos GPIO com funções de PWM, I2C, SPI, etc, [30].

A sua principal função é analisar e controlar as entradas e saídas da MV, isto é, controlar o módulo cacifo. Todas as decisões de onde irá ser colocada a garrafa de gás vazia e retirada a cheia será realizada pelo RASP, onde à *posteriori* enviará essa informação para o Arduino e este atuar o devido módulo cacifo. Sempre que exista uma alteração em qualquer dos sensores do módulo cacifo essa informação será enviada para o RASP para este depois introduzir na base de dados.

O motivo da sua escolha é maioritariamente reaproveitar algum do *hardware* e *software* já desenvolvido na fase anterior e ao mesmo tempo poder criar um módulo para cada conjunto de 10 garrafas controladas pelo Arduino, onde este já terá *outputs* suficientes para ativar todos os seletores (*bit* A0) do módulo cacifo.

Como já referido uma das grandes alterações foi eliminação dos sensores propostos para a deteção de fraude, contudo essa modificação influenciou diretamente o módulo cacifo. Na próxima secção serão explicadas essas alterações.

4.3.1 Módulo cacifo fase 2

Nesta secção será descrito o processo utilizado para a instrumentação e atuação de cada cacifo. Em cada cacifo será necessário analisar os seguintes dados:

- 2 ADC para leitura dos 2 sensores de carga (balança, 2 *input*);
- Switch do estado da porta: aberta ou fechada (1 *input*);
- Ativar Trinco do cacifo (1 *output*).

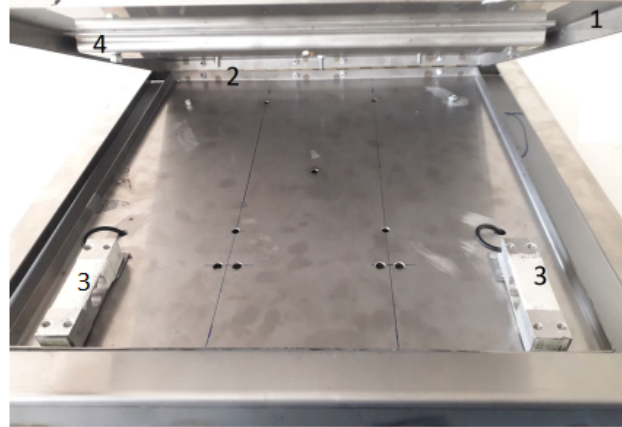
Assim sendo pode-se reparar que se passa a analisar 4 dados (3 *input* e 1 *output*) enquanto que na fase anterior tinha-se de analisar 8 dados. Para tal voltou-se a utilizar o AD5593R mas deixa-se de utilizar o MCP23017 visto que o Arduino já tem *output* suficientes para comandar o A0 (seletor) de 10 módulos cacifos. Contudo este número de dados acabou por ser alterado devido ao desenvolvimento da balança, que inicialmente estava planeado ser realizado com 2 sensores de carga, passou a ser realizado com 4 sensores de carga. De seguida será explicado o processo de desenvolvimento da balança e as suas etapas.

Balança

Neste subcapítulo será descrito todo o processo de desenvolvimento da balança, que será dividido nas seguintes etapas: 1- Balança com 2 sensores de carga de 20Kg; 2- Problemas levantados com balança de 2 sensores de carga; 3- Desenvolvimento de uma nova balança de

4 sensores de carga; 4- Calibração da balança.

Inicialmente foi desenvolvido uma balança com 2 sensores de carga, a equipa de desenvolvimento mecânico apresentou a solução da figura seguinte.



- 1- Tampo da balança, local onde se coloca a garrafa de gás.
- 2- Dobradiça, para se poder fechar o tampo.
- 3- Sensor de carga.
- 4- Batente para fazer pressão sobre os sensores de carga.

Figura 4.13: Desenvolvimento mecânico da balança com 2 sensores de carga

Ao analisar-se esta balança pode-se verificar que na parte de trás tem uma dobradiça. Esta dobradiça foi colocada para facilitar a realização da manutenção corretiva, dando assim para levantar o tampo e aceder a qualquer sensor de carga. Também possibilita a localização da placa do módulo cacifo. Os sensores de carga usados na balança foram os SEN05028 que têm as seguintes características [31]:

- Capacidade máxima de 20Kg;
- Tensão de excitação recomendada de 5 a 15V;
- Temperatura de funcionamento de -35 a 80°C;
- Tem uma ponte de *wheatstone* integrada.

Para utilizar esta célula foi necessário utilizar um amplificador de instrumentação com um determinado ganho para à *posteriori* enviar o sinal para um ADC do AD5593R. O amplificador de instrumentação usado foi o AD623N tendo as seguintes características [32]:

- Capacidade de trabalhar em tensão simples (0 a 12V) ou simétrica (-6 a 6V);
- O ganho pode variar entre 1 e 1000;
- Temperatura de trabalho -40 a 85°C.
- Precisão de 0,35% com ganho maior que 1.

Na figura 4.14 está representado o circuito utilizado para a leitura de um sensor de carga.

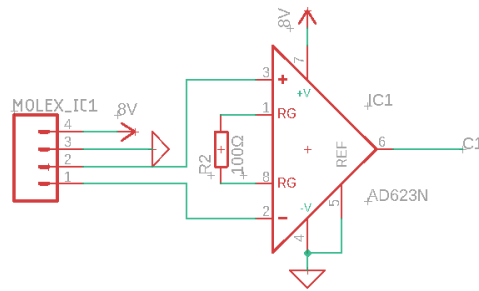


Figura 4.14: Esquema elétrico de um sensor de carga

Neste esquema está representado uma molex de 4 pinos, será aqui que irá ligar o sensor de carga. Todos os ensaios foram realizados com um potenciômetro no local da resistência de ganho, para poder alterar o ganho quando necessário, visto que a equação para o cálculo do ganho é a seguinte:

$$G = 1 + \frac{100k(\Omega)}{Rg} \quad (4.1)$$

O ganho deste amplificador de instrumentação é de 1001, visto que Rg usada é de 100 Ω (com 0,1% de erro de acordo com [32]).

Assim sendo começou-se o ensaio a balança com 2 sensores de carga. Neste ensaio utilizou-se uma garrafa de gás com aproximadamente 11Kg, durante o ensaio a garrafa foi abanada e colocada em diversos pontos da balança (zona 1 e zona 2), tendo em conta que a área do prato da balança era superior ao da garrafa do gás, este ensaio serviria para verificar se a medição em qualquer ponto da balança era sempre igual. Na figura 4.15 está representada a região onde foi colocada a garrafa de gás.

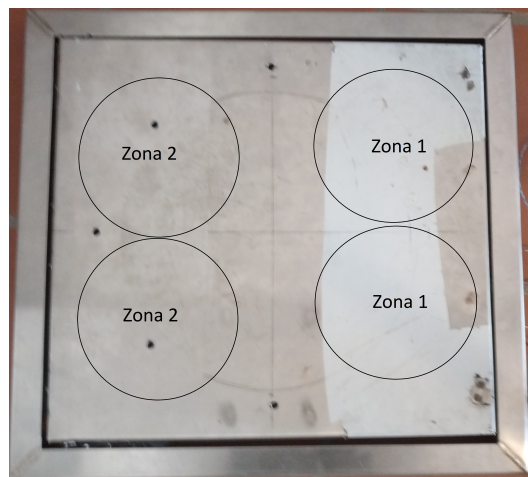


Figura 4.15: Zona da colocação da garrafa de gás no ensaio com 2 sensores de carga

Para se poder obter os dados sempre no mesmo intervalo de tempo, as leituras foram realizadas segundo o diagrama temporal da figura seguinte.

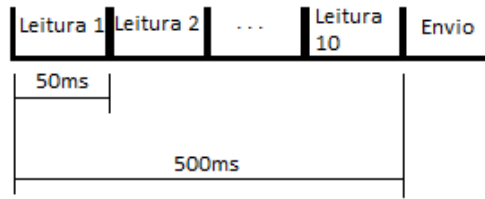


Figura 4.16: Diagrama temporal da leitura de dados do ensaio balança com 2 sensores de carga

Neste diagrama pode-se verificar que os dados enviados foram a média de 10 leituras, cada leitura é igual à soma dos resultados obtidos pelos dois ADC dos sensores de carga, sabendo que o ADC do AD5593R tem $12bit$ este valor pode variar entre 0 e 8192.

Na figura 4.17 e na figura 4.18 estão representados os gráficos de diversos ensaios realizados. No primeiro caso, são os dados de um ensaio durante 160 segundos, enquanto que o segundo caso são os dados de 14 ensaios durante 100 segundos onde a garrafa de gás é colocadas em diferentes zonas da balança.

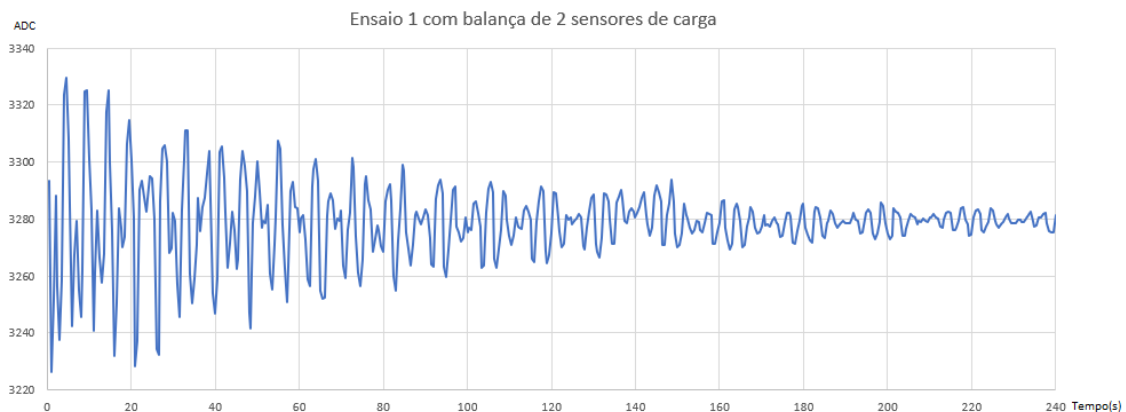


Figura 4.17: Resultados do ensaio com balança com 2 sensores de carga

Ao verificar este gráfico depara-se com um *ouvershoot* nos dados lidos do peso da garrafa, este efeito deve-se ao processo de colocação da garrafa na balança que foi abanado, e logo, o gás remanescente da garrafa foi agitado.

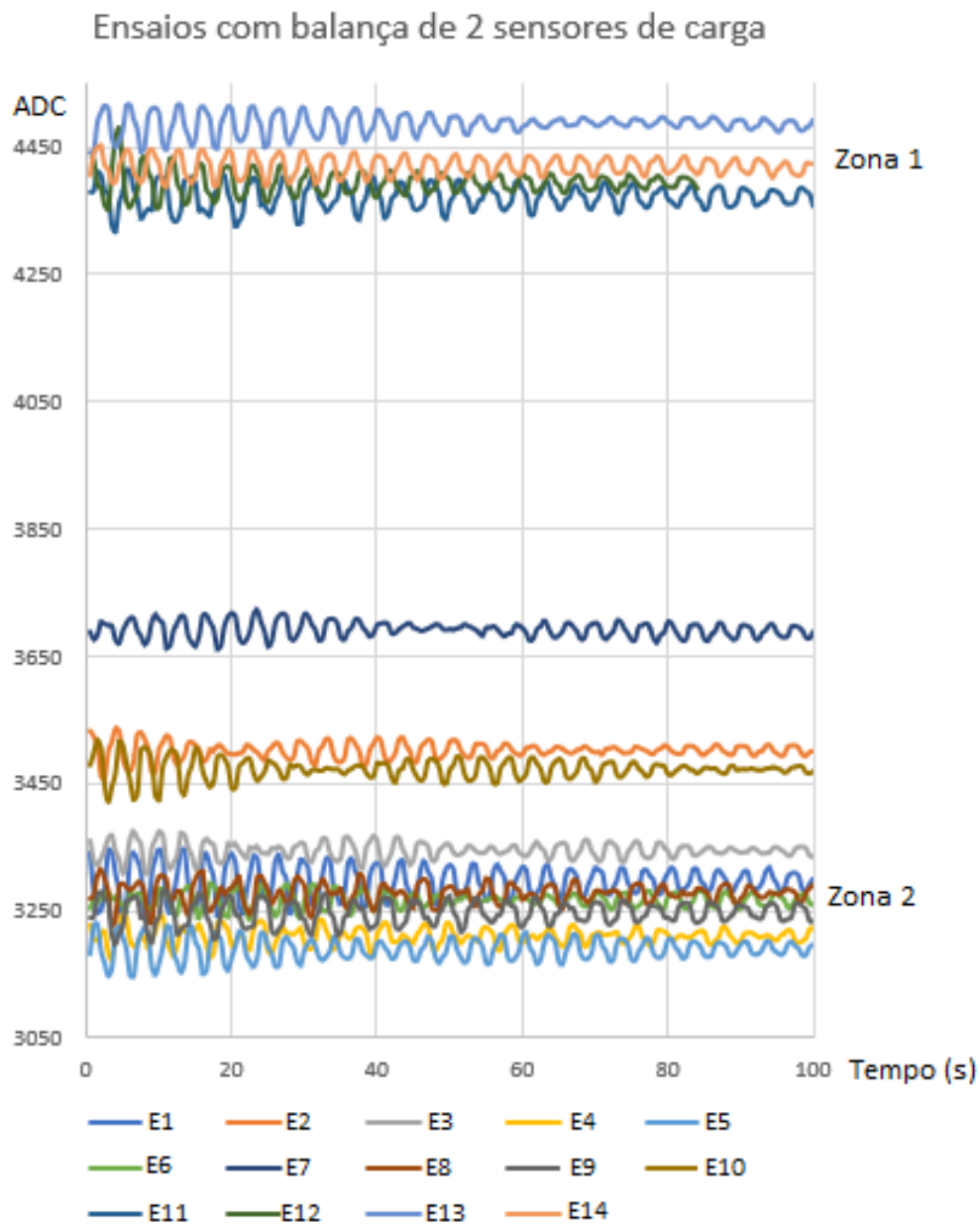


Figura 4.18: Resultados de vários ensaios com balança com 2 sensores de carga

Ao analisarmos este gráfico depara-se com diferentes situações:

1 - Dependente da localização, zona 1 ou zona 2, o valor lido varia aproximadamente 25% em relação ao valor máximo possível, sendo sempre maior na zona 1 (mais perto dos sensores de carga);

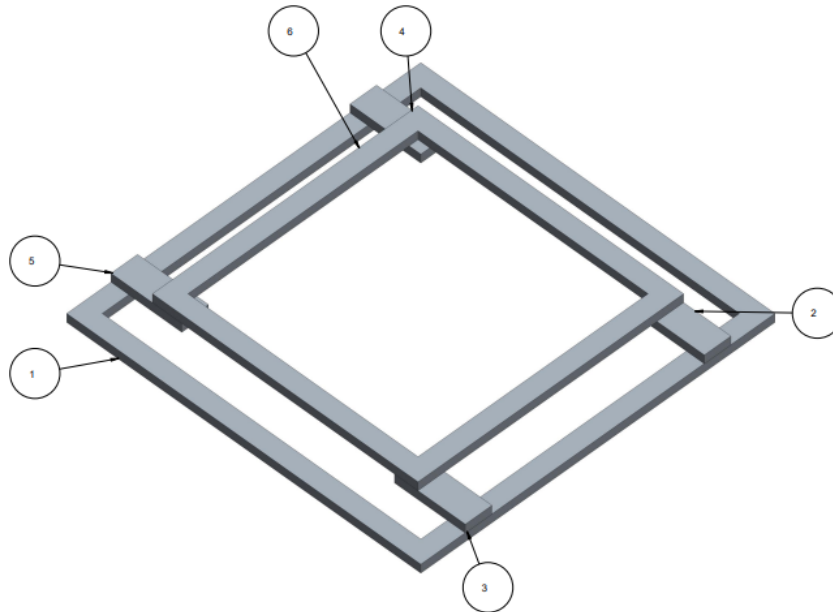
2- A colocação da garrafa do gás não vazia faz com que o peso lido instantaneamente varie ao longo do tempo, sendo necessário esperar que o sistema estabilize para se poder retirar um valor do peso mais correto possível;

3- Ao longo do tempo a variação referida no ponto anterior tende a desaparecer e ficar

igual ao valor médio.

Para colmatar este problema do local onde se colocava a garrafa, foram sugeridos diversas formas mecânicos, mas em nenhum se conseguia garantir que o cliente colocaria a garrafa sempre no mesmo local, assim sendo foi realizada uma balança que tem 4 sensores de carga.

Na figura 4.19 está um esquema de como seria a balança com 4 sensores de carga, tendo o tampo unicamente apoiado sobre os sensores de carga.



- 1 - Base inferior.
- 2, 3, 4 e 5 - Sensor de carga.
- 6 - Base superior.

Figura 4.19: Esquema de balança com 4 células de carga

Esta balança não chegou a ser desenvolvida pela equipa de mecânica, tendo em conta que nessa altura estava-se a refazer todo o design da MV, contudo foi desenvolvida protótipo rudimentar para prova de conceito. Na figura seguinte está representado a balança protótipo desenvolvida.



Figura 4.20: Balança desenvolvida

Ao analisar-se esta balança nota-se alguns problemas, o tampo não está fixo aos sensores de carga, o que não irá representar a balança que deveria ser construída para a MV.

Depois da balança montada foi realizado o ensaio de colocar a mesma garrafa em diferentes zonas da balança para verificar se a variação de peso da garrafa altera consoante a posição. Sendo utilizados 4 sensores de carga e estando ligados a 4 ADC o valor máximo obtido pela soma é de 16384. Na figura 4.21 está representado um gráfico de diversos ensaios realizados.

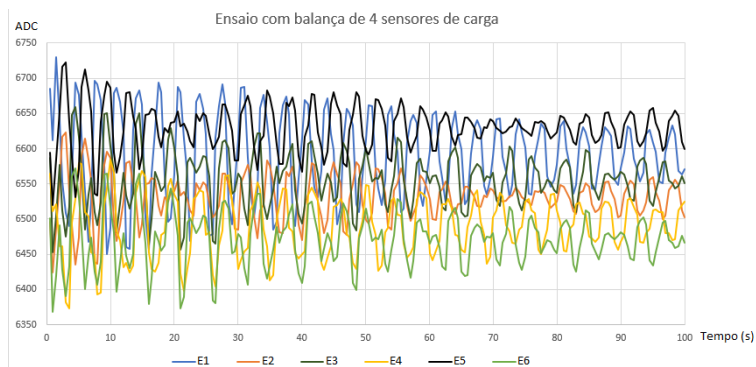


Figura 4.21: Resultados do ensaio balança com 4 sensores de carga

Na tabela seguinte está representado do valor médio de cada um dos ensaios representados na figura anterior.

Ensaio N ^o	Valor médio
Ensaio 1	6592
Ensaio 2	6531
Ensaio 3	6556
Ensaio 4	6490
Ensaio 5	6629
Ensaio 6	6471

Tabela 4.2: Valor médio dos resultados dos ensaios balança com 4 sensores de carga.

Ao analisar-se este gráfico e esta tabela verifica-se que a variação do valor médio entre os 6 ensaios é de aproximadamente 3% ao contrário do que acontecia na balança desenvolvida com 2 sensores de carga. Já o comportamento da colocação da garrafa de gás é igual ao que se obteve na balança com 2 sensores de carga.

De seguida será explicado um ensaio para verificar o comportamento da balança com diferentes pesos, para assim poder tirar uma equação da relação entre o valor lido pelo ADC e o peso da garrafa. A colocação dos pesos foi num local determinado (ao centro da balança) com o objetivo do erro dos 3% não influencie o resultado. Na realização deste ensaio retirou-se diversos valores, sendo eles a soma do valor do ADC dos 4 sensores de carga, bem como o valor de cada um deles individualmente. Na figura 4.22 será apresentado o gráfico da soma do valor do ADC dos 4 sensores de carga, bem como a equação da reta do gráfico.

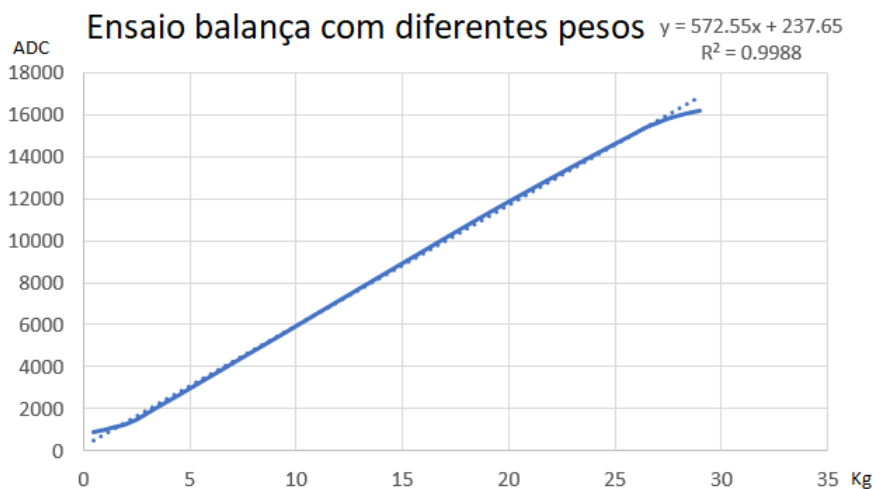


Figura 4.22: Resultados do ensaio balança com 4 sensores de carga com diferentes pesos

Ao analisar-se este gráfico repara-se que o gráfico é linear entre os 3kg e os 27kg. Contudo nas 2 extremidade não existe linearidade. No caso dos 0 aos 3kg este problema deve-se ao fato da relação entre o sinal e o ruído ser muito pequena, já no outro extremo pode ser provocado pela saturação do circuito de amplificação dos sensores de carga. Estes dois pontos de não linearidade não criam problemas no desenvolvimento da balança, porque a garrafa vazia pesa no mínimo 5,3kg e no máximo de 29kg [33]. Como o objetivo é pesar o gás remanescente quando a garrafa está (quase) vazia, e como a tara mínima é de 5,3Kg, o sistema é linear na zona de escala de interesse (de 5,3Kg a 27Kg). De seguida será apresentado os valores dos ADC de cada sensor relativamente ao ensaio anterior, bem como a equação da reta de tendência do gráfico. Nos gráficos apresentados estarão só os resultados entre os 3 e os 27kg.

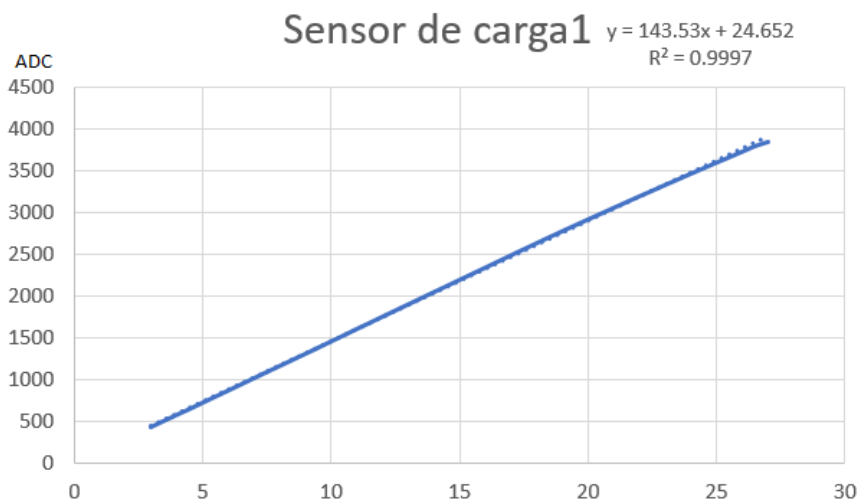


Figura 4.23: Resultados do ensaio balança com diferentes pesos sensor 1

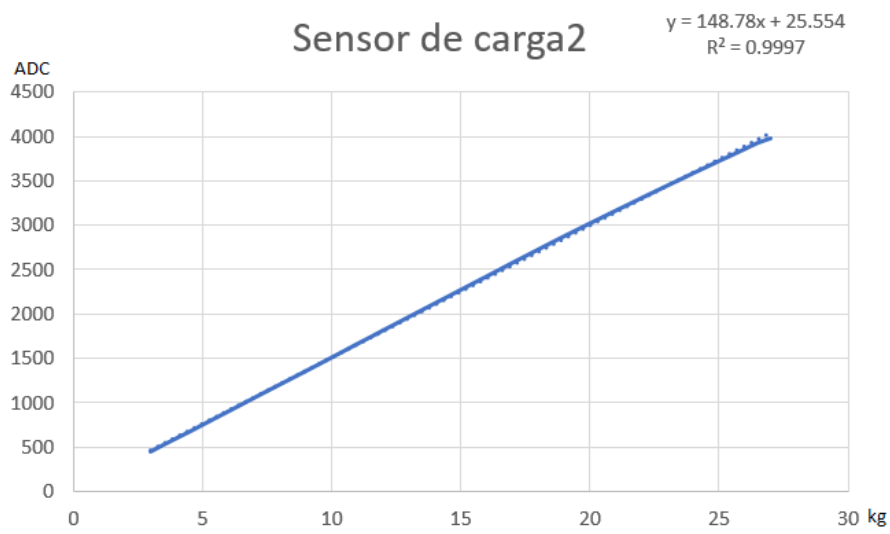


Figura 4.24: Resultados do ensaio balança com diferentes pesos sensor 2

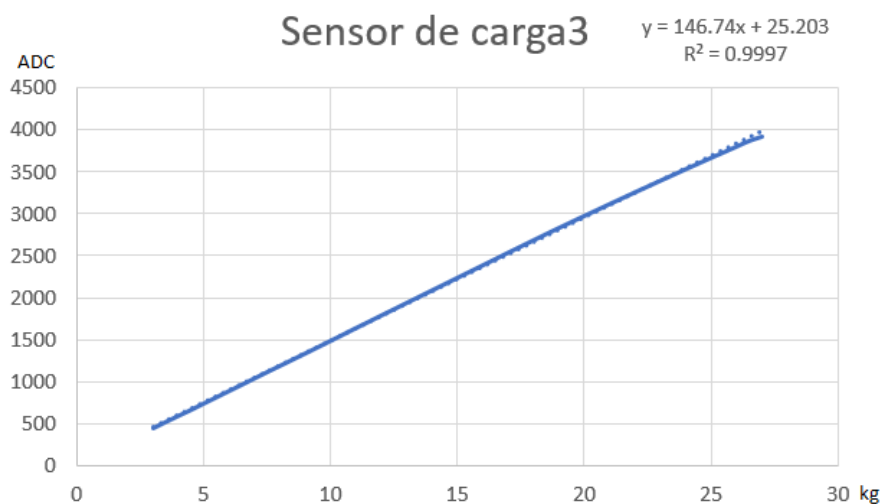


Figura 4.25: Resultados do ensaio balança com diferentes pesos sensor 3

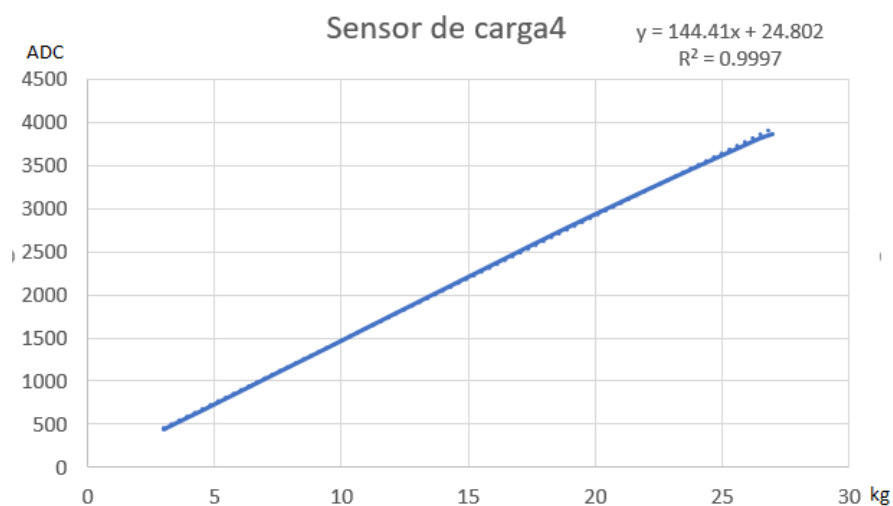


Figura 4.26: Resultados do ensaio balança com diferentes pesos sensor 4

Apesar do circuito de amplificação ser igual, ao analisar-se os 4 gráficos (das figuras 4.23, 4.24, 4.25 e 4.26) repara-se que não são iguais, visto que as próprias resistências R_g usadas no amplificador de instrumentação tem uma tolerância de erro, tal variação influencia diretamente a tensão de saída do próprio amplificador. Contudo repara-se que os 4 gráficos são lineares na mesma gama de valores. Na tabela seguinte será representado a percentagem da variação média em relação ao valor médio dado pelos 4 sensores, para de seguida se poder corrigir o erro associado a esta variação.

Sensor de carga	% Média
Sensor de carga 1	98,4%
Sensor de carga 2	102%
Sensor de carga 3	100,6%
Sensor de carga 4	99%

Tabela 4.3: Variação em percentagem face ao valor médio das 4

Ao analisarmos esta tabela repara-se que apesar de teoricamente os circuitos serem iguais e consequentemente o resultado esperado deveria ser similar, verifica-se uma diferença de 3,6% face ao valor médio obtido, contudo esta variação pode ser corrigida a nível de *software*. Esta variação foi resolvida segundo a seguinte equação

$$Valor\ final = \frac{Valor\ ADC * 100}{\%Media} \quad (4.2)$$

Assim sendo, prova-se que esta balança, nestas condições específicas consegue ser calibrada com um preço acessível. No entanto, a balança será industrializada, e assim este processo torna-se inviável.

Assim sugere-se a realização de um novo processo de calibração tendo em conta este ensaio. O processo de calibração passa pelas seguintes fases:

- 1 - Colocação de um peso definido (10kg) num ponto da balança definido (centro);
- 2 - Retirar valor lido por cada sensor de carga;
- 3 - Comparar com o valor médio do ensaio anterior;
- 4- Verificar a diferença entre valor lido e valor médio do ensaio anterior em percentagem;
- 5- Utilizar a equação 4.2 para se saber o valor final;
- 6- Usar a diferença em percentagem para as pesagens seguintes.

Na tabela seguinte estão representados alguns resultados de ensaios no qual foi alterado o ganho do amplificador do sensor de carga 1.

Rg (Ω)	Valor ADC lido	Valor esperado	% diferença
110	1413	1482	90,7%
90	1697	1482	109%
97	1603	1482	103%
107	1453	1482	93,3%

Tabela 4.4: Variação do ganho do sensor de carga 1 e correção do efeito

Assim sendo este processo poderá ser realizado em qualquer balança, tendo somente de realizar uma calibração no ato da instalação da MV e armazenar o valor da calibração na base de dados do sistema. O processo envio para a base de dados da calibração que é necessária fazer será explicado no capítulo 5, enquanto que o processo de calibração será explicado no capítulo 6.

Este processo de desenvolvimento da balança também será usado na fase 3. Nesta versão ainda não se encontra definida qual seria a bateria para garantir que a MV fique em funcionamento durante 24h (especificação inicial da empresa que pediu o desenvolvimento do protótipo da MV) após falta de energia. Assim sendo na figura seguinte está um diagrama de como estarão interligados todos os componentes elétricos desta versão.

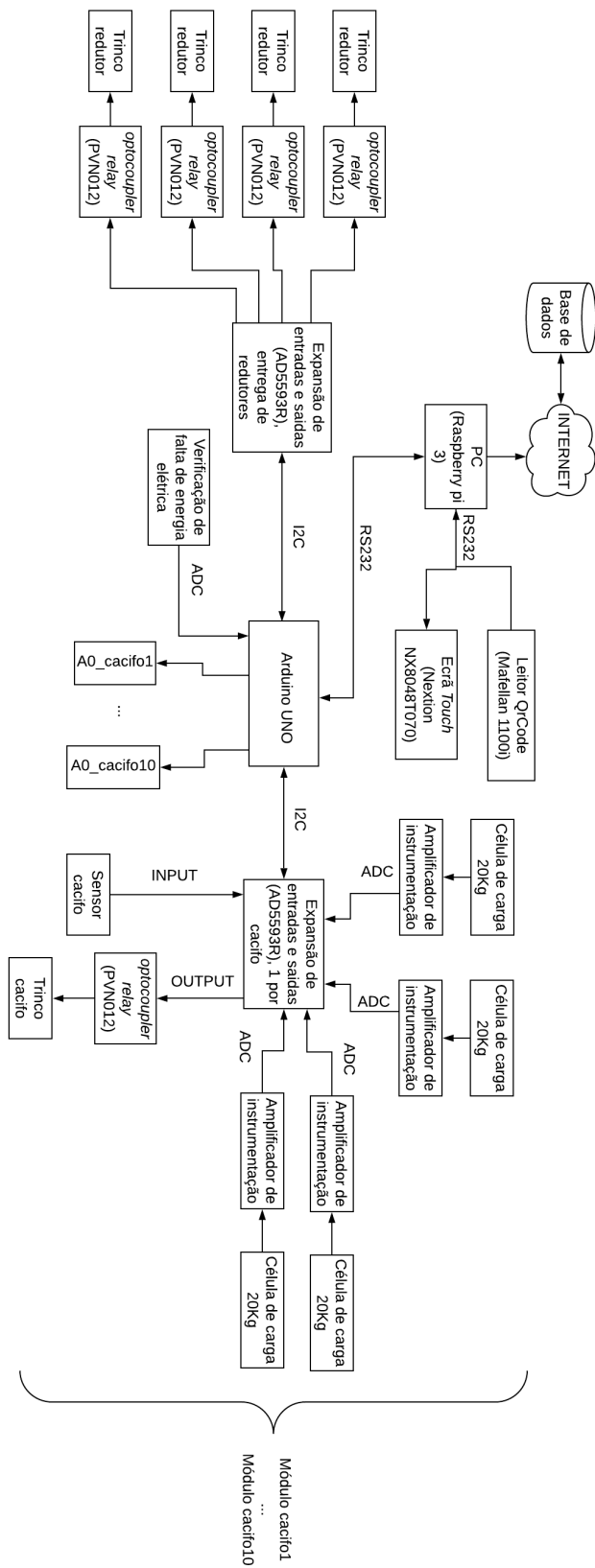


Figura 4.27: Interligação dos componentes na fase 2

Este diagrama representa os componentes, bem como o processo de comunicação de uma MV com 10 garrafas de gás. No caso do processo de comunicação este será explicado no capítulo 5. Já no caso da utilização de uma MV com 20 garrafas de gás todos os componentes usados deverão ser replicados. O objetivo de estar a replicar custos com componentes que não serão usados é para reduzir o número de PCB diferentes. Na tabela 4.5 está representado o custo dos componentes da fase 2.

Componente	Quantidade	Custo unitário (€)
Raspberry pi 3	1	39,99 [28]
Nextion NX8048T070	1	69,95
Leitor QrCode Magellan 1100i	1	252,03
Trincos KERONG modelo KR-S99	14	13,74
Arduino uno	1	20,00
PVN012	14	4,60
AD5593R	11	6,12
Sensor de carga SEN05028	40	13,50
AD623N	40	4,41
P82B7215PN	2	1,93
Total		1426,31

Tabela 4.5: Custo do material fase 2

Para a interligação destes componentes foi planeado realizar duas placas, a placa do módulo cacifo e a placa central. O objetivo da separação destas placas foi a redução da quantidade de cabos a passar entre os cacifos e o módulo central, bem como ter uma placa o mais perto possível dos sensores de carga, diminuindo assim possíveis interferências nos dados obtidos. Na figura 4.28 está esquematizado o local onde serão colocadas as placas.

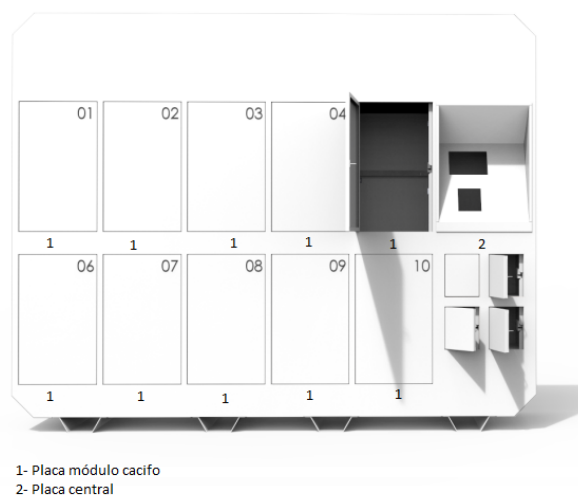


Figura 4.28: Localização das placas na fase 2

Os esquemas elétricos para o desenvolvimento destas placas encontram-se no anexo A. O desenvolvimento das placas não foi realizado nem o processo de testar a balança na MV. Apesar disto, o processo de montagem da MV foi pensado e está descrito no capítulo 6.

Na próxima secção será explicado todo o processo de desenvolvimento do *hardware* da fase 3, de salientar que a balança usada será a mesma que a descrita nesta secção.

4.4 *Hardware* da fase 3

Nesta secção será descrito o *hardware* escolhido para esta fase, bem como todo o processo desenvolvido. Uma das grandes diferenças entre esta fase e a fase anterior é o aparecimento de uma nova versão da MV. Assim sendo esta MV passa a ter 4 versões sendo elas as seguintes:

- MV com 10 garrafas e com balança em cada cacifo;
- MV com 20 garrafas e com balança em cada cacifo;
- MV com 10 garrafas, sem balança e com detetor de garrafa de gás;
- MV com 20 garrafas, sem balança e com detetor de garrafa de gás.

Como já referido as primeiras 2 versões são iguais a fase 2, contudo as outras 2 versões serão desenvolvidas. O principal objetivo para o desenvolvimento da versão sem balança é a diminuição do custo de desenvolvimento, contudo o processo foi projetado para ter unicamente 2 PCB, de preferência na mesma localização do que na fase anterior reaproveitando assim as PCB da fase anterior.

Sendo que todas as alterações são dentro do cacifo, visto que só existe o aparecimento do processo de deteção de garrafas de gás, só é necessário alterar a placa do módulo cacifo.

4.4.1 Módulo cacifo fase 3

Nesta secção será descrito o processo utilizado para a deteção e atuação de diferentes tipos de sinais na conceção deste módulo para esta fase. Como descrito no capítulo 3, secção 4 este módulo terá de analisar a balança definida na fase anterior, bem como o processo de deteção de garrafa de gás, desenvolvido com 1 emissor e 2 recetores infravermelhos. Assim sendo neste módulo é necessário analisar os seguintes dados:

- *Switch* do estado da porta: aberta ou fechada (1 *input*);
- Ativar trinco do cacifo (1 *output*);
- 4 ADC para a balança;
- 2 recetores infravermelhos (2 *input*).

Neste desenvolvimento o emissor infravermelho estava sempre ligado, o que à *posteriori* se detetou que não seria uma boa solução a adotar, assim sendo tem-se de analisar 3 *input*, 1 *output* e 4 ADC, dando um total de 8 dados. Como já se estava a utilizar o AD5593R que tem a capacidade de ler e atuar 8 dados, dá para fazer um reaproveitamento do circuito, acrescentadndo os dois recetores infravermelhos.

O processo de escolha do tipo de versão que se está a utilizar terá de ser definida na altura da instalação pelo instalador, deixando assim essa informação na base de dados do sistema, para à *posteriori* ser enviada do RASP para o Arduino. Este processo será explicado no capítulo 5.

Para a implementação do recetor infravermelho foi implementado o circuito da figura 4.29.

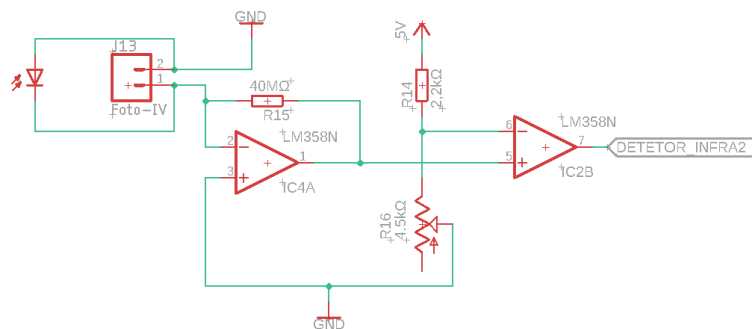


Figura 4.29: Circuito de deteção de recetor infravermelho

Ao analisar-se este circuito repara-se num novo elemento, o LM358N. Este amplificador operacional foi usado porque tem as caraterísticas essenciais, nomeadamente: trabalhar em tensão simples dos 0 aos 32V, e cada integrado, fisicamente, é composto por dois 2 amplificadores [34].

No amplificador operacional IC4A está ligado numa configuração de amplificador de fotocélulas ou também designado por conversor corrente para tensão [35], sabendo que o recetor infravermelho se comporta como um gerador de corrente, este torna-se o circuito mais apropri-

ado para amplificação do seu sinal. No amplificador operacional IC4B está um amplificador a trabalhar como comparador, isto é, está a comparar a tensão de saída do IC4A com a tensão de um divisor resistivo. Neste divisor resistivo existe um potenciómetro para se poder ajustar o valor da tensão de comparação podendo variar entre 0 e 3,4V. Assim a saída do amplificador operacional IC4B pode obter unicamente 2 estados possíveis, 0V e 5V, obtendo-se assim uma deteção digital e podendo ligar este sinal numa entrada digital do AD5593R.

Para o ensaio de funcionamento deste circuito foram realizados alguns ensaios. Para tal foi utilizado uma estrutura metálica semelhante a um cacifo, colocando e retirando uma garrafa de gás. Este teste foram realizados ao ar livre com céu limpo em Agosto perto de Aveiro. Na tabela seguinte estão descritos os ensaios realizados e os resultados obtidos.

Ensaio	Nº de repetições	Resultados
Ao nascer do sol	15	Todas corretas
Ao meio do dia	15	Todas corretas
Ao por do sol	15	Todas corretas
À noite	15	Todas corretas

Tabela 4.6: Ensaios de validação dos infravermelhos

É de salientar que durante o ensaio ao meio dia reparou-se que o recetor infravermelho atuava quando se retirava a garrafa de gás sem se ter de ativar o emissor infravermelho. Contudo acaba por não ser um problema, visto que quando está uma garrafa de gás no cacifo não deixa passar raios infravermelhos suficientes para ativar o circuito.

O emissor de infravermelho está ligado a 5V DC com consumindo uma corrente de 50mA. Assim, o consumo energético aumenta sendo um problema devido ao número de emissores e tempo destes ligados. Visto que cada emissor consome aproximadamente 0,25Wh e tendo em conta que cada MV terá no mínimo 10 emissores, resulta num consumo energético de 2,5Wh por cada hora de funcionamento.

Ao final de 30 dias o consumo energético dos emissores infravermelhos será de aproximadamente 1800Wh. Este valor pode ser facilmente reduzido, colocando um sistema que ligue o emissor somente quando se está a realizar a leitura de dados. No entanto este processo só foi realizado na fase 4. Assim sendo na figura seguinte está um diagrama de como estarão interligados todos os componentes eletrónicos desta fase.

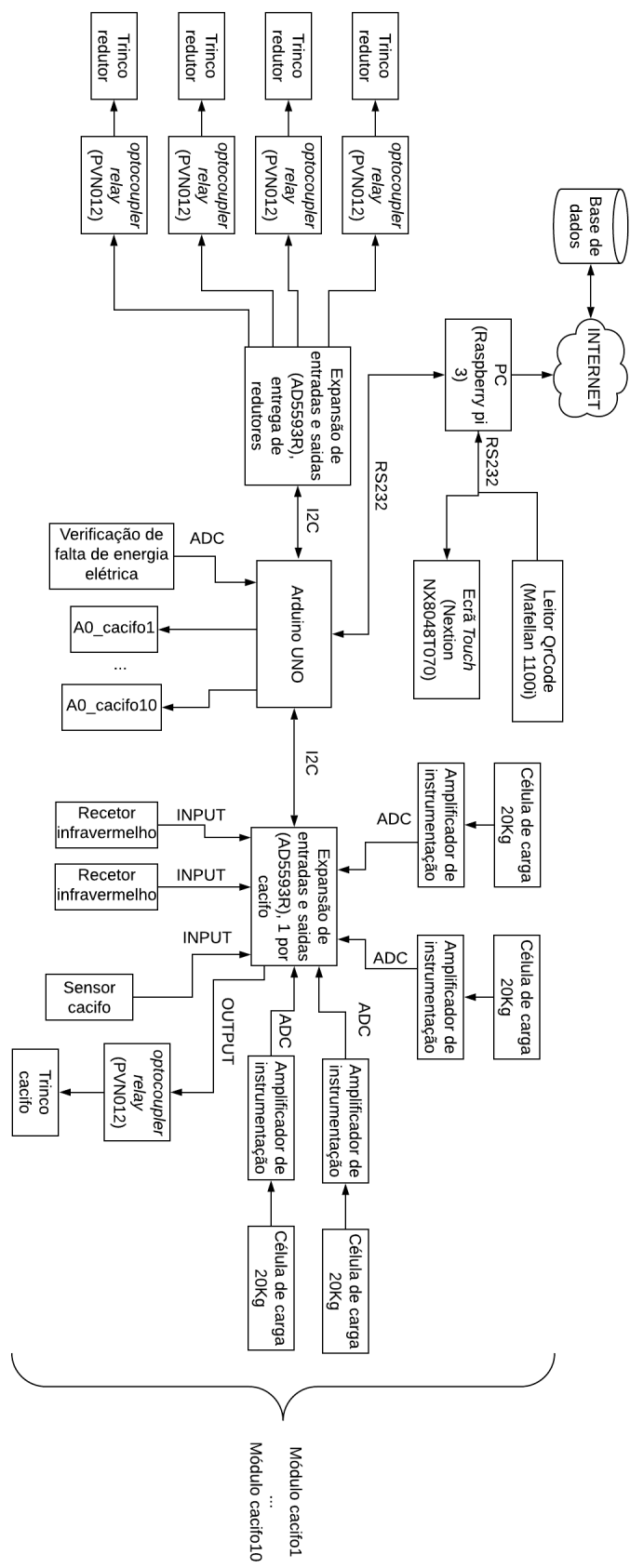


Figura 4.30: interligação dos componentes na fase 3

Para as diferentes versões (com ou sem balança, com ou sem detetores de garrafa), o que altera a nível prático é a colocação dos sensores de carga ou dos infravermelhos. Contudo verificar-se-á que a poupança a nível de material é bastante significativa tendo em conta o custo dos sensores de carga em face ao custo dos emissores e recetores infravermelhos.

Assim sendo todos os componentes estão definidos, na tabela 4.8 está representado o custo dos componentes da fase 3.

Componente	Quantidade	Custo unitário (€)
Raspberry pi 3	1	39,99 [28]
Nextion NX8048T070	1	69,95
Leitor QrCode Magellan 1100i	1	252,03
Trincos KERONG modelo KR-S99	14	13,74
Arduino uno	1	20,00
PVN012	14	4,60
AD5593R	11	6,12
Sensor de carga SEN05028	40	13,50
AD623N	40	4,41
P82B7215PN	2	1,93
Emissor infravermelho	10	0,65
Recetor infravermelho	20	0,65
LM358N	20	0,74
Total		1460,61

Tabela 4.7: Custo do material fase 3

Como já referido para a interligação destes componentes foram planeadas a realização de 2 placas, tendo elas as mesmas características das placas da fase 2. A única placa que teve alteração foi a placa do módulo cacifo. Os esquemas elétricos das placas encontram-se no anexo A. Já as localizações das placas mentem-se inalterada em relação à fase anterior. Estas placas não chegaram a ser desenvolvidas, portanto nunca se testou esta fase. No entanto, o processo planeado para a montagem da MV será descrito no capítulo 6. Na próxima secção será descrito a última fase da máquina, que terá como melhorias reduzir o custo de produção, retirando a balança, bem como a definição da bateria necessária para o funcionamento da máquina em caso de falha de energia. Também será descrito a solução encontrada para promover a poupança de energia dos emissores de infravermelho.

4.5 *Hardware* da fase 4

Nesta secção será descrito o forma utilizada para a deteção e atuação de diferentes sistemas (trinco, emissor infravermelho). Relativamente à fase anterior, a alteração mais significativa foi o desaparecimento das versões com balança. Nesta fase do projeto a MV só tem 2 versões sendo elas a versão de 10 ou 20 garrafas com detetor de garrafa de gás (baseado em infravermelho).

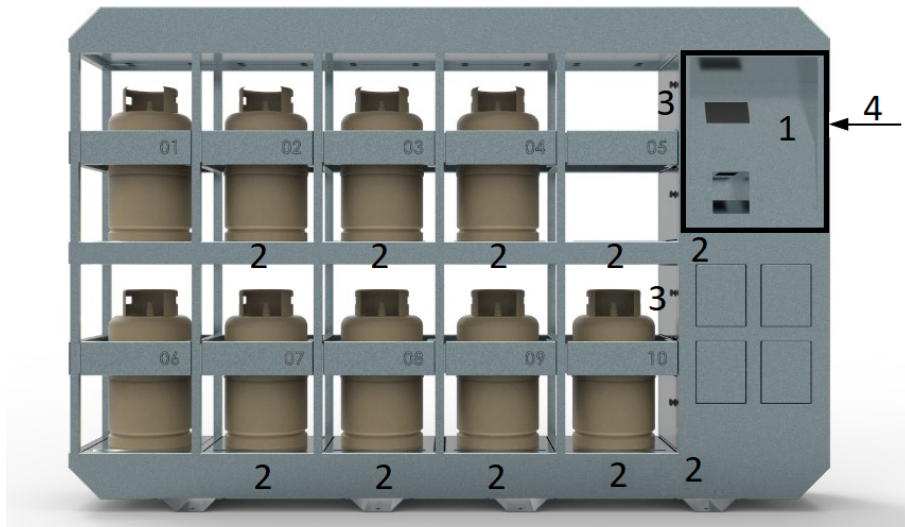
Aquando do processo de montagem deparou-se com alguns problemas a nível da (futura) realização da manutenção. Como toda a estrutura da máquina é estanque, logo o acesso a esta é dificultado, havendo necessidade de se encontrar soluções para se fazer a devida manutenção.

Estas soluções foram a possível colocação de trincos elétricos na gaveta onde se encontra o quadro elétrico e a recolocação das placas eletrónicas.

A alteração da colocação dos trincos na gaveta onde se encontra o quadro elétrico é uma alteração mais mecânica do que eletrónica. O processo da colocação destes trincos elétricos ou, em alternativa manuais, não ficou completamente definido. Assim, alterou-se a placa central para poder levar mais 4 trincos usando as mesmas condições elétricas que as definidas para as portas dos cacifos e redutores.

A recolocação das placas de cacifo por baixo do cacifo N+1 e não por baixo do próprio (N) tem o propósito de facilitar o acesso ao cacifo em caso de avaria. Isto porque, caso a placa do cacifo N avarie, com uma garrafa no seu interior impossibilita o acesso à placa e actuação manual do trinco. Com a placa por baixo do cacifo N+1, caso a placa avarie, o cacifo a ser aberto e desmontado é o cacifo N+1 e não o N. No cacifos da extremidade a placa está acessível através duma fechadura banal.

Na figura 4.31 está representado a localização das diversas placas.



- 1- Placa principal
- 2- Placa módulo cacifo
- 3- Acesso à placa 2
- 4- Gaveta do quadro elétrico

Figura 4.31: Localização das PCB na fase 4

Como se pode verificar na figura, quando se necessitar de aceder ao cacifo 4 basta abrir a porta de acesso à zona do quadro elétrico, abrir a porta do cacifo 5 e desmontar o tampo do mesmo.

Estas alterações levaram a alterações em todas as placas elétricas em relação à fase anterior. No caso da placa de cacifo, foram retirados todos os componentes que dizem respeito à balança e acrescentou-se um controlo do emissor infravermelho semelhante ao utilizado para ativar o trinco. Este controlo serve para diminuir o consumo de energia deste componente, passando a estar apenas ativo alguns segundos de 5 em 5 minutos. Esta ativação é apenas executada quando não está a decorrer nenhum processo de compra. Durante o processo de compra os emissores de infravermelho de interesse para essa compra são ativados durante todo o tempo da compra.

Já no caso da colocação dos 4 trincos na gaveta do quadro elétrico foi replicado o processo existente para os trincos do dispensador de redutores, o esquema elétrico destas placas encontra-se no anexo A.

Assim sendo na figura seguinte está um diagrama de como estarão interligados todos os componentes eletrónicos desta versão.

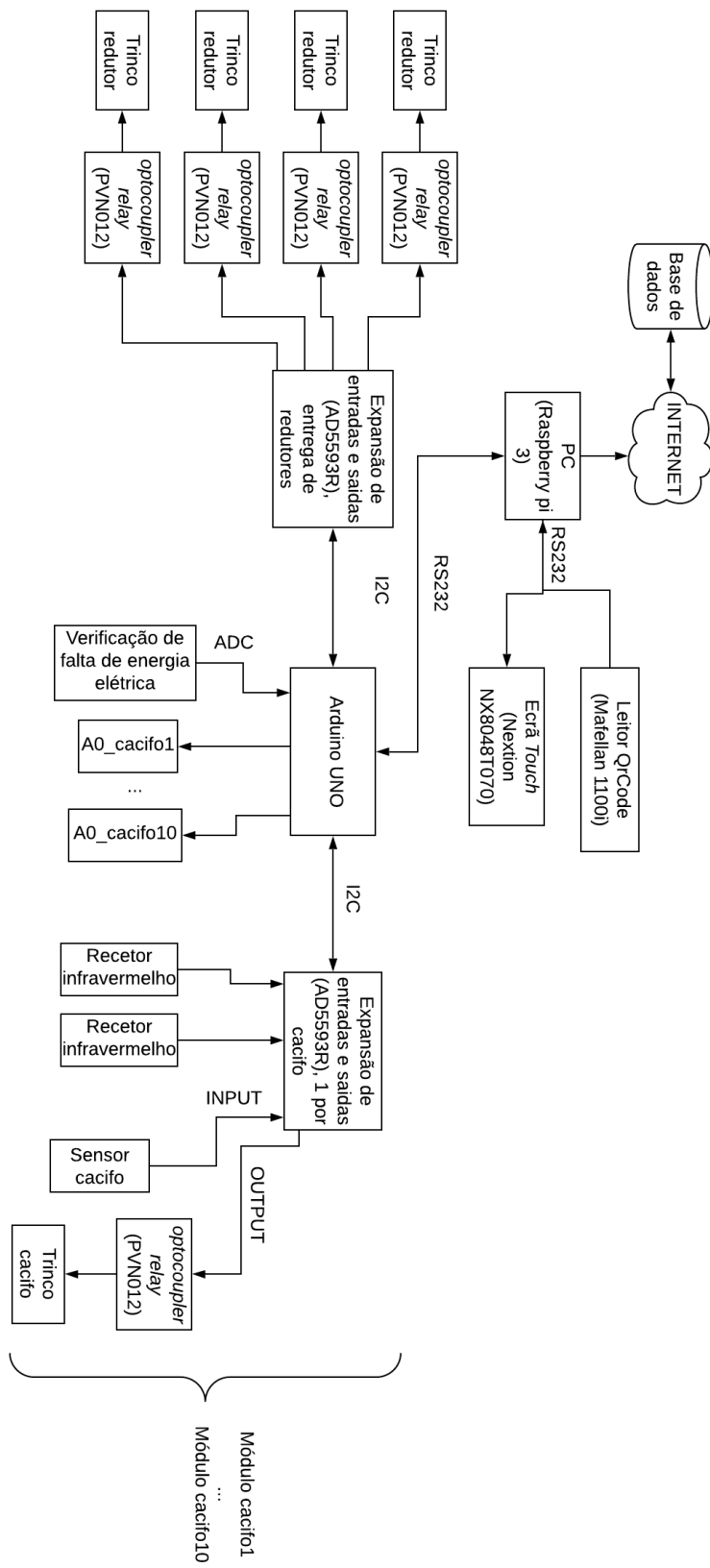


Figura 4.32: Interligação dos componentes na fase 4

Estando todos os componentes definidos falta verificar a fonte de alimentação e a bateria necessária para o projeto. Como já referido as tensões de alimentação de todos os circuitos são de 12V e 5V. Na tabela seguinte está mostrado o consumo elétrico dos componentes de maior relevância.

Componente	Tensão (V)	Corrente (mA)	Potência (W)
Raspberry pi 3	5	Max=2500	Max=12,5
Nextion NX8048T070	5	510	2,55
Leitor QrCode Magellan 1100i	5	400	2
Trincos KERONG modelo KR-S99	12	450	5,4

Tabela 4.8: Consumo elétrico dos componentes de maior relevância

Exceto os trincos, todos os componentes são alimentados a 5V. Sendo assim, usou-se a alimentação proveniente do RASP. Considerando que por hora realizar-se-ão 10 compras de garrafas de gás, o consumo energético é de cerca de 16Wh. Para tal escolheu-se uma fonte de alimentação de 15V com 5A. Assim também é possível fornecer os 12V necessário para carregar a bateria e para poder alimentar o sistema da MV completo.

Para gerar os 5V para o RASP foi usado um conversor de 12 para 5V (usou-se um conversor de 5 a 52V para 5V DC com *interface* USB/microUSB).

Caso seja necessário o uso da energia da bateria, esta tem de manter a eletrónica em funcionamento até ao finalizar duma compra (se esta estiver a decorrer). Quando a compra seja terminada, a MV passa para o estado de indisponível, podendo a bateria suportar este estado por 24h. Neste estado, apenas se encontram em funcionamento o RASP, o ecrã (com indicação de indisponibilidade) e o Arduino. Neste estado o consumo de corrente é de 680mA, o que significa um consumo de 3,4Wh por cada hora de funcionamento. Sendo assim concluiu-se que uma bateria de 12V e 7Ah é suficiente para manter estas condições (terminar a compra e 24h de indicação de indisponibilidade).

Na tabela 4.9 está representado o custo do projeto da fase 4.

Componente	Quantidade	Custo unitário (€)
Raspberry pi 3	1	39,99 [28]
Nextion NX8048T070	1	69,95
Leitor QrCode Magellan 1100i	1	252,03
Trincos KERONG modelo KR-S99	14	13,74
Arduino uno	1	20,00
PVN012	24	4,60
AD5593R	11	6,12
P82B7215PN	2	1,93
Emissor infravermelho	10	0,65
Recetor infravermelho	20	0,65
LM358N	20	0,74
Total		790,21

Tabela 4.9: Custo do material fase 4

Neste capítulo descreveu-se as quatro fases do *hardware*. No capítulo seguinte serão descritas as fases do *software*, assim como o tipo de mensagens geradas e transferidas entre os diferentes elementos para as diversas fases.

Capítulo 5

Software, processo de comunicação

Neste capítulo será descrito o *software* para as diferentes fases bem como a troca de informação entre os diferentes componentes. De referir que esta troca de mensagens entre os diferentes componentes, sofre alterações consoante a fase de desenvolvimento, contudo a base inicial será sempre a mesma.

Na figura 5.1 está representado o fluxograma do funcionamento da MV.

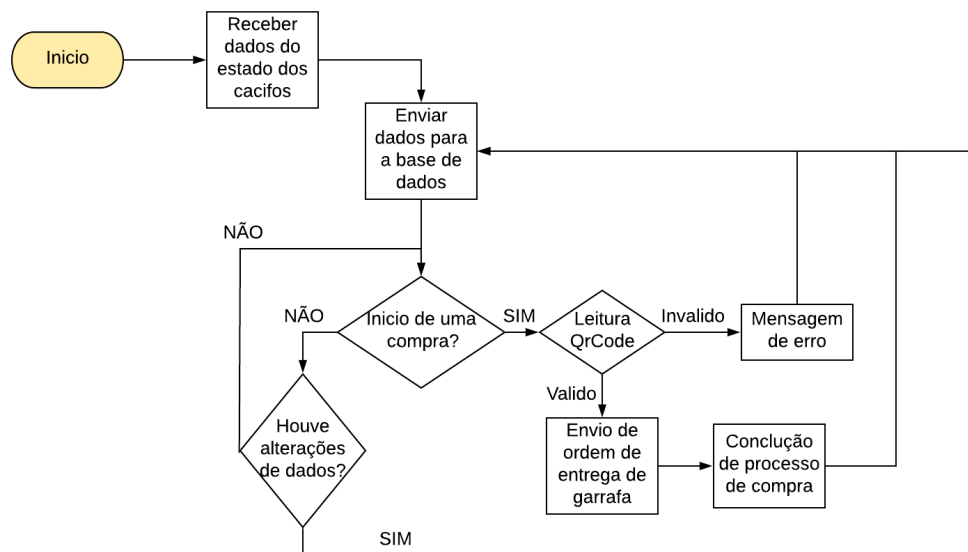


Figura 5.1: Fluxograma da MV

Este fluxograma é válido para todas as fases tendo em conta que o que altera é a quantidade de *input* e *output* analisados. A alteração que não estão representadas no fluxograma 5.1 é a validação do processo de existência de garrafas de gás, isto é, o processo de desenvolvimento será sempre igual modificando, ao longo das diferentes fases, os sensores e atuadores do módulo cacifo.

Neste fluxograma pode-se verificar que quando uma MV é ligada pela primeira vez, será

enviado o estado de todos os sensores para a base de dados do sistema. Nomeadamente:

- Quantos MA10 existem no sistema no caso da fase 1, já nos outros casos essa informação estará na base de dados;

- O estado de cada cacifo desses módulos;
- Se existem cacifos vazios e quais;
- Qual o peso das garrafas de gás existentes.

Todo este envio é realizado sempre que a energia falha, quando se liga a MV e quando o operador reabastece a MV.

A MV pode-se tem dois estados distintos, quando se está a processar uma compra e quando não se está a processar uma compra. No primeiro caso e após o QrCode ser validado, ir-se-á analisar a base de dados se existe o modelo de garrafa pretendida pelo cliente, caso se obtenha uma resposta positiva será lido da base de dados o local onde se deverá introduzir a garrafa de gás vazia e de onde se deverá retirar a garrafa de gás cheia. De salientar que esta base de dados não está presente na MV, mas sim num servidor remoto.

Quando não se estiver a realizar uma compra, O RASP apenas é informado pelo restante *hardware* quando houver alterações na própria MV. Estas alterações estão diretamente ligadas a falhas do sistema ou a tentativas de violação da máquina já que a MV não está a ser operada por nenhum cliente.

De seguida serão explicados os processos de troca de garrafas e a troca de mensagens entre os diferentes elementos de cada fase. Como as primeiras 3 fases não chegaram a ser implementadas na MV, houve mensagens que foram definidas aquando dos testes do sistema e como tal não estão presentes nas três primeiras fases.

5.1 Comunicação componentes comuns a todas as fases

Nesta secção será descrita a troca de mensagens entre os elementos comuns a todas as fases. Esses elementos são os seguintes:

- Raspberry pi 3;
- Ecrã *touch* Nextion NX8048T070;
- Leitor QrCode Magellan 1100i.

O tipo de comunicação entre o RASP e os outros 2 elementos foi o RS232, com as seguintes configurações:

- Velocidade de transmissão = 9600bps;
- Paridade – Nula;
- 1 *stop bit*.

A programação do HMI é feita por ecrãs com os elementos pretendidos, estes podem alterar as suas cores e nomes. A sequência de ecrãs deverá seguir uma lógica, na figura 5.2 está esquematizado a lógica pensada para o funcionamento dos ecrãs do HMI. No anexo B encontram-se os respetivos ecrãs.

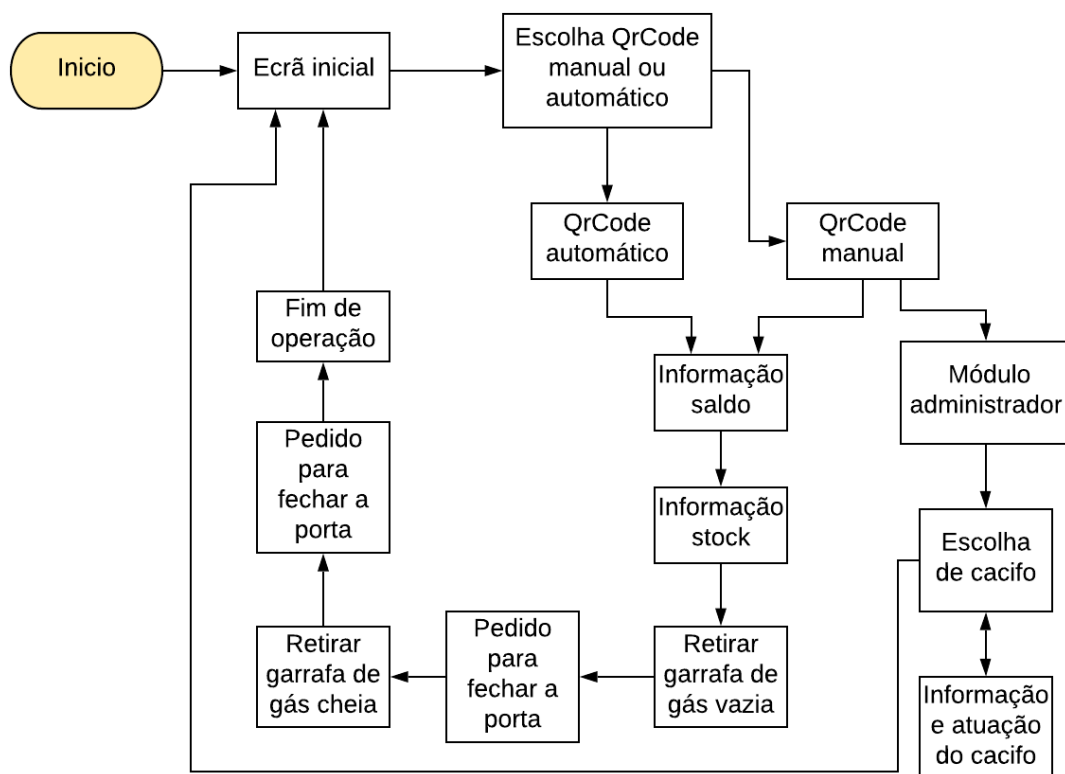


Figura 5.2: Fluxograma dos ecrãs do HMI

O tipo de mensagens trocadas entre o RASP e o HMI são sempre descritas em hexadecimal. Exemplos de mensagens enviadas do RASP para o HMI são: alterar a página do ecrã; pedir o valor de um texto, alterar uma cor ou um texto de um objeto. No sentido oposto existe um evento de toque no ecrã, ou o envio do texto introduzido no ecrã. Nas tabelas 5.1 e 5.2 está o registo de controlo das mensagens do HMI para o RASP.

D6	D5	D4	D3	D2 e D0
Início de trama	Identificação da página	Identificação do componente	<i>Touch Event</i>	Fim de trama

Tabela 5.1: Trama entre o HMI e RASP

Caractere	Descrição
D6	Início de mensagem, sempre representado por 0x65
D5	Identificação do ecrã, numérica e sequencial (0x00 até 0x20)
D4	Identificação do componente do ecrã (botão, caixa de texto, etc)
D3	Evento ocorrido. Exemplo: 0x01 quando se carrega num botão, 0x00 quando se liberta um botão
D2 a D0	Fim de mensagem, sempre representado por 0xFF 0xFF 0xFF

Tabela 5.2: Campos da trama entre HMI e RASP e seu significado

No caso do das mensagens trocadas do RASP para o HMI, estas variam dependendo do tipo de operação que se pretende, no entanto o final da mensagem é igual aos dados D2 a D0 explicados na tabela 5.2. Na tabela 5.3 está representado um resumo das mensagens trocadas entre o RASP e o HMI.

RASP → HMI	HMI → RASP	Significado
PAGE 2		Alteração para o ecrã N° 2.
GET t0.txt	QRCode	Pedido do código do QRCode colocado manualmente.
b0.bco=14444		Alteração da cor de um objeto.
b0.txt="open"		Alteração do nome de um objeto para <i>open</i> .
	0X65 0X03 0X02 0X01 0XFF 0XFF 0XFF	No ecrã N°3 carregaram no componente N°2.

Tabela 5.3: Resumo de conjunto de mensagens entre o RASP e HMI

O QRCode a ser usado pode ser introduzido no MV através do leitor de QRCode ou manualmente através do ecrã touch. As mensagens desta tabela podem alterar visto que em cada ecrã existem diversos componentes nos quais se podem alterar as suas características, podendo-se personalizar qualquer ecrã.

No caso do QRCode o tipo de mensagem que transfere é somente os caracteres correspondentes ao código, isto é, se o código do QRCode for “123” o resultado que se obtém a ler a porta série é “123”, não havendo nenhum caractere de início e fim de trama.

5.2 Software da fase 1

Nesta secção será explicado o processo de desenvolvimento do *software* das 2 ESP, bem como todas as trocas de mensagens entre o RASP e a ESP do MC e entre a ESP do MC e a ESP do MA10. No caso da ESP do MC está a realizar a transferência das mensagens do RASP para a ESP do MA10 correspondente e vice versa. Contudo a ESP do MC também terá o trabalho de verificar se existe a compra de algum redutor de gás e analisar a existência de energia elétrica, assim sendo como já referido esta ESP tem como a principal função a criação do WiFi interno.

Assim sendo na figura 5.3 está representado o fluxograma do MA10.

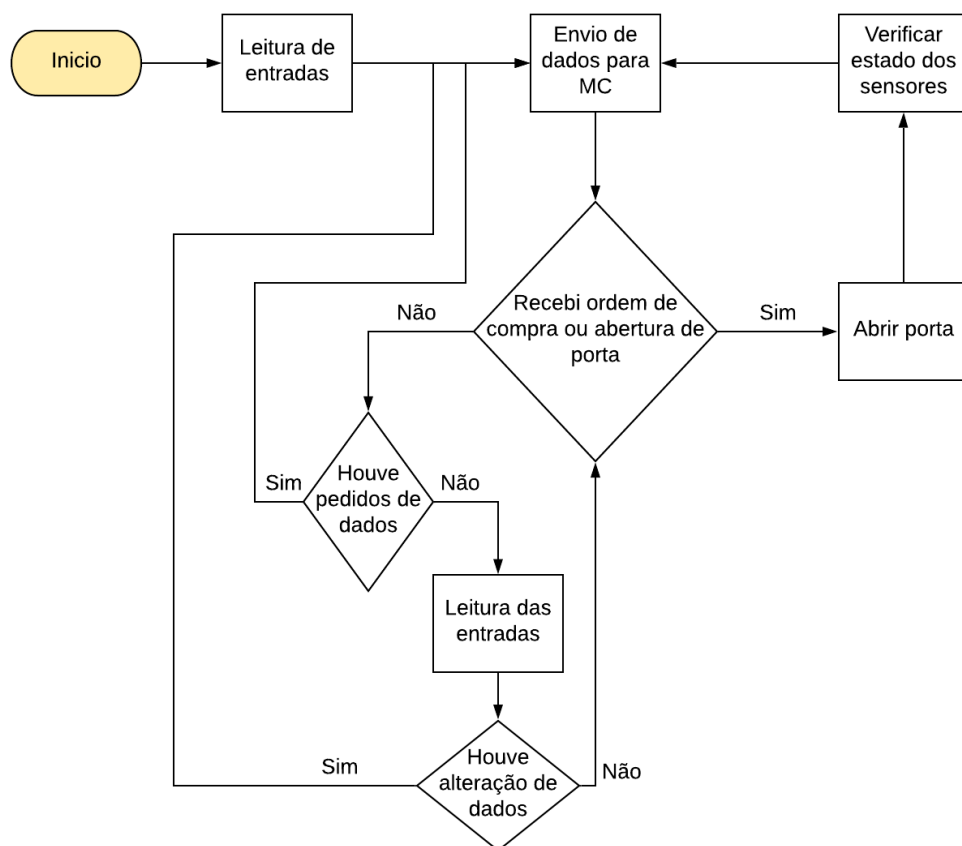


Figura 5.3: Fluxograma do MA10 da fase1

No fluxograma do MA10 denota-se que todas as movimentações ou alterações de estado da MV são enviadas para o MC. Quando não se estiver a efetuar uma compra, se algum estado dos sensores alterar significa que houve uma tentativa de fraude ou então o respetivo sensor danificou-se.

O processo de abertura de um cacifo segue sempre o mesmo mecanismo, caso seja no processo de compra ou no processo de abastecimento da MV. Assim sendo, é necessário

fornecer alimentação aos trincos e também estar a ler o estado dos diferentes sensores para saber se houve alguma alteração. A informação relativa ao estado da MV (em compra ou não) reside no RASP. Apesar de existir esta informação no RASP, esta não é completamente necessária visto que se estará sempre a verificar o estado de todos os sensores, e qualquer alteração é imediatamente enviada para o MC que à *posteriori* a envia para a base de dados. O tipo de comunicação entre o RASP e a ESP do MC foi o RS232 com as seguintes configurações:

- Velocidade de transmissão = 115200bps;
- Paridade – Nula;
- 1 *stop bit*.

Para a troca de informação entre os módulos houve a necessidade de definir uma mensagem. Na tabela 5.4 e 5.5 está explicado o significado de cada *byte* das mensagens do RASP para a ESP do MC.

D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Início de trama	Tipo de operação	MA10 correspondente	Dispensador de redutores de gás	Cacifo associado	Reservado	Fim de trama

Tabela 5.4: Registo de *bytes* de controlo do RASP para ESP do MC

Caractere	Descrição
D6	Início de mensagem (sempre por ?).
D5	Tipo de operação: X- Abertura de cacifo de garrafa de gás. Y- Pedido dos dados de um determinado cacifo de garrafas de gás.
D4	MA10 associado, (0- corresponde ao MA10 N ^o 1, 1- corresponde ao MA10 N ^o 2 e assim sucessivamente).
D3	Dispensador de redutores de gás, (0- sem compra de redutor, 1- dispensador N ^o 1 e assim sucessivamente).
D2	Cacifo associado, (0- corresponde ao cacifo 1, 1- corresponde ao cacifo 2 e assim sucessivamente).
D1	Reservado (sempre Z).
D0	Fim de mensagem (sempre caractere !).

Tabela 5.5: *Bytes* de comunicação do RASP para ESP do MC e seu significado

Assim sendo na figura 5.4 está representado o formato da trama da tabela anterior.

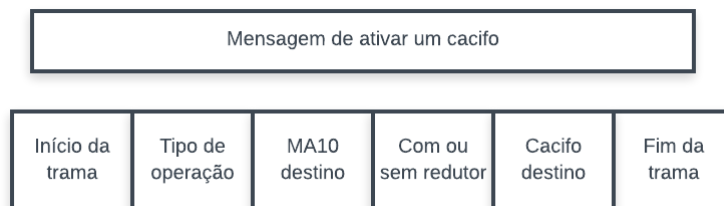


Figura 5.4: Formato da trama entre o RASP e a ESP do MC na fase 1

Na tabela 5.6 e 5.7 estão representados os *bytes* e seu significado das mensagens da ESP do MC para o RASP.

D15	D14 a D12	D11 a D7	D6 a D2	D1	D0
Início de trama	Dados de um cacifo	Informação balança	Informação sensores	Reservado	Fim de trama

Tabela 5.6: Registo de *bytes* de controlo da ESP do MC para o RASP

Caractere	Descrição
D15	Início de mensagem (sempre o caractere ?).
D14	Alteração dos sensores de um determinado cacifo (representado pelo caractere A).
D13	MA10 associado, (0 corresponde ao MA10 N°1, 1 corresponde ao MA10 N°2 e assim sucessivamente).
D12	Cacifo associado, (0 corresponde ao cacifo 1, 1 corresponde ao cacifo 2 e assim sucessivamente).
D11	Informação do estado da balança (sempre caractere B).
D10 A D7	Valor do estado da balança, estes podem alterar do valor 0000 a 8192.
D6	Informação do estado dos restantes sensores (sempre caractere C).
D5	Informação do estado da porta, 0 - Porta fechada e 1 - Porta aberta.
D4	Informação de dupla verificação da porta, 0 - Porta fechada e 1 - Porta aberta.
D3	Informação do estado do sensor 1 de altura de garrafa (ver figura 3.12), 0- Garrafa presente e 1- Garrafa ausente.
D2	Informação do estado do sensor 2 de altura de garrafa (ver figura 3.12), 0- Garrafa presente e 1- Garrafa ausente.
D1	Reservado (sempre caractere Z).
D0	Fim de mensagem (sempre caractere !).

Tabela 5.7: Significado dos *bytes* de controlo da ESP do MC para o RASP

Assim sendo na figura 5.5 está representado o formato da trama da tabela anterior.

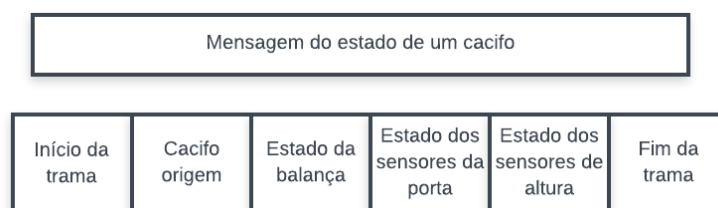


Figura 5.5: Formato da trama entre a ESP e o RASP do MC na fase 1

De seguida está representada uma tabela com todas as mensagens trocadas entre o RASP e a ESP do MC.

RASP → ESP	ESP → RASP	Significado
?X105Z!		Abertura do cacifo N ^o 6 do MA10 N ^o 2, sem entrega de redutor de gás.
?Y009Z!		Pedido dos dados do cacifo N ^o 10 do MA10 N ^o 1.
?ok!	?ok!	Inicialização do RASP e das ESP finalizadas.
	?A18B3507C1111Z?	Envio do estado dos sensores do cacifo N ^o 9 do MA10 N ^o 2.
?lon!		Luz <i>on</i> (caso no futuro seja usada iluminação exterior da MV).
?loff!		Luz <i>off</i> (caso no futuro seja usada iluminação exterior da MV).
	?off!	Falta de energia da rede elétrica.
	?on!	Restabelecimento da energia da rede elétrica.

Tabela 5.8: Exemplo de mensagens existentes entre o RASP e a ESP do MC

Ao analisar-se estas tabelas verifica-se que em nenhum caso existe a possibilidade de abrir unicamente as portas dos distribuidores dos redutores de gás, isto foi um problema existente que só foi detetado na fase 4 na realização dos ensaios para reabastecer.

As várias ESP foram interligadas através de uma facilidade dada por este dispositivo que permite a ligação em rede *mesh* de vários ESP [23]. Desta forma é acrescentado o campo D à trama original quando esta é replicada, indicando o MA10 que a replica (supondo apenas dois MA10). Um exemplo de mensagem é ?X105D3Z? que indica que a origem é o MA10 N^o3 e o destino é o MA10 N^o1.

Como se está num ambiente partilhado com envio *broadcast*, há a possibilidade de se

receber diversas mensagens iguais (vindas da mesma fonte, mas fazendo percursos diferentes). Quando o MA10 recebe a sua mensagem, este irá verificar quantas mensagens com a mesma ordem de trabalho recebeu dos restantes MA10 ou MC. Após receber a primeira mensagem irá ignorar todas as restantes mensagens.

Contudo esta fase não foi totalmente testada, somente foi testado com 2 MA10 o que não levantou problemas de maior com quantidade de mensagens trocada. No entanto com o aumento do número de MA10 poderá haver problemas com a quantidade de mensagens existentes na rede, o que poderia levar a uma troca de estratégia.

Na próxima secção será analisado o processamento de como foi realizado a troca de mensagens da fase 2, bem como as suas características.

5.3 *Software* da fase 2

Nesta secção será descrito todo o processo de desenvolvimento de trocas de mensagens entre o Arduino e o RASP. Como já foi referido nesta fase deixa de existir as ESP e passou a unicamente existir um ou dois Arduino consoante a versão da MV.

No caso do fluxograma desta versão é igual ao da fase anterior, visto que o que altera é somente a quantidade de dados a analisar. Já a nível da comunicação RS232 já existem alterações, visto que a velocidade de transmissão passou de 115200bps para 9600bps. Já a nível das mensagens trocadas entre o RASP e o Arduino também houve algumas alterações. Na tabela 5.9 e 5.10 será explicado o processo de como são codificados os *bytes* bem como o seu significado das mensagens do RASP para Arduino.

D5	D4	D3	D2	D1	D0
Início de trama	Tipo de operação	de Dispensador de reductores de gás	Cacifo asso-ciado	Reservado	Fim de trama

Tabela 5.9: *Bytes* de controlo do RASP para Arduino fase 2

Caractere	Descrição
D5	Início de qualquer mensagem, (sempre ?).
D4	Tipo de operação: X- Abertura de cacifo de garrafa de gás. Y- Pedido dos dados de um determinado cacifo de garrafas de gás.
D3	Dispensador de redutores de gás, (0 - sem compra de redutor, 1 - dispensador N°1 e assim sucessivamente).
D2	Cacifo associado, (0 - corresponde ao cacifo 1, 1 - corresponde ao cacifo 2 e assim sucessivamente).
D1	Reservado (sempre Z).
D0	Fim de mensagem, (sempre !).

Tabela 5.10: Trama entre RASP e Arduino e seu significado da fase 2

Assim sendo na figura 5.6 está representado o formato da trama da tabela anterior.

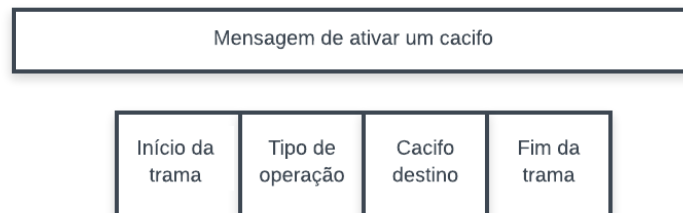


Figura 5.6: Formato da trama entre RASP e o Arduino na fase 2

Na tabela 5.11 e 5.12 será explicado o processo de como são codificados os *bytes* bem como o seu significado das mensagens do Arduino para o RASP.

D12	D11 e D10	D9 a D4	D3 e D2	D1	D0
Início de trama	Dados de um cacifo	Informação balança	Informação sensores	Reservado	Fim de trama

Tabela 5.11: Trama entre Arduino e RASP na fase 2

Caractere	Descrição
D12	Início de mensagem (sempre ?).
D11	Alteração dos sensores de um determinado cacifo (representado por A).
D10	Cacifo associado, (0 - corresponde ao cacifo 1, 1 - corresponde ao cacifo 2 e assim sucessivamente).
D9	Informação do estado da balança (representado por B).
D8 a D4	Valor do estado da balança, entre 00000 a 16384.
D3	Informação do estado dos restantes sensores (representado por C).
D2	Informação do estado da porta, 0 - Porta fechado e 1 - Porta aberto.
D1	Reservado (sempre Z).
D0	Fim de mensagem, (sempre !).

Tabela 5.12: Trama e significado de Arduino para o RASP na fase 2

Assim sendo na figura 5.7 está representado o formato da trama da tabela anterior.

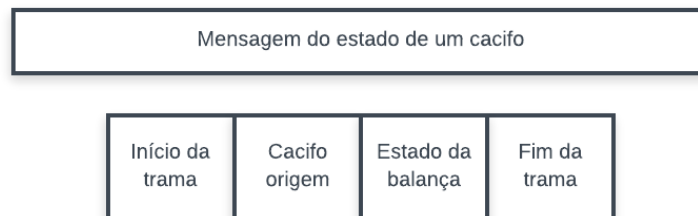


Figura 5.7: Formato da trama entre o Arduino e o RASP na fase 2

De seguida está uma tabela com todas as mensagens trocadas entre o RASP e o Arduino.

RASP → Arduino	Arduino → RASP	Significado
?X05Z!		Abertura do cacifo N°6, sem entrega de reductor de gás.
?Y09Z!		Pedido dos dados do cacifo N°10.
?T11!	?T11V1020!	Do RASP para Arduino calibração da balança do cacifo 1 posição 1. Do Arduino para RASP, valor 102% do médio estipulado.
?ok!	?ok!	Inicialização do RASP e das ESP finalizadas.
	?A8B3507C1Z?	Envio do estado dos sensores do cacifo N°9.
?lon!		Luz <i>on</i> (caso no futuro seja usada iluminação exterior da MV).
?loff!		Luz <i>off</i> (caso no futuro seja usada iluminação exterior da MV).
	?off!	Falta de energia elétrica da rede.
	?on!	Restabelecimento da energia elétrica da rede.

Tabela 5.13: Conjunto de mensagens existentes entre o RASP e o Arduino na fase 2

Estas tabelas em comparação com as da fase anterior, mostram que a diferença de mensagens é pouco significativa, somente se retira a informação do número do MA10, bem como a informação dos sensores que deixaram de ser usados. Apesar de poder haver duas versões uma com dez garrafas e outra com vinte garrafas, repare-se que não existe nenhum campo que define qual será a versão da MV, isto porque esta distinção não é necessária, apenas havendo lugar à replicação de mensagens para ambos os Arduinos (caso haja vinte garrafas).

Neste caso em específico a informação de quantos Arduinos estão ligados ao RASP encontra-se na base de dados. A informação é sempre enviada replicada para ambos os Arduinos. Como um deles não faz determinadas operações (ex. abrir porta redutores ou detecção de falha de energia), as mensagens respeitantes a estas operações são descartadas. Exceptuam-se das mensagens replicadas aquelas que respeitam a ações que podem ser replicadas indevidamente (ex. abrir uma porta).

Na próxima secção será analisado o processo de como foi realizado a troca de mensagens da fase 3, bem como o método utilizado para criar apenas um *software* para as 4 versões.

5.4 Software da fase 3

Nesta secção será descrito todo o processo de desenvolvimento de trocas de mensagens entre o Arduino e o RASP. Como já referido o que altera desta fase em relação a anterior é o aparecimento de mais duas versões da MV.

Assim sendo na figura 5.8 está representado o fluxograma de como foi pensado realizar o *software* compatível com todas as versões.

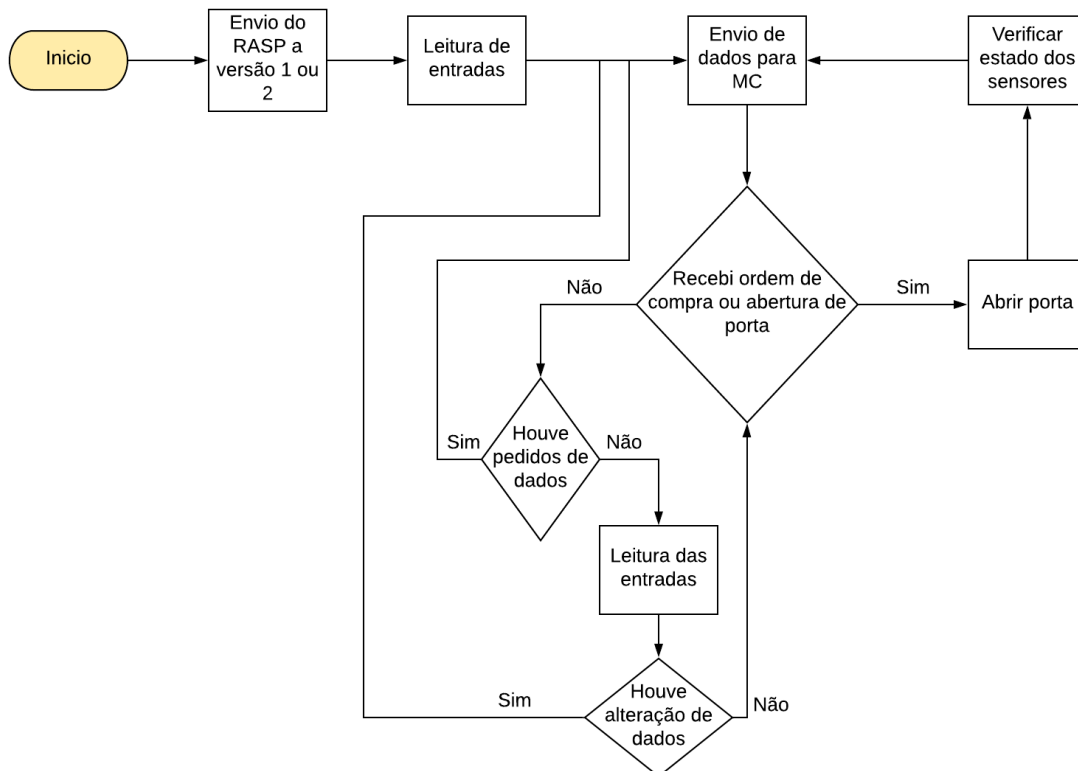


Figura 5.8: Fluxograma do *software* para todas as versões da fase 3

A única diferença deste fluxograma em relação aos das versões anteriores é o aparecimento do envio da versão do RASP para o Arduino, este envio de versão serve somente para o Arduino saber quais os sensores que necessita de observar, tendo em conta que uma das versões tem de ter balança enquanto e a outra só a verificação de existência de garrafa de gás. Com estas alterações as mensagens trocadas pelo RASP e Arduino sofreram alterações, na tabela 5.14 e 5.15 será explicado o processo de como são codificados os *bytes* bem como o seu significado das mensagens do Arduino para o RASP, visto que no caso do RASP para o Arduino se mantém igual à da fase anterior.

D15	D14 e D13	D12 a D7	D6 e D5	D4 a D2	D1	D0
Início de trama	Dados de um cacifo	Informação balança	Informação trinco	Informação detetor de garrafa	Reservado	Fim de trama

Tabela 5.14: Trama entre Arduino e RASP na fase 3

Caractere	Descrição
D15	Início de mensagem (representado por ?).
D14	Alteração dos sensores de um determinado cacifo (representado por A).
D13	Cacifo associado, (0 - corresponde ao cacifo 1, 1 - corresponde ao cacifo 2 e assim sucessivamente).
D12	Informação do estado da balança (representado por B).
D10 a D7	Valor do estado da balança, valor de 00000 a 16384. Terá o valor 99999 quando não existir balança.
D6	Informação do estado dos restantes sensores (representado por C).
D5	Informação do estado da porta, 0 - porta fechado e 1 - porta aberto.
D4	Informação do estado dos sensores de deteção de garrafa de gás (representado por E).
D3	Informação do estado do sensor infravermelho 1, 0 - Garrafa de gás ausente e 1 - Garrafa de gás presente e 2 - Versão com balança.
D2	Informação do estado do sensor infravermelho 2, 0 - Garrafa de gás ausente e 1 - Garrafa de gás presente e 2 - Versão com balança.
D1	Reservado (sempre Z).
D0	Fim de mensagem (representado por !).

Tabela 5.15: Significado dos caracteres da trama entre o Arduino e o RASP na fase 3

Assim sendo na figura 5.9 está representado o formato da trama da tabela anterior.

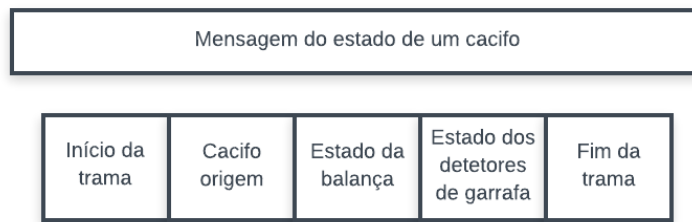


Figura 5.9: Formato da trama entre o Arduino e o RASP na fase 3

De seguida está representada uma tabela com todas as mensagens trocadas entre o RASP e o Arduino.

RASP → Arduino	Arduino → RASP	Significado
?X05Z!		Abertura do cacifo N ^o 6, sem entrega de reductor de gás.
?Y09Z!		Pedido dos dados do cacifo N ^o 10 do MA10 N ^o 1.
?V1Z!		Versão da MV, 1 - MV com balança 2 - MV com detetor de garrafa de gás.
?T11!	?T11V1020!	Do RASP para Arduino calibração da balança do cacifo 1 posição 1. Do Arduino para RASP, valor 102% do médio estipulado.
?ok!	?ok!	Inicialização do RASP e das ESP finalizadas.
	?A8B3507C1Z?	Envio do estado dos sensores do cacifo N ^o 9.
?lon!		Luz <i>on</i> (caso no futuro seja usada iluminação exterior da MV).
?loff!		Luz <i>off</i> (caso no futuro seja usada iluminação exterior da MV).
	?off!	Falta de energia elétrica da rede.
	?on!	Restabelecimento da energia elétrica da rede.

Tabela 5.16: Mensagens existentes entre o RASP e o Arduino na fase 3

Em comparação com as tabelas da fase anterior verifica-se que unicamente se acrescenta nas mensagens enviadas do Arduino para o RASP o estado dos sensores de deteção de garrafa de gás, bem como em sentido oposto a versão da MV.

Na próxima secção será descrito como foi realizado a troca de mensagens da versão final da MV.

5.5 *Software da fase 4*

Nesta secção será descrito todo o processo de desenvolvimento de trocas de mensagens entre o Arduino e o RASP. Como já referido o que altera desta fase em relação à anterior é o desaparecimento das versões com balança, bem como a possibilidade de se integrar uns trincos elétricos para acesso à zona da gaveto do quadro elétrico (ver figura 4.31), facilitando assim a manutenção da MV. Uma das limitações da fase 3 era a não haver possibilidade do cliente comprar um redutor sem comprar uma garrafa de gás. Esta limitação está patente nas mensagens trocadas entre o RASP e o Arduino (ver tabela 5.10). Como pode ser visto na tabela 5.17 foi acrescentado uma variável ao caractere D4 que elimina esta limitação. A codificação dos caracteres das mensagens do RASP para o Arduino mentem-se igual à tabela 5.9. Na tabela 5.17 será explicado o significado das mensagens do RASP para Arduino.

Caractere	Descrição
D5	Início de mensagem (sempre ?).
D4	Tipo de operação: X - Abertura de cacifo de garrafa de gás. Y - Pedido dos dados de um determinado cacifo de garrafas de gás. D - Abertura de porta de dispensador de redutores de gás.
D3	Reservado a 0.
D2	Cacifo associado, (0 - corresponde ao cacifo 1 ou redutor 1, 1 - corresponde ao cacifo 2 ou redutor 2 e assim sucessivamente).
D1	Reservado (sempre Z).
D0	Fim de mensagem (sempre !).

Tabela 5.17: Trama do RASP para Arduino e seu significado da fase 4

Na tabela 5.18 e 5.19 está explicado a codificação dos caracteres e seu significado das mensagens do Arduino para o RASP. Estas tabelas têm em consideração que não existirá balança, e passará a ter os detetores de garrafa de gás.

D9	D8 e D7	D6 e D5	D4 a D2	D1	D0
Início de trama	Dados de um cacifo	Informação do estado da porta	Informação de detetores de garrafas	Reservado	Fim de trama

Tabela 5.18: Trama entre o Arduino e o RASP na fase 4

Caractere	Descrição
D9	Início de mensagem (sempre ?).
D8	Alteração dos sensores de um determinado cacifo representado por A.
D7	Cacifo associado, (0 - corresponde ao cacifo 1, 1 - corresponde ao cacifo 2 e assim sucessivamente).
D6	Informação do estado da porta, representado por B.
D5	Informação do estado da porta, 0 - Porta fechada e 1 - Porta aberta.
D4	Informação do estado dos sensores de detetor de garrafas de gás, representado por C.
D3	Informação do estado do sensor infravermelho 1, 0- Garrafa de gás ausente e 1- Garrafa de gás presente.
D2	Informação do estado do sensor infravermelho 2, 0- Garrafa de gás ausente e 1- Garrafa de gás presente.
D1	Reservado (sempre Z).
D0	Fim de mensagem (sempre !).

Tabela 5.19: Trama do Arduino para o RASP e seu significado da fase 4

Assim sendo na figura 5.10 está representado o formato da trama da tabela anterior.

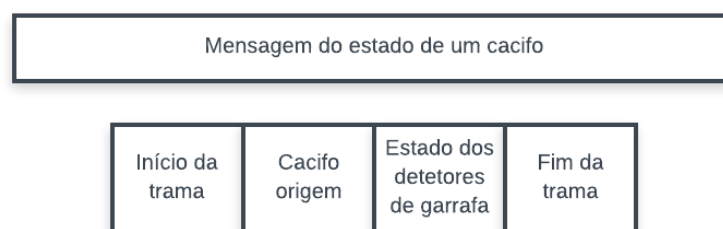


Figura 5.10: Formato da trama entre o Arduino e o RASP na fase 4

De seguida representa-se uma tabela com todas as mensagens trocadas entre o RASP e o Arduino.

RASP → Arduino	Arduino → RASP	Significado
?X03Z!		Abertura do cacifo N ^o 4.
?Y07Z!		Pedido dos dados do cacifo N ^o 8.
?D03Z!		Entrega do redutor de gás da posição N ^o 4.
?ok!	?ok!	Inicialização do RASP e das ESP finalizadas.
	?A8B1C1Z?	Envio do estado dos sensores do cacifo N ^o 9.
?lon!		Luz <i>on</i> (caso no futuro seja usada iluminação exterior da MV).
?loff!		Luz <i>off</i> (caso no futuro seja usada iluminação exterior da MV).
	?off!	Falta de energia elétrica da rede.
	?on!	Restabelecimento da energia elétrica da rede.
?Fm!		Abertura dos trincos para realizar manutenção.

Tabela 5.20: Mensagens existentes entre o RASP e o Arduino na fase 4

Tendo em conta as últimas tabelas apresentadas nota-se que o tipo de mensagens trocadas entre os diversos elementos em todas as fases são todas muito similares. Os campos alterados foram parâmetros relativos aos sensores usados no módulo cacifo.

Em todos os casos foi realizado um processo de tentativa de eliminação de possíveis erros na troca de mensagens, isto é, caso o RASP mande uma ordem de abertura de um determinado cacifo e a resposta da alteração do estado do trinco não seja recebida em tempo útil (10 segundos), será reenviada de novo a mensagem de abertura do cacifo. Este processo será repetido 3 vezes, caso em nenhuma das vezes se verifique alterações no estado dos sensores,

este cacifo será dado como avariado e será aberto um novo cacifo.

No próximo capítulo será apresentado como estava pensado ser realizado a montagem da fase 2, bem como a montagem da última fase da MV.

Capítulo 6

Plano de montagem

Neste capítulo será explicado o processo de montagem pensado para a segunda fase, bem como a montagem da MV da quarta fase. De salientar que a maioria dos processos de montagem são idênticos para todas as fases. O processo de montagem da terceira fase na versão de MV com balança é igual ao processo de montagem da fase 2. O caso da versão com detetor de garrafas de gás da fase 3 também é muito semelhante à montagem da fase 4 da MV. Uma das poucas alterações é o acrescento dos trincos para a manutenção. Para não haver repetição de texto, apenas estas duas fases de montagem serão explicadas.

6.1 Plano de montagem da fase 2

Nesta secção será explicado como estão interligados todos os componentes elétricos, passagem de cabos entre os diferentes cacifos, bem como o processo de calibração inicial das balanças. Antes de de proceder a esta explicações é necessário perceber como é que estão interligados todos os componentes.

Na figura 6.1 está um diagrama explicativo das ligações de todos os componentes.

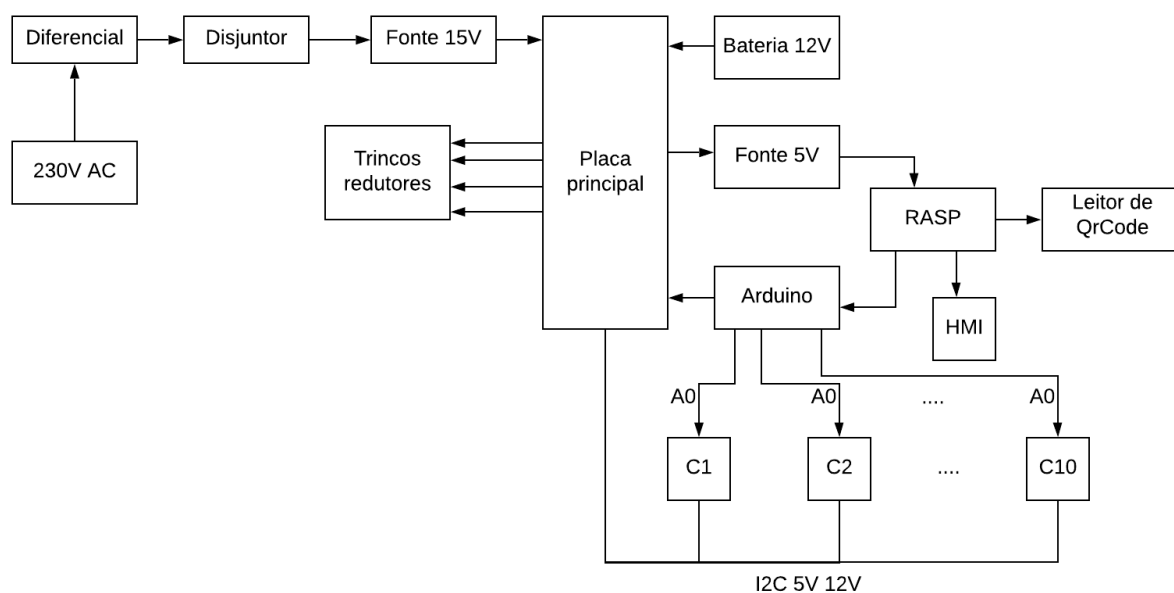


Figura 6.1: Diagrama de montagem de componentes da fase 2

Analisando esta figura repara-se que existem mais 2 elementos ainda não referidos, são eles o disjuntor diferencial e o disjuntor. Estes elementos servem para segurança de pessoas, caso exista passagem à massa (estrutura metálica da MV). O disjuntor serve para a proteção contra sobrecorrentes.

Todas as ligações serão efetuadas na placa principal, tal como está apresentado na 6.1. De salientar que na placa principal estará inserido o Arduino.

Nas figuras 6.2 e 6.3 está represento onde serão ligados os diferentes componentes nas placas desenvolvidas. Para todas as ligações para o exterior das placas desenvolvidas usa-se conectores tipo *molex*. Este tipo de conector não se revelou adequado para a MV, nomeadamente devido à sua falta de robustez. Este problema será mais detalhado à frente nesta secção.

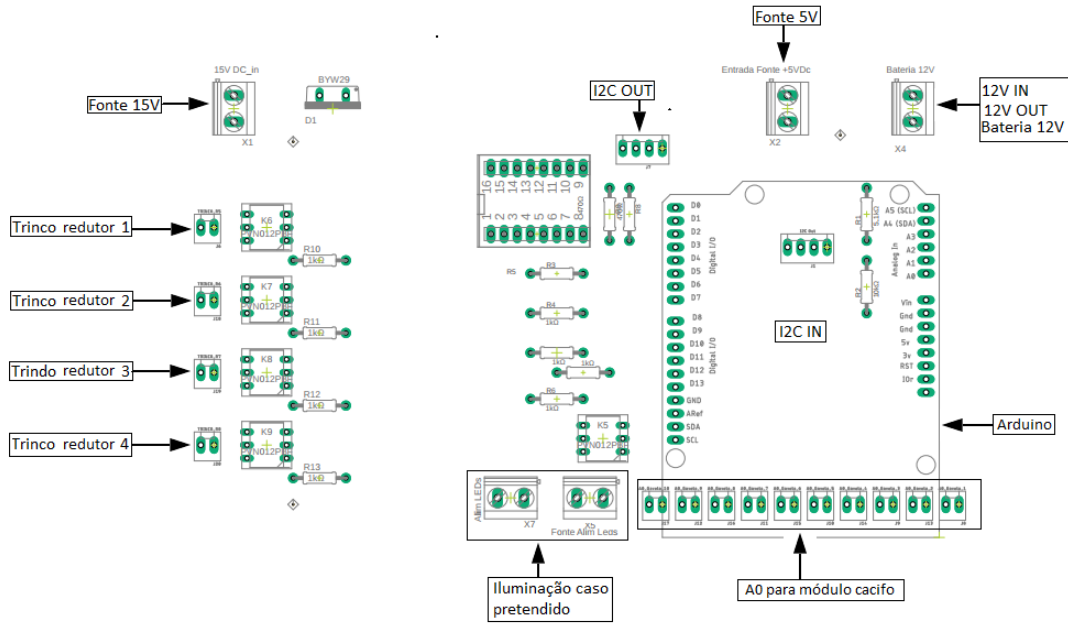


Figura 6.2: Diagrama de entrada e saída de cabos na placa principal fase 2

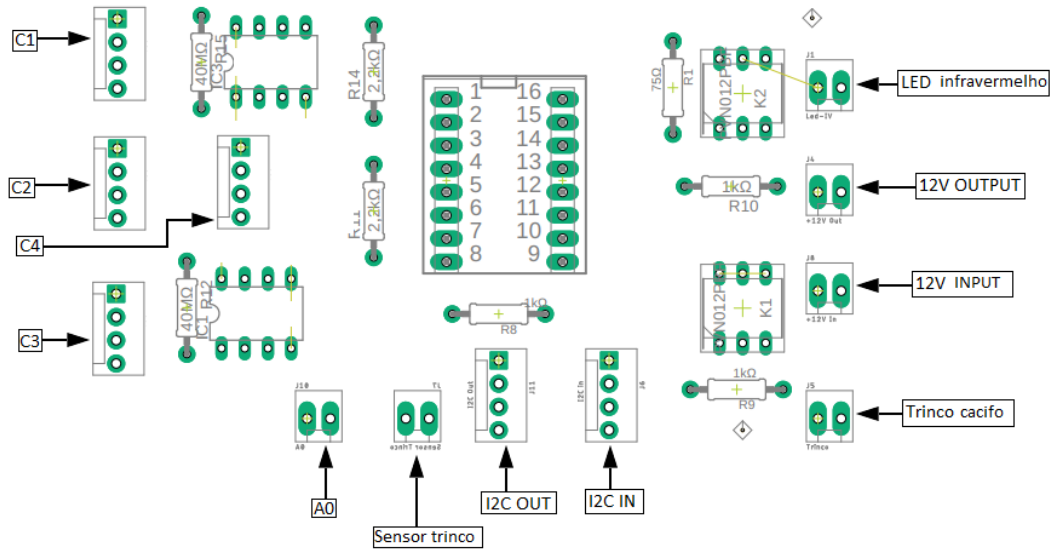


Figura 6.3: Diagrama de entrada e saída de cabos na placa módulo cacifo fase 2

Como está mostrado na figura 4.28 e na figura 6.1, existem 10 placas cacifo e uma placa principal. Assim é necessário definir como serão feitas as ligações entre as 10 placas de cacifo. Na figura seguinte está um esquema de ligações/localização das placas do módulo cacifo e as ligações do cacifo nº1.

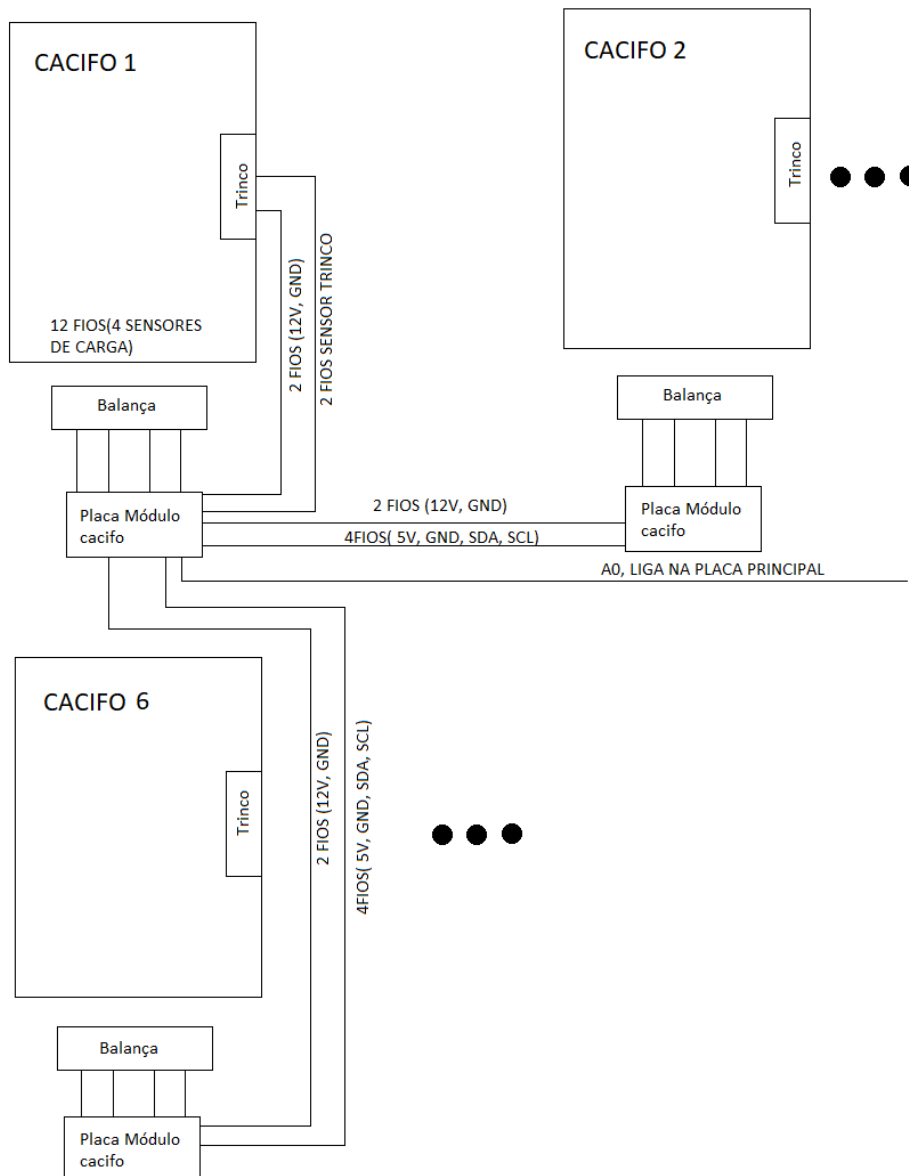


Figura 6.4: Diagrama de ligações elétricas das placas do módulo cacifo fase 2

Nesta figura repara-se que a ligação entre duas placas cacifo implica a passagem de 6 fios, sendo eles o I2C, 5V e 12V. Como esta passagem de I2C e de alimentação usando uma filosofia de barramento, garante-se que a avaria numa placa não interfira com a existência ou não de I2C e alimentação nas restantes placas cacifos.

Nesta versão específica é necessário calibrar a balança de cada cacifo da MV, assim como verificar se todos os restantes sensores e atuadores estão a funcionar corretamente. Nesta versão da MV o processo de configuração é o seguinte:

- 1 - Entrar no modo administrador (introduzindo código na versão manual do QRCode);
- 2 - Abrir a porta de um determinado cacifo;

- 3 - Verificar se sensor de deteção de porta está a funcionar (abrindo e fechando a porta);
- 4 - Colocar peso calibrado na balança;
- 5 - Carregar no botão de calibrar célula de carga 1, 2, 3 e 4 (ver figura 6.5);
- 6 - Repetir os passos 2, 3, 4 e 5 para todos os restantes cacifos.

Na figura seguinte está representado o ecrã do HMI onde somente os técnicos ou reabastecedores de garrafas de gás têm acesso, entrando pelo modo administrador, onde se verifica o estado de todos os sensores e atuadores de um determinado cacifo.

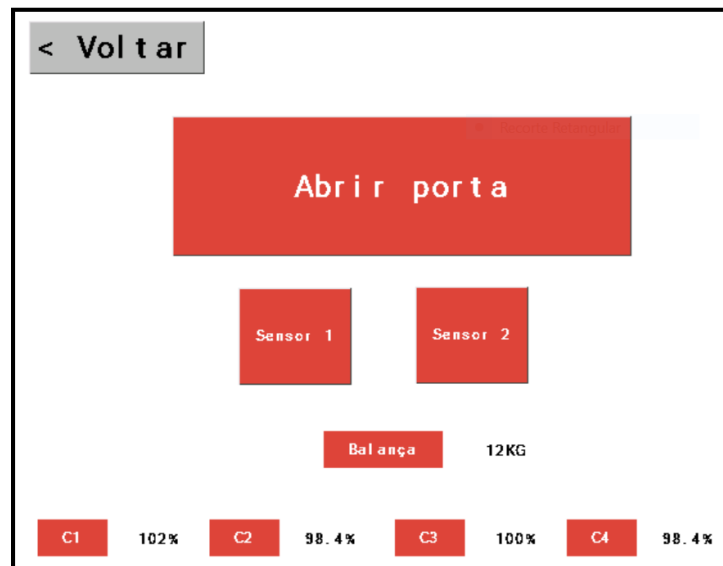


Figura 6.5: Ecrã do HMI onde se visualiza o estados dos sensores da fase 2

O ecrã apresentado na figura 6.5 foi preparado para a fase 3, visto que os indicadores "sensor 1" e "sensor 2" são o estado dos infravermelhos da deteção de garrafa de gás, que não são usados nesta fase 2.

Neste ecrã os indicadores de sensores mostram o estado destes (verde presença de garrafa e vermelho ausência de garrafa de gás), assim como o botão de abertura de porta, também serve para indicar se esta se encontra aberta ou fechada (verde indica porta aberta, vermelho indica porta fechada).

O caso do indicador "balança" serve para verificar o peso da garrafa que se encontra num determinado cacifo. Os botões "C1", "C2", "C3" e "C4" servem para se efetuar a calibração da balança. Quando estes indicam 100% significa que é necessário proceder a esta calibração.

Na secção seguinte será explicado o processo de montagem da fase 4 da MV.

6.2 Plano de montagem da fase 4

Nesta secção será explicado como estão interligados todos os componentes elétricos e passagem de cabos entre os diferentes cacifos. De salientar que o processo de montagem é

em tudo similar ao da montagem das anteriores fases, visto que praticamente o que alterou foi o módulo cacifo.

Na figura 6.6 está um diagrama onde explica a ligação elétrica de todos os componentes.

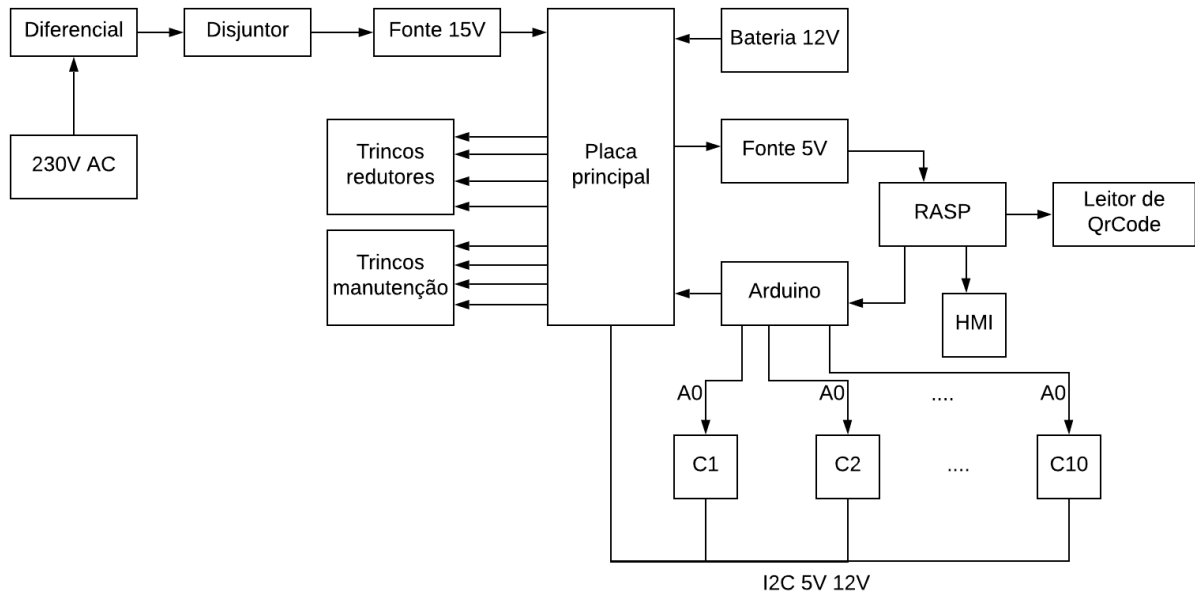


Figura 6.6: Diagrama de montagem de componentes elétricos da fase 4

Ao comparar-se esta figura com a figura 6.1 repara-se que a única coisa que acrescenta é os trincos manutenção. Como já foi referido, o problema da falta destes trincos só foi detetado na altura da montagem da MV.

Na figura 6.7 e figura 6.8 está representado onde serão ligados os diferentes componentes nas placas desenvolvidas.

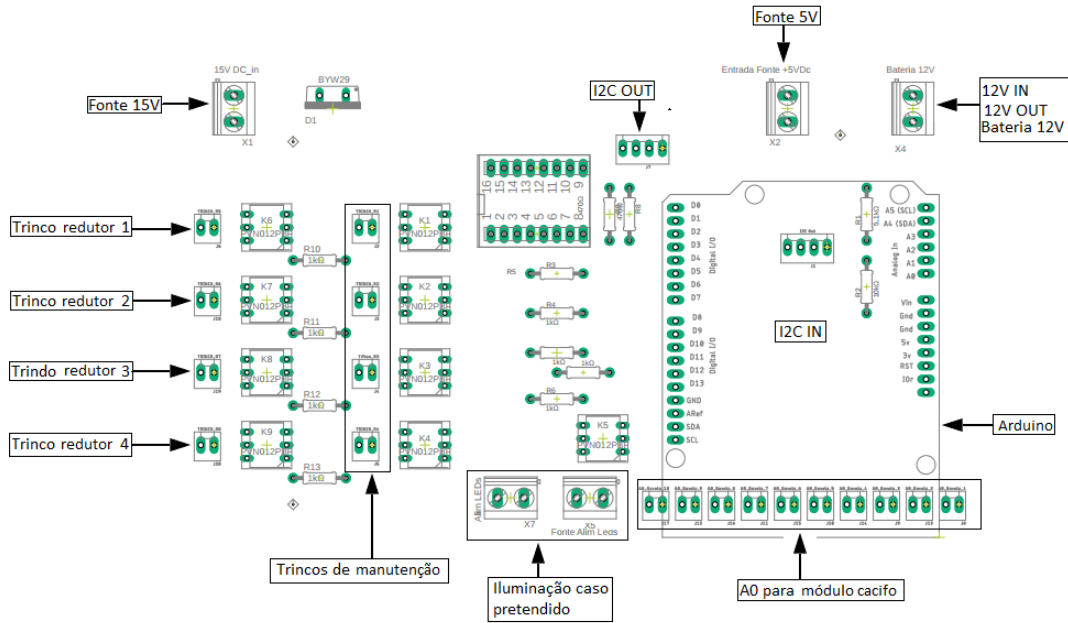


Figura 6.7: Diagrama de entrada e saída de cabos na placa principal fase 4

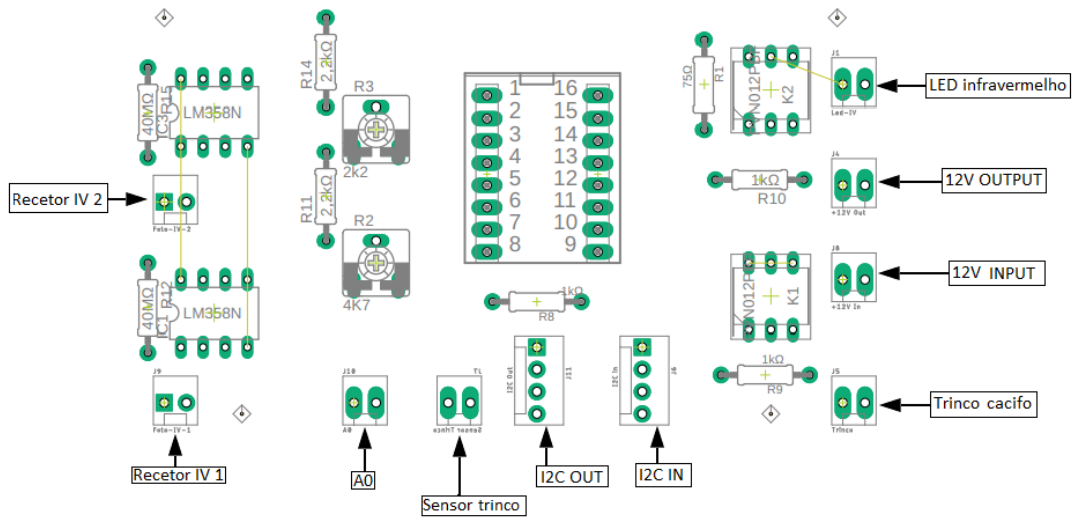


Figura 6.8: Diagrama de entrada e saída de cabos na placa módulo cacifo fase 4

Como foi referido anteriormente, usou-se conectores tipo *molex* para a ligação dos fios às placas desenvolvidas. O que está programado é a retirada destes conectores e o uso de conectores de parafuso para que se possa agilizar a montagem da MV numa futura fase de produção.

Também na fase de produção ter-se-á de pensar como é que se irá proceder para passar os fios pela estrutura da MV. O que está previamente pensado é usar-se o interior dos tubos metálicos para se fazer esta passagem. No entanto este processo pode ser moroso e caro para

ser executado em fase de produção.

Na figura seguinte está um esquema de ligação entre as placas do módulo cacifo e as ligações do cacifo n^o1.

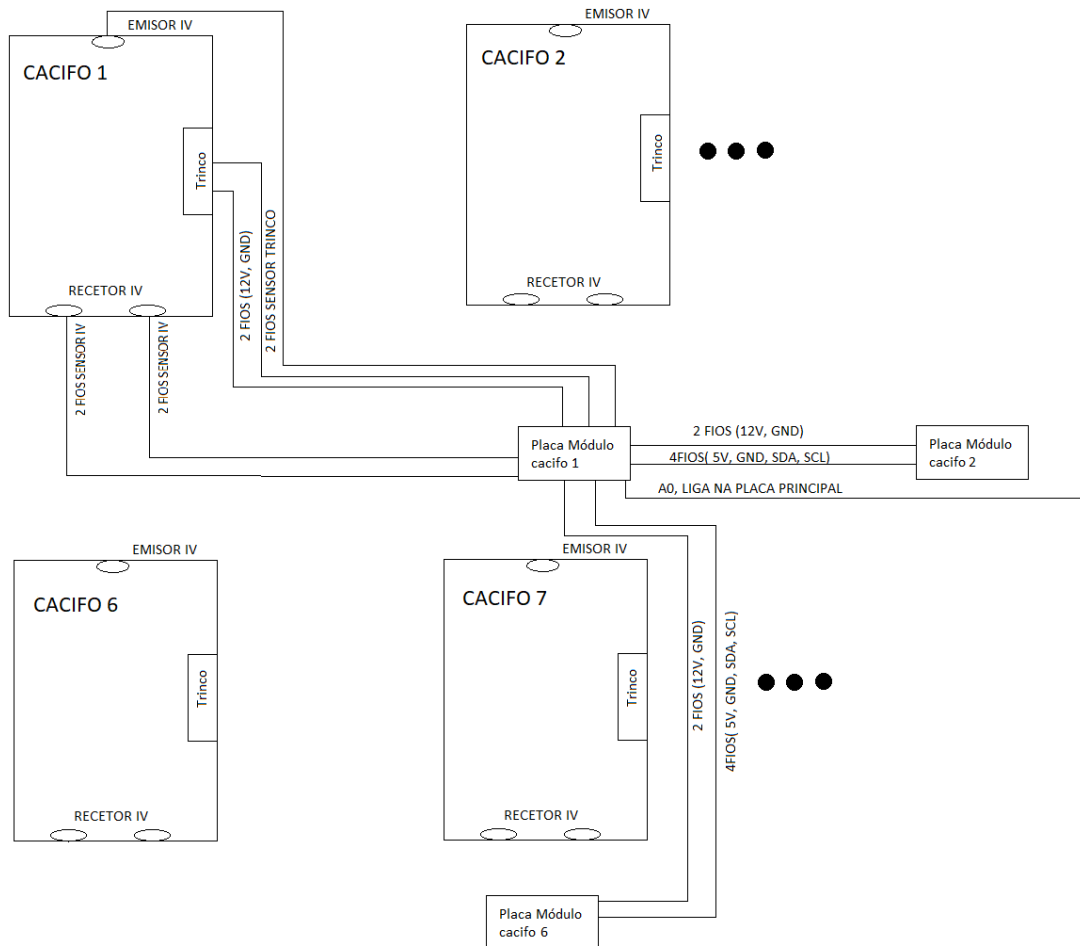


Figura 6.9: Diagrama de ligações elétricas das placas do módulo cacifo fase 4

Ao analisar-se esta figura em comparação com a da fase anterior, verifica-se que a modificação é o desaparecimento da balança dos cacifos e o aparecimento dos recetores e emissores infravermelhos, mantendo então todo o processo de montagem da MV.

Com a passagem da cablagem concluída, é necessário verificar se os sensores e atuadores estão a trabalhar corretamente. Nesta versão da MV o processo de verificação é o seguinte:

- 1 - Entrar no modo administrador (introduzindo código de administrador no HMI);
- 2 - Abrir a porta do cacifo;
- 3 - Verificar se o sensor de deteção de porta está a funcionar (abrindo e fechando a porta);
- 4 - Colocar um objeto sobre os recetores infravermelhos;
- 5- Verificar se o recetor infravermelho está a funcionar corretamente(ver figura 6.10);

5- Repetir os passos 2, 3, 4 e 5 para os restantes cacifos.

Na figura seguinte está representado o ecrã do HMI que os técnicos ou reabastecedores de garrafas de gás tem acesso, entrando pelo modo administrador. Nele pode-se verificar o estado de todos os sensores e atuar todos os atuadores de um determinado cacifo. Para a verificação do estado dos infravermelho, os respetivos emissores são ativados, desligando-se após a saída do modo de administrador.



Figura 6.10: Ecrã do HMI onde se visualiza o estados dos sensores da fase 4

O comportamento dos indicadores deste ecrã é semelhante ao comportamento do ecrã explicado na secção 6.1.

No anexo C encontra-se algumas fotografias do processo de montagem da MV.

Capítulo 7

Conclusões e trabalho futuro

O objetivo principal desta dissertação consiste num sistema distribuído para MV de garrafas de gás com capacidade de abastecer o mercado 24/7. A sua principal característica é ser modular e conter um sistema que indique a quantidade de gás não consumido. O desenvolvimento deste projeto é constituído por 3 equipas, a equipa de desenvolvimento mecânico, a equipa de informática e a equipa da para elétrica onde se enquadra esta dissertação.

Este estudo iniciou-se com uma análise de mercado de MV genéricas e dedicadas a comercialização de garrafas de gás. Para além disso também se analisou a legislação Portuguesa relativa ao reembolso do valor do gás não consumido.

Para servir o propósito de devolução do valor de gás não consumido foi desenvolvida uma balança para pesar as garrafas de gás devolvidas. Por questões de custo de implementação, esta balança não foi usada na última fase da MV, como tal a balança desenvolvida foi um protótipo muito rudimentar, mas com indicações promissoras de uma futura implementação. O erro obtido com o protótipo rudimentar foi de 3%.

Outro propósito da balança era a deteção de presença de garrafa de gás. No entanto, e para reduzir custos, optou-se por detetores baseados em infravermelhos.

Um dos grandes desafios desta dissertação foi a constante adaptabilidade às melhorias sugeridas pela empresa, onde na passagem da primeira fase para a segunda fase levou a que fosse necessário alterar praticamente tudo o que estava desenvolvido. Considera-se este um processo normal tendo em conta que é um produto completamente inovador e inexistente no mercado nacional. Estas sugestões também serviram para um aperfeiçoamento do produto final como um todo.

Para trabalhos futuros sugere-se que a MV desenvolvida entre em testes com funcionamento normal, para se poder testar a fiabilidade mecânica e eletrónica do sistema.

Apesar do sistema desenvolvido estar a funcionar, deve-se alterar as placas eletrónicas, isto é colocar um díodo de roda livre em todos os trincos, isto porque a folha de características dos trincos indica que estes existem, no entanto chega-se à conclusão que não eram suficientes para resolver o problema da corrente inversa.

Melhorar a interface gráfica do HMI, tornando mais apelativa e dinâmica.

Caso a legislação obrigue (ou seja entendimento da empresa que contratou o desenvolvimento da MV) a que seja devolvido o valor do gás não gasto pelos clientes, é necessário a alteração das placas cacifo para que estas possam suportar a balança.

Bibliografia

- [1] Jornal de Notícias. *Botija ainda tem gás? Comerciantes têm de devolver dinheiro*. URL: <https://www.jn.pt/economia/interior/botija-ainda-tem-gas-comerciantes-tem-de-devolver-dinheiro-4842362.html>.
- [2] Revista Deco Proteste. *Gás engarrafado: consumidores pagam gás que não usam*. URL: <https://www.deco.proteste.pt/institucionalemedia/imprensa/comunicados/2014/gas-engarrafado-consumidores-pagam-gas-que-nao-usam>.
- [3] T., Angela Silva e Reis R. “Operations Management and Marketing in the Vending Machines Sector in Portugal”. Em: *International Journal of Engineering and Industrial Management* 5 (2013), pp. 139–154.
- [4] Alain dos Santos Monteiro. “Faculdade de Arquitectura - Universidade Técnica de Lisboa Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Design de Produto”. Em: (2012). URL: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/5456?mode=full>.
- [5] Cafematic. *Cafematic Serviços*. URL: <http://cafematic.pt/servicos/>.
- [6] Silkron. *Smart Vending Solution - Vendron*. URL: http://www.silkron.com/smart_vending.
- [7] JWTIntelligence. *100 things to watch in 2011*. 2010. URL: <https://www.jwtintelligence.com/2013/12/100-things-to-watch-in-2014/> (acedido em 14/08/2018).
- [8] Silkron. *Smart Vending Machine Design Reference*. URL: http://www.silkron.com/smart_vending_machine (acedido em 14/08/2018).
- [9] Coca-Cola. *Coca Cola Freestyle*. 2017. URL: <https://www.coca-colafreestyle.com/> (acedido em 26/12/2018).
- [10] Siraga. *The gas cylinder distribution leaps forward!* URL: <http://www.lpgacademy.fr/the-gas-cylinder-distribution-leaps-forward-.html> (acedido em 02/12/2018).
- [11] Aburi Composites. *Aburi Gas Automat: Cylinder Vending Machine*. URL: <http://www.aburicomposites.com/aburi-gas-automat-cylinder-vending-machine/>.
- [12] Assembleia da República Portuguesa. *Lei 42/2016, Orçamento de Estado*. URL: <https://dre.pt/home/-/dre/105637672/details/maximized>.

- [13] Partido Comunista Português. *Projeto Lei: Estabelece um sistema de preços máximos para o Gás de Garrafa e o Gás Canalizado*. 2017. URL: <http://www.pcp.pt/en/node/296980>.
- [14] Ministério da Economia. *Decreto-Lei 5/2018, 2018-02-02*. 2018. URL: https://dre.pt/pesquisa/-/search/114627386/details/maximized?print_preview=print-preview.
- [15] Jornal de Notícias. *Botija ainda tem gás? Comerciantes têm de devolver dinheiro*. 2018. URL: <https://www.jn.pt/economia/interior/botija-ainda-tem-gas-comerciantes-tem-de-devolver-dinheiro-4842362.html>.
- [16] Contas Connosco. *Novas regras para troca de garrafas de gás vazias*. URL: <http://bit.ly/2KSyeWS>.
- [17] Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. *DIRETIVA 2014/53/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO*. Rel. téc. 2014. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0053&from=NL>.
- [18] RASPBERRY PI FOUNDATION. *Raspberry Pi 3 Modelo B*. URL: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/> (acedido em 29/11/2018).
- [19] Datalogic. *Magellan 1100i Omnidirectional Presentation Handheld Scanner*. URL: <https://www.datalogic.com/eng/products/transportation-logistics-retail/hand-held-scanners/magellan-1100i-pd-157.html>.
- [20] Datalogic. “MAGELLAN™ 1100i HIGH PERFORMANCE AND VERSATILE”. Em: (). URL: <https://www.datalogic.com/eng/einzelhandel-transport-logistik/fixed-retail-scanners/magellan-1100i-pd-157.html>.
- [21] Kerong. *metal cabinet locks*. URL: <https://www.kerong.hk/metal-cabinet-locks> (acedido em 17/09/2019).
- [22] Infineon. *General Description*. Rel. téc. 2015. URL: www.irf.com (acedido em 15/04/2019).
- [23] WEMOS Electronics. *D1 Mini*. 2017. URL: https://wiki.wemos.cc/products:d1:d1_mini (acedido em 30/11/2018).
- [24] Analog Devices. *8-Channel, 12-Bit, 8-Channel, 12-Bit, Configurable ADC/DAC with On-Chip Reference, SPI Interface*. Rel. téc. URL: www.analog.com.
- [25] ArduinoBR. *I2C - Protocolo de Comunicação*. URL: <http://www.arduino.br/arduino/i2c-protocolo-de-comunicacao/> (acedido em 01/12/2018).
- [26] Microchip. *MCP23017 Datasheet*. 2016. URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20001952C.pdf>.
- [27] NXP. *P82B715 Datasheet*. Rel. téc. 2009. URL: <https://www.nxp.com/docs/en/datasheet/P82B715.pdf>.

- [28] Botnroll. *RASPBERRYB3+ Raspberry Pi Modelo B3+ 1.4GHz, 1Gb, PoE*. URL: <https://mixtronica.com/raspberry-raspberrypi/21825-raspberryb3-raspberry-pi-modelo-b3-1-4ghz-1gb-poe-raspberryb3.html> (acedido em 01/10/2019).
- [29] Botnroll. *Controlador WiFi ESP8266 para Displays e-Paper - WS*. URL: https://www.botnroll.com/pt/varias/2746-controlador-wifi-esp8266-para-displays-e-paper-ws.html?search_query=esp8266&results=29 (acedido em 01/10/2019).
- [30] Arduino. *Arduino Uno Rev3*. URL: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>.
- [31] Botnroll. *Sensor de peso (Load Cell) 0-20kg*. URL: <https://www.botnroll.com/pt/sensores/966-weight-sensor-load-cell-0-20kg.html> (acedido em 01/10/2019).
- [32] Analog Devices. “Single and Dual-Supply, Rail-to-Rail, Low Cost Instrumentation Amplifier Datasheet”. URL: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad623.pdf>.
- [33] Rubis Gás. *Gás Butano*. 2019. URL: <http://www.rubisenergia.pt/gas-butano> (acedido em 05/10/2019).
- [34] Texas Instruments. *LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers Datasheet*. URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2904-n.pdf>.
- [35] Texas Instruments. *AN-20 An Applications Guide for Op Amps*. URL: <http://www.ti.com/lit/an/snoa621c/snoa621c.pdf>.

Apêndice A

Esquemas elétricos das placas

Neste anexo será representado os esquemas elétricos das diferentes placas desenvolvidas ao longo do projeto.

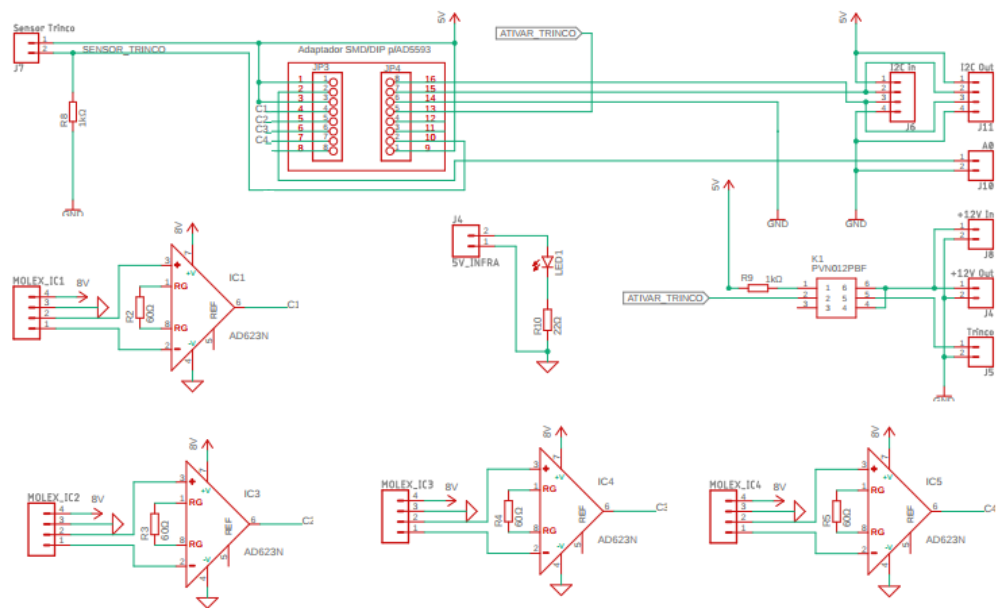


Figura A.1: Esquema elétrico da placa módulo cacifo fase 2

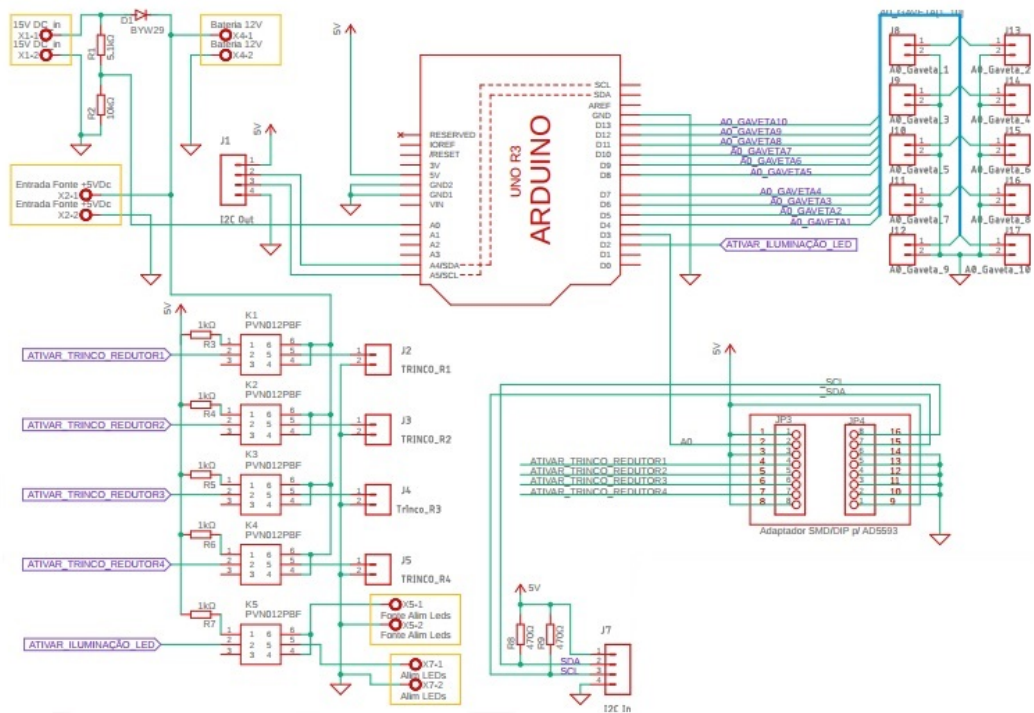


Figura A.2: Esquema elétrico da placa principal da fase 2 e 3

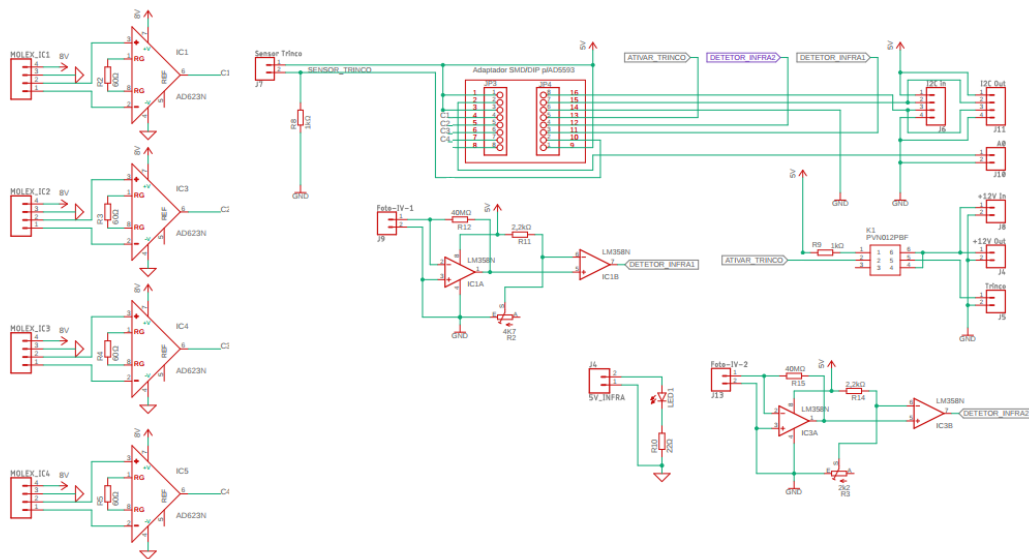


Figura A.3: Esquema elétrico da placa módulo cacifo fase 3

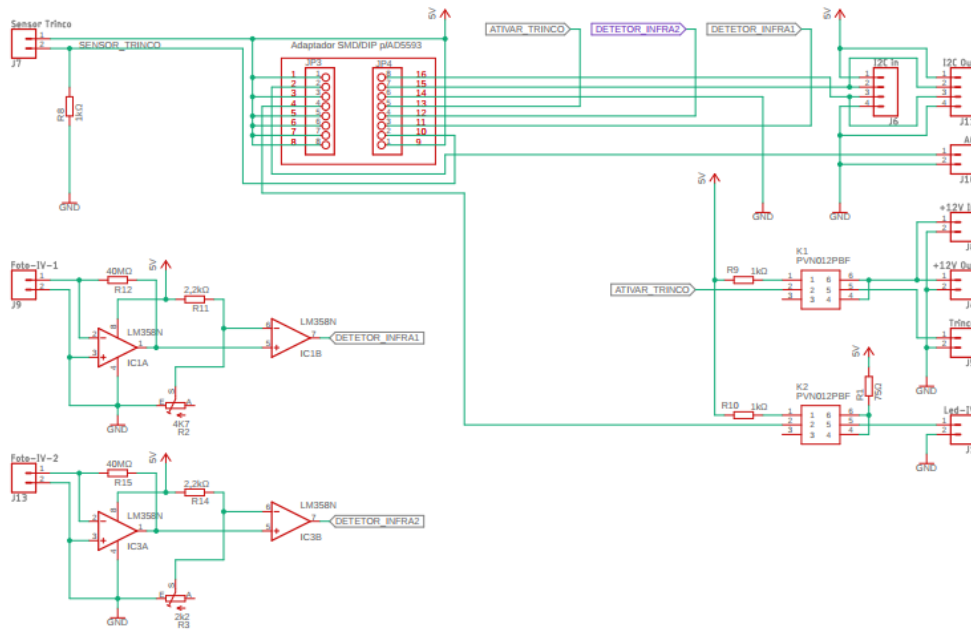


Figura A.5: Esquema elétrico da placa módulo cacifo fase 4

Apêndice B

Exemplos dos ecrãs do HMI

Neste anexo será apresentado por ordem os ecrãs do HMI.





✕ N° _____

← 1 2 3
4 6 1
7 8 9
0 →

INTRODUZA O NÚMERO DO SEU CARTÃO

✕  **INFORMAÇÃO**
N° 728 312 345 - EXPIRA: 21/11/2022

ENEVEDRA CARD **SALDO**
25,53€

→

✕ **VAI DEVOLVER UMA GARRAFA?**

NÃO  **SIM**

← BUTANO < GALP < PLUMA 11 Kg

RESUMO DA COMPRA
1 X BUTANO, REPSOL, K11, 11 KG

EM STOCK
CLIQUE PARA PROSSEGUIR



RESUMO DA COMPRA
1 X BUTANO, REPSOL, K11, 11 KG

SEM STOCK
DIRIJA-SE A OUTRA MÁQUINA



DEVOLUÇÃO
1 X BUTANO, REPSOL, K11, 11 KG

5
PORTA

COLOQUE A GARRAFA NO COMPARTIMENTO
NO FINAL FECHÉ A PORTA E AGUARDE

ENTREGA
1 X BUTANO, REPSOL, K11, 11 KG

3
PORTA

RETIRE A GARRAFA DO COMPARTIMENTO
NO FINAL FECHÉ A PORTA E AGUARDE

CONFIRMAÇÃO

Vai proceder à aquisição de:
**1 BOTIJA DE GÁS BUTANO
GALP PLUMA 11 Kg**
COM DEVOLUÇÃO DE BOTIJA



OPERAÇÃO CONCLUÍDA

OBRIGADO PELA PREFERÊNCIA!



**PRETENDE ABANDONAR O
PROCESSO DE COMPRA?**



Selecione uma Porta

[home](#)

Porta 1

Porta 2

Porta 3

Porta 4

Porta 5

Porta 6

Porta 7

Porta 8

Porta 9

Porta 10



Apêndice C

Fotos da montagem da MV

Neste anexo será apresentado algumas fotos da montagem da MV.



