

Projeto construção e simulação de solar térmico programado
“a pedido”

João Carlos Amarante da Fonseca

Dissertação apresentada à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Bragança
para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Industrial

Este trabalho foi efetuado sob orientação de:

João Rocha

José Barbosa

Nuno Moutinho

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri

Outubro de 2019

Agradecimentos

Certo dia uma pessoa me disse “ They say that the sky is the limit, but if you think higher than that, you can reach the stars “, certamente é a mais verdadeira frase que já li.

Com muito foco, esforço e dedicação chego ao fim de mais uma etapa.

Agradeço aos meus pais por tudo o que fizeram e fazem por mim, e pela confiança depositada.

A minha irmã, por sempre me apoiar, e por ser um exemplo de pessoa e profissional.

Aos meus amigos agradeço pela força, motivação, ensinamentos, disponibilidade e compreensão inesgotáveis.

A todos do mestrado do projeto piloto em inovação de processos e produtos , agradeço pela amizade e pelos conhecimentos adquiridos.

E por fim, um agradecimento especial aos meus orientadores, professor João Rocha, José Barbosa e ao professor Nuno Moutinho.

Resumo

A procura de fontes alternativas de energias não poluentes, é uma questão de enorme importância para o Homem, devido as alterações climáticas e degradação do meio ambiente. Entretanto, muitos esforços têm sido feitos em vários países, desenvolvidos e em desenvolvimento, com um único objetivo: reduzir a emissão de CO₂ para a atmosfera e diminuir a poluição, sendo que o uso de combustíveis fósseis constitui um problema de sustentabilidade, tanto por razões ambientais quanto económicas. Sendo assim, uma das estratégias adotadas reside no aumento da produção energética através de fontes renováveis, incluindo as energias eólica, geotérmica, de biomassa e solar.

Este trabalho descreve o desenvolvimento e montagem de um equipamento solar térmico, no projeto de um sistema de controlo (aplicação móvel) do equipamento do solar térmico, com possibilidade de ser monitorizada e controlada com a plataforma Arduino, para efeitos didáticos no laboratório de materiais de construção mecânica da Escola Superior de Tecnologia e Gestão. O princípio de funcionamento deste tipo de equipamentos, sistema solar térmico, é bastante simples: a radiação solar que incide sobre a cobertura de vidro, que compõe a parte superior do painel solar, transfere-se sob a forma de calor para o fluido circulante no interior dos tubos que constituem o painel. Esse fluido após sofrer o aquecimento, circula em circuito fechado e transfere o calor através da serpentina do depósito para a água aí acumulada, aquecendo-a. A circulação do fluido é gerida e controlada pelo regulador solar e pelo grupo de circulação.

Logo, a dissertação tem como objetivo projetar e programar um sistema de controlo de solar térmico, e para se conseguir este objetivo, foram necessárias as seguintes etapas: seleção de equipamentos, montagem, programação de Arduino, testes e otimização.

Após isso foi feito um plano de negócio para estudar a viabilidade financeira do projeto, tendo em conta as potencialidades e expansão do mercado das tecnologias web e móvel, bem como o desenvolvimento nas áreas de energias renováveis.

Palavras chave: Solar térmico, controlo, *MQTT*, Arduino, plano de negócio

Abstract

The search for alternative sources of non-polluting energy is a matter of great importance to man, due to climate change and environmental degradation. However, many efforts have been made in a number of developed and developing countries with one goal: to reduce CO₂ emissions into the atmosphere and to reduce pollution, and the use of fossil fuels is a sustainability issue for both reasons: environmental as well as economic. Thus, one of the strategies adopted is to increase energy production through renewable sources, including wind, geothermal, biomass and solar energy.

This work describes the development and assembly of solar thermal equipment, in the design of a control system (mobile application) of solar thermal equipment, which can be monitored and controlled with the Arduino platform for teaching purposes in the materials and mechanical construction laboratory of the School of Technology and Management. The principle of operation of this type of equipment, solar thermal system is quite simple: the solar radiation that hits the glass cover, which makes up the top of the solar panel, transfers in the form of heat to the circulating fluid inside of the tubes that make up the panel. After heating, this fluid circulates in a closed circuit and transfers heat through the tank coil to the water accumulated there, heating it up. The fluid circulation is managed and controlled by the solar regulator and the circulation group.

Therefore, the dissertation aims to design and program a solar thermal control system, and to achieve this goal, the following steps were necessary: equipment selection, assembly, Arduino programming, testing and optimization.

After that a business plan was made to study the financial viability of the project, taking into account the potential and expansion of the web and mobile technologies market, as well as the development in the renewable energy areas.

Keywords: Solar Thermal, Control, MQTT, Arduino, Business Plan

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	vi
Abstract.....	viii
Índice	x
Lista de símbolos, siglas e acrónimos	xiii
Lista de tabelas	xv
Lista de figuras	xvi
Capítulo 1	1
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Estrutura	4
Capítulo 2	5
2. Bases Teóricas	5
2.1. Sistemas solares térmicos.....	5
2.2. Acessórios dos sistemas solares	8
2.2.1. Coletores solares térmicos	9
2.2.1.1. Coletores planos.....	13
2.2.1.2. Coletores tubos de vácuo	17
2.2.1.3. Interligação de coletores	21
2.2.2. Fluido de transferência térmica.....	24
2.2.3. Estruturas de suporte.....	25
2.2.4. Permutador de calor	27
2.2.5. Grupo Hidráulico	28
2.2.6. Acumulador	31
2.2.7. Central de controlo.....	33
2.2.8. Canalização e acessórios.....	34
2.3. Tipologias de montagem nos sistemas solares térmicos	35

2.3.1.	Sistema termossifão	35
2.3.2.	Sistema de circulação forçada.....	36
2.4.	Microcontrolador: Arduíno.....	37
Capítulo 3	.....	43
3.	Seleção de Equipamentos para Ensaio	43
3.1.	Arduíno Mega 2560 R3.....	43
3.2.	Sensor de temperatura DS18B20	44
3.3.	Arduíno Ethernet shield V2 e Shield Arduino 4 Relés	44
3.4.	Copo de vidro de 2000 ml.....	46
3.5.	Projector com lâmpada halógena PHYWE.....	46
3.6.	Fonte de alimentação PHYWE	47
3.7.	Coletor Solar plano PHYWE (06753-00)	47
3.8.	Adaptador para ligação dos tubos	48
3.9.	Bomba de água 12 V (TOPRAN 103 630)	49
3.10.	Smartphone Android	49
Capítulo 4	.....	51
4.	Montagem, testes e otimização.....	51
4.1.	Montagem.....	51
4.2.	Implementação e Programação de Arduíno	53
4.3.	Interface.....	56
4.4.	Testes e otimização	58
Capítulo 5	.....	66
5.	Desenvolvimento do Plano de Negócios de uma Startup tecnológica	66
5.1.	Apresentação do Negócio.....	66
5.2.	Análise de Mercado.....	67
5.3.	Estratégia de comercial	69
5.3.1.	Produto.....	69
5.3.2.	Segmento de mercado	70
5.3.3.	Mercado envolvente.....	71
5.3.4.	Cientes	72
5.3.5.	Concorrência.....	73
5.3.6.	Estratégia de diferenciação	74

5.3.7.	Análise SWOT	75
5.3.8.	Distribuição.....	76
5.3.9.	Promoção	76
5.3.10.	Relações públicas	76
5.4.	Plano operacional	77
5.4.1.	Fornecedores	77
5.4.2.	Parceiros.....	77
5.4.3.	Recursos humanos	77
5.5.	Análise da viabilidade económico financeira do projeto	78
5.5.1.	Pressupostos.....	78
5.5.2.	Vendas e Custo das vendas	78
5.5.3.	Fornecimento e serviços externos.....	79
5.5.4.	Gastos com o pessoal	81
5.5.5.	Investimento.....	81
5.5.6.	Financiamento.....	82
5.5.7.	Análise do ponto crítico	84
5.5.8.	Demonstrações Financeiras previsionais	84
5.5.9.	Indicadores económico financeiros.....	87
5.5.10.	Avaliação.....	88
Capítulo 6	.....	90
6.	Conclusões e trabalhos futuros	90
6.1.	Conclusões	90
6.2.	Trabalhos futuros.....	91
Referências bibliográficas	.....	94
Anexo	.....	100
Anexo I – Código dos dados de temperatura dos sensores	.....	100
Anexo II – Código para obter dados do tempo atual.....	101	
Anexo III – Código para comunicação entre os dispositivos(<i>MQTT</i>) e acionamento dos relés.....	103	

Lista de símbolos, siglas e acrónimos

A	Ampere
AC	<i>Alternate current</i> (corrente alternada)
API	<i>Application programming interface</i> (Interface de programação de aplicativos)
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado
AQS	Água quente sanitária
DC	<i>Direct current</i> (Corrente contínua)
ETC	<i>Evacuated tube collector</i> (Coletor tubo de vácuo)
FDM	<i>Fuse deposit material</i> (Depósito de matéria fundida)
FPC	<i>Flat-plate collector</i> (Coletor plano)
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
IRS	Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Singulares
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado
LMCM	Laboratório de Materiais de Construção Mecânica
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i> (Transporte de Telemetria do Serviço de Enfileiramento de Mensagens)
SWH	<i>Solar Water Heating Systems</i> (Sistemas solares de aquecimento de água)
ST	Solar térmico
Tep	Tonelada equivalente de petróleo
TI	<i>Transparent insulation</i> (Isolamento transparente)
TJ	Terajoule
V	<i>Volt</i>

W

Watt

Lista de tabelas

Tabela 2.1- Valor da irradiação recebida na superfície terrestre dependendo da latitude do lugar [10].	7
Tabela 2.2 - Tipos de coletores solares, descrevendo o seu movimento, taxa de absorção, taxa de concentração e o indicador do intervalo de temperatura [16].	11
Tabela 2.3 - Inclinações dos coletores, segundo o uso e a época do ano. [17].....	13
Tabela 2.4 - Característica de um típico sistema de coletor plano para o aquecimento de água [16].	17
Tabela 2.5 - Característica de um típico sistema ETC [16].	20
Tabela 5.1 – Área total instalada de ST em Portugal [1].	68
Tabela 5.2 - Análise SWOT.....	75
Tabela 5.3 - Quantidades e os valores das vendas.....	79
Tabela 5.4 - Custo das mercadorias vendidas e matérias consumidas e Margem Bruta.	79
Tabela 5.5 - Fornecimento e serviços externos.	80
Tabela 5.6 - Gastos com o pessoal.....	81
Tabela 5.7 - Investimento.	82
Tabela 5.8 - Financiamentos necessários nos primeiros anos.	83
Tabela 5.9 - Plano Financeiro.	83
Tabela 5.10 - Análise do ponto crítico.....	84
Tabela 5.11 - Demonstrações Financeiras previsionais.....	85
Tabela 5.12 - Balanço previsional.	86
Tabela 5.13 - Cash flow.....	87
Tabela 5.14 - Indicadores económico financeiros.	88
Tabela 5.15 - Avaliação do projeto.....	88

Lista de figuras

Figura 1.1- Número anual de horas de sol no território de Portugal Continental [3].....	2
Figura 2.1 - construção típica de sistemas de tanques de armazenamento de pequena dimensão para aquecimento de água potável [12].....	8
Figura 2.2 - Exemplo de alguns acessórios do sistema solar [13].....	8
Figura 2.3 - Exemplo de um coletor solar plano [18].....	14
Figura 2.4 - Áreas em um coletor plano [12].	16
Figura 2.5 - Exemplo de um coletor tubo de vácuo [18].....	18
Figura 2.6 - Seção transversal através de um tubo de vácuo da tubulação de calor [12].	19
Figura 2.7 - Eficiências médias dos coletores (T_e – temperatura de entrada , T_a – temperatura ambiente) [20].	21
Figura 2.8 - Ligação em série de um coletor [15].	22
Figura 2.9 - Ligação em paralelo de um coletor [15].	23
Figura 2.10 - Ligação em paralelo de canais de um coletor [15].	23
Figura 2.11 - Apresentação comercial do líquido térmico [21].....	24
Figura 2.12 - Estrutura para superfície plana [21].....	25
Figura 2.13 - Estrutura para superfície plana sobre maciços de betão (Brigantia ecopark).	26
Figura 2.14 - Estrutura para superfície inclinada [21].....	27
Figura 2.15 - Exemplo de um permutador de calor [22].	28
Figura 2.16 - a) Bombas dos circuitos primário e secundário de uma instalação [23]; b) Vaso de expansão[24] ; c) Purgador [21]; d) Válvula retenção por mola [21].	31
Figura 2.17 - Detalhe do acumulador com duas serpentinas, uma para a permuta térmica com os painéis solares e outra para o sistema de apoio [12].	32
Figura 2.18 - Controlador Solar SCOP-BS/ [25].	34
Figura 2.19 - Sistema termossifão em um telhado inclinado com tanque de armazenamento fora [12].....	36
Figura 2.20 - Montagem de circulação forçada [10].	37
Figura 2.21 - Exemplo de um Arduino Nano (1), Uno (2) e Mega (3) [31].....	39
Figura 2.22 - <i>Software IDE</i> (Ambiente de desenvolvimento integrado).....	40

Figura 2.23 - App Inventor designer [42].....	42
Figura 2.24 - Editor de blocos do App Inventor [42].....	42
Figura 3.1 - Arduíno Mega 2560 R3.	43
Figura 3.2 - Sensor de temperatura DS18B20.....	44
Figura 3.3 - Arduíno Ethernet shield.	45
Figura 3.4 - Shield Arduino 4 Relés.....	45
Figura 3.5 - Copo de vidro de 2000 ml usado como reservatório.	46
Figura 3.6 – Projetor com lâmpada halógena usada para simular a radiação solar.....	46
Figura 3.7 - Fonte de alimentação PHYWE.....	47
Figura 3.8 - Coletor solar plano.....	48
Figura 3.9 - Impressora 3D <i>BigBuilder</i> (FDM - Depósito de matéria fundida).....	48
Figura 3.10 - Adaptador impresso na impressora 3D FDM.	49
Figura 3.11 - Bomba de água 12 V.....	49
Figura 3.12 - Smartphone Motorola Moto G3	50
Figura 4.1 - Montagem do sistema 1.....	51
Figura 4.2 - Montagem do circuito hidráulico.....	52
Figura 4.3 - Montagem do circuito hidráulico.....	53
Figura 4.4 - Implementação do Arduino e fonte de alimentação.	54
Figura 4.5 - Implementação do sensor DS18B20 à entrada do coletor.....	54
Figura 4.6 - Implementação do sensor DS18B20 no reservatório.	55
Figura 4.7 - Implementação dos sensores DS18B20 à saída do coletor.....	55
Figura 4.8 – Projetor com lâmpada halógena usada para simular a radiação solar.....	56
Figura 4.9 - Diferença das temperaturas no painel e no reservatório.	56
Figura 4.10 - Aplicação móvel desenvolvida para o controlo do solar térmico.....	58
Figura 4.11 - Valor de radiação solar recebida do site de meteorologia num dia com nuvem.	59
Figura 4.12 - Esquema do funcionamento da tecla ligar solar.	60
Figura 4.13 - Tempo de aquecimento da água até 45°C, recebendo uma radiação de 1000 Wm^2	61
Figura 4.14 - Esquema do funcionamento da tecla ligar apoio.	62
Figura 4.15 - Esquema do funcionamento da tecla ligar automático.	63

Figura 4.16 - Tempo de aquecimento da água até 45°C, recebendo uma radiação de 500 Wm^2	64
Figura 4.17 - Esquema do funcionamento da tecla sem função.	65
Figura 5.1 - Previsão do mercado do ST em Portugal de 2005 a 2014 [1].	69
Figura 5.2 – Rendimento médio disponível das famílias [53].....	70
Figura 5.3 – Despesas de consumo final das famílias: total e por tipo de bens e serviços [54].	71
Figura 5.4 – Capacidade instalada em 2015, distribuída em termos de tipologia de sistemas [55].	72
Figura 5.5 – Procura por coletores individuais na habitação e no setor terciário no ano de 2015 [55].	72
Figura 5.6 – Exemplo aplicação móvel, com as diversas opções de funcionamento....	74
Figura 6.1 - Exemplo de um placa ESP32 [58].	91
Figura 6.2 - Sistema solar térmico no LMCM.	92

Capítulo 1

1. Introdução

1.1. Enquadramento

O sol é uma fonte de energia de extrema importância, que em comparação com a escala de existência da Humanidade é um recurso constante e inesgotável [1], sendo que a energia oferecida é limpa, amiga do ambiente e abundante [2]. A quantidade de energia fornecida pelo sol anualmente à superfície terrestre, é de 15×10^{18} kWh, que equivale a 10 000 vezes o consumo mundial de energia registado durante o mesmo período, sendo que cerca de 1/3 da energia que atinge à Terra é refletida para o espaço, e 1/2 da energia é absorvida pela sua superfície. Num dia relativamente limpo a radiação depois de passar através da atmosfera atinge a superfície do nosso planeta com uma potência inferior em cerca de 30%, isto é, cerca de 1000 W/m^2 . Esta energia ao entrar em contato com a atmosfera da Terra pode ser refletida ou absorvida em três modos diferentes, ou seja, por radiação direta, afetando diretamente a superfície, por radiação difusa em que a radiação é desviada em direções diferentes por componentes atmosféricos e por radiação refletida, ocorrendo por reflexão no solo e objetos em redor. Relativamente ao Continente Europeu, a distribuição da radiação solar apresenta a sua maior densidade nos países do Sul, que é o caso de Portugal tendo um potencial considerável, que em comparação ao resto da Europa recebe em todo o país um valor significativo de radiação solar [1]. Segundo Gil (2017), Portugal é um dos países europeus com melhores condições para a exploração deste recurso, apresentando um número médio anual de horas de sol variável entre 2200 e 3000, no continente, e entre 1700 e 2200, para os Açores e a Madeira respetivamente. A Figura 1.1 apresenta o grau de insolação em Portugal Continental.

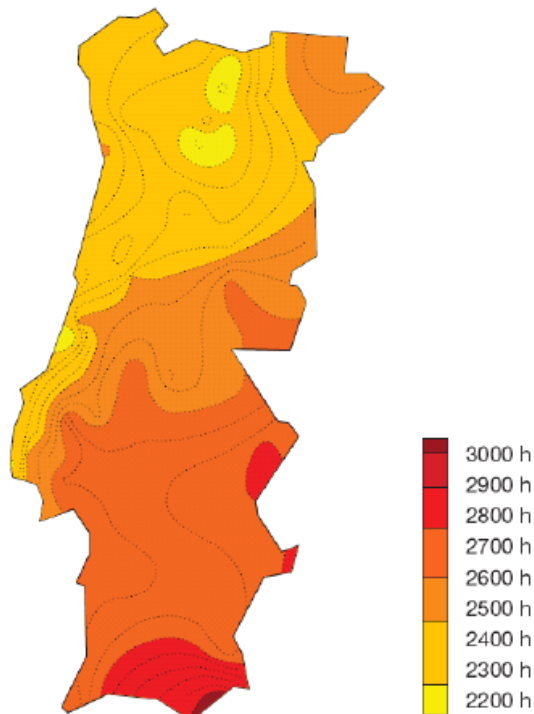


Figura 1.1- Número anual de horas de sol no território de Portugal Continental [3].

A procura de fontes de energias é uma questão de enorme importância para o Homem no mundo, devido à poluição ambiental têm-se recorrido às energias limpas, nomeadamente o sol. Sendo que é a fonte com mais importância gerando energia para que a radiação solar possa ser transformada através de sistemas e equipamentos, para satisfazer as necessidades do Homem em diferentes setores (indústrias, residências e instituições académicas) [4]. A importância da geração de uma energia limpa e sustentável é devido a danos ambientais globais e recursos limitados de combustíveis fósseis [5], gerando um interesse e aposta na construção de edifícios sustentáveis, focando na não poluição e na qualidade renovável que os equipamentos de energia solar fornecem [6].

O aumento da população mundial e um rápido progresso da economia mundial levou a procura e uma necessidade de recorrer à produção de energia tradicional baseada em combustíveis fósseis, resultando assim em emissão de gases de efeito de estufa, sendo que, a queima de combustíveis fósseis gera consequências ao nosso meio ambiente, como

degradações ambientais, poluição do ar, alterações climáticas e muito mais [7]. Esta situação ocorre principalmente nos países desenvolvidos ou em desenvolvimento, sendo que parte da procura de energia é recorrida pelos combustíveis fósseis disponíveis. Como já referido, além de provocar mudanças climáticas globais causando destruições ao ecossistema do planeta, o uso contínuo dos combustíveis fósseis conduz para uma escassez, ou seja, não são abundantes e são fontes limitadas de energia. Existem alternativas promissoras para o uso de combustíveis fósseis, sendo as designadas fontes renováveis de energia, incluindo as energias eólica, geotérmica, de biomassa e solar. Entretanto, tanto os países desenvolvidos quanto os países em desenvolvimento estão procurando essas alternativas, adequando-os para as suas situações, com o crescimento da população, juntamente com o desenvolvimento económico [8]. Estes vem aplicando também grandes investimentos em inovação, ciência e tecnologia, em diversos setores principalmente para o desenvolvimento nos setores de energias renováveis, apostando nos sistemas de micro-controladores em inovações tecnológicas (aumentar eficiência dos dispositivos e equipamentos, monitorização, otimização, entre outros) [9].

1.2. Objetivos

O presente trabalho consiste no projeto de um sistema de controlo de equipamento solar térmico com apoio de segunda fonte de calor, otimizando o consumo de energia de um determinado sistema energético (caldeiras). Propõe-se projetar, dimensionar e otimizar parâmetros de solar térmico de acordo com vontade do cliente, sistema este baseado em Arduino. Assim, o objetivo principal deste trabalho é projetar e programar um sistema de controlo de solar térmico, e para se conseguir este objetivo, foram necessárias as seguintes etapas:

- Seleção de equipamentos
- Montagem
- Programação de Arduino
- Teste e otimização

Como objetivo secundário, o desenvolvimento de um plano de negócio de uma startup tecnológica, com aplicabilidade em Portugal.

1.3. Estrutura

Este trabalho encontra-se dividido em seis capítulos, organizados da seguinte forma:

- O primeiro capítulo é de caráter introdutório e tem por finalidade fazer o enquadramento da dissertação, bem como referenciar quais os objetivos do trabalho e uma breve descrição sobre a estrutura da mesma.
- O segundo capítulo apresenta uma base teórica, descrevendo o sistema solar térmico, os acessórios do sistema solares que integram as instalações de fornecimento de água quente sanitária, coletores solares térmicos, estrutura de suporte, permutador de calor, grupo hidráulico, acumulador, central de controlo e canalização e acessórios, seguindo das tipologias de montagem nos sistemas solares térmicos, e posteriormente a descrição dos microcontroladores mais concretamente o Arduino.
- No terceiro capítulo é apresentado os equipamentos usados para o desenvolvimento da parte prática e da respetiva realização dos ensaios experimentais.
- No quarto capítulo é apresentada a respetiva montagem, a programação do Arduino, testes e otimização realizadas e o desenvolvimento da interface de controlo e os respetivos procedimentos adotados para a realização da montagem e o posterior funcionamento do sistema.
- O quinto capítulo apresenta o desenvolvimento do plano de negócio de uma startup tecnológica, com o intuito de mostrar o potencial de negócio que este projeto construção e simulação do solar térmico programado “a pedido” apresenta no setor energético.
- O sexto capítulo é reservado somente para as considerações finais ou conclusões e são feitas ainda algumas sugestões de trabalho futuro.

Capítulo 2

2. Bases Teóricas

Este capítulo apresenta as bases teóricas relevantes para uma correta compreensão do estudo desenvolvido durante o trabalho. Na primeira parte é apresentada uma descrição do sistema solar térmico, seguindo-se da descrição dos acessórios do sistema solares que integram as instalações de fornecimento de água quente sanitária (AQS), coletores solares térmicos, fluido de transferência térmica, estruturas de suporte, permutador de calor, grupo hidráulico, acumulador, central de controlo e canalização e acessórios, seguindo das tipologias de montagem nos sistemas solares térmicos. Numa segunda parte é apresentada uma descrição dos microcontroladores com foco no Arduino, sendo um dos microcontroladores mais famosos da atualidade, seguindo-se da descrição de *software* para desenvolvimentos de aplicativos, como o *MIT App Inventor* e o *MQTT Dash*.

2.1. Sistemas solares térmicos

A radiação inesgotável do sol que alcança a superfície terrestre, depois de atravessar os cento e cinquenta milhões de quilómetros que separam a terra do astro-rei, possibilita reduzir de modo muito considerável o nosso consumo de combustíveis de origem fóssil, sendo que o aproveitamento desta radiação deu lugar a tecnologias de energias renováveis, das quais se destaca a solar térmica por ser a que apresenta um melhor rendimento. O seu coletor, o painel solar, tem uma eficiência que supera os 90% enquanto, por exemplo, o painel fotovoltaico apresenta uma eficiência que se situa “apenas” entre os 16 e 18%. As instalações térmicas, para além de economicamente viáveis, são necessárias para preservação do meio ambiente, e a atual abundância de equipamentos e acessórios para as mais variadas configurações facilita o projeto e montagem das instalações para o fornecimento de energia a diversas aplicações de utilização contínua ou sazonal, como por exemplo: água quente sanitária, aquecimento por convecção, aquecimento por radiação, aquecimento de piscinas [10].

As aplicações térmicas usualmente mais utilizadas são para o fornecimento de água quente sanitária nas suas diversas utilizações domésticas e no aquecimento por radiação, sendo que o aquecimento por radiação apresenta como vantagem em relação ao sistema

de convecção clássica o fato de não retirar tanta humidade ao ar aquecido. A segunda instalação mais comum em número de instalações é o aquecimento de piscinas que, no caso das cobertas, permite a sua utilização durante todo o ano, sendo que no caso das descobertas prolonga uns meses o seu normal período de utilização [10].

Segundo Benito (2010), as primeiras instalações solares para aplicação doméstica remontam à primeira metade do século passado, que segundo as revistas científicas da época, no ano de 1930 começou o interesse por este aproveitamento energético no seio de algumas universidades dos Estados Unidos. Mas nesta época, os cientistas não foram impulsionados por um sentimento ecológico, pois esse sentimento chegaria muito mais tarde com o aparecimento de monóxido de carbono e outras substâncias perigosas para a vida no seio do meio ambiente, mas sim devido a necessidade de disponibilizar AQS nas zonas mais isoladas das grandes cidades, por motivos de difícil e dispendioso abastecimento de combustíveis convencionais, sendo que por razões óbvias, as investigações iniciaram-se em terras de alta intensidade de irradiação solar, e já em 1950, a Universidade de Arizona testou o funcionamento de painéis térmicos de baixa temperatura e dos respetivos sistemas de armazenamento de água quente e controlo térmico em vários dos seus edifícios. Em 1966 teve lugar em Roma o congresso “Novas Fontes de Energia”, daí o nascimento da aplicação da energia solar no setor doméstico, comercial e da indústria.

Os sistemas solares de aquecimento de água (SWH) têm um uso abrangente e aplicações em setores tanto industriais como domésticos. De acordo com dados da rede de política energética renovável (2010), 70 milhões de casas no mundo todo foram relatados por estar usando SWH. O aquecimento solar de água não é somente amigo do ambiente, mas também exige um custo mínimo de manutenção e operação em comparação com outras aplicações de energia solar, sendo que os SWH são económicos, com um período de retorno atraente de 2 a 4 anos, dependendo do tipo e tamanho do sistema [11].

A tecnologia das instalações solares para os fins indicados está atualmente, em condições de satisfazer a totalidade da procura energética. Pode-se verificar na Tabela 2.1, referente à irradiação, o valor recebido na superfície terrestre depende da latitude do lugar e da estação do ano, assim sendo, considerando três zonas de Portugal de diferente latitude durante os extremos climáticos. A irradiação em kWh por metro quadrado de superfície e por dia, é mostrada na Tabela 2.1 abaixo:

Tabela 2.1- Valor da irradiação recebida na superfície terrestre dependendo da latitude do lugar [10].

Latitude	Zona	Irradiação Solar Diária (kWh/m²/d)
42.0 °	Norte (Valença)	1.4 – 6.4
40.2 °	Centro (Coimbra)	1.7 – 6.8
37.0 °	Sul (Faro)	2.2 – 7.6

Este tipo de situação, pode conduzir a um dimensionamento três a quatro vezes superior no Inverno ao Verão, como por exemplo, se durante o Verão é suficiente um coletor solar de 2 m², para o inverno vão ser necessários 8 m² para satisfazer a mesma procura energética, o que é excessivo de manter durante todo o ano. Como solução de compromisso generalizada opta-se por adotar uma fração solar e dimensionar através desse valor a instalação do tipo permanente, entretanto essa fração, também denominada por cobertura solar, corresponde ao quociente entre a energia captada pelo sistema solar térmico e as necessidades energéticas dos consumidores. Sendo assim, é considerada a seguinte expressão [10]:

$$F_S = \left(\frac{E_{\text{útil}}}{L} \right) \times 100 \quad (1)$$

Sendo:

F_s = Fração Solar (%)

E_{útil} = Energia transferida ao sistema

L = Energia total consumida

Uma fração solar que satisfaça na generalidade os critérios de consumo ecológico sem recurso a uma instalação sobredimensionada para a maior parte do ano apresenta uma relação 0,3 – 0,85, a qual corresponde satisfazer em 30% as necessidades durante o

Inverno e 85% durante o Verão, sendo que o restante é fornecido através do sistema de apoio convencional [10].

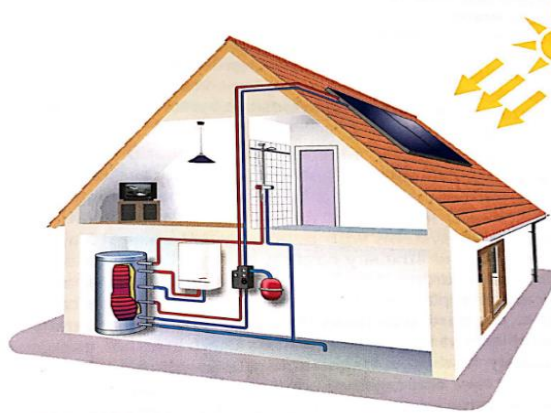


Figura 2.1 - construção típica de sistemas de tanques de armazenamento de pequena dimensão para aquecimento de água potável [12].

2.2. Acessórios dos sistemas solares

Os acessórios que integram as instalações de fornecimento de AQS, aquecimento de espaços habitados e piscinas, com recurso à energia solar, estão organizados em sete grupos, que são os seguintes: Coletores solares térmicos, fluído de transferência térmica, estrutura de suporte, permutador de calor, grupo hidráulico, acumulador, sistema de apoio, central de controlo, canalização e acessórios [10].



Figura 2.2 - Exemplo de alguns acessórios do sistema solar [13].

2.2.1. Coletores solares térmicos

Os coletores solares térmicos são os principais e importantes componentes dos sistemas solares térmicos. Eles são dispositivos que absorvem a radiação solar, convertem-na em calor e transferem esse calor para um fluido (geralmente ar, água, óleo ou uma mistura), que sua vez flui através do coletor. A energia solar assim recolhida é transportada do fluido circulante, seja diretamente para a água quente ou equipamentos de condicionamento de espaço, ou para um reservatório de armazenamento de energia térmica, a partir do qual o calor pode ser retirado para o uso/consumo noturno e/ou, em dias nublados [14]. Relativamente as suas características, os painéis térmicos apresentam um conjunto de parâmetros térmicos e mecânicos que definem as suas condições de funcionamento, sendo os básicos os seguintes [10]:

- Dimensões. Indicação do tamanho. É fornecido em milímetros por lado e/ou em área, em m^2 .
 - Superfície total e útil. Indicação da área total do painel e da área útil de captação. É fornecida em m^2 . A última é necessária para os cálculos de dimensionamento das instalações.
 - Pressão. Indicação das pressões de serviço e pressão máxima do líquido que circula no seu interior. É fornecida em bares.
 - Caudal nominal. Indicação do caudal em litros por hora que deve circular pelo circuito hidráulico.
 - Ligações externas. Indicação do tipo (roscado ou encaixe) e tamanho (métrica) das ligações externas de entrada e saída do fluido térmico.
- Fluido térmico. Recomendação sobre o fluido a utilizar no painel para encher o circuito primário.
- Fator de conversão. Parâmetro que indica o rendimento térmico do painel: por exemplo, 0.9 indica que aproveita 90% da energia do solar incidente. Supõem-se que os 10% restantes são refletidos.

Geralmente os coletores ensaiam-se fazendo-os funcionar num banco de provas sob condições estáveis de radiação solar, velocidade do vento, temperatura do fluido à entrada e temperatura ambiente. Sendo assim, os resultados obtidos nos ensaios apresentam-se

como o rendimento do coletor, η , definido pela relação entre a energia captada e a recebida. A equação que define o rendimento do coletor é expressa da seguinte forma [15]:

$$\eta = F_R \times (\tau \times \alpha) - U_L \times \left(\left[\frac{t_f - t_a}{I} \right] \right) \quad (2)$$

Sendo:

η - Rendimento do coletor

F_R - Fator de irrigação (por vezes é expresso por F')

τ - Transmitância da cobertura transparente

α - Absortância da placa absorvedora

U_L - Coeficiente global de perdas (por vezes é expresso em $F_R U$ ou $F' U_L$)

t_f - Temperatura média do fluido

t_a - Temperatura ambiente

I - Radiação global incidente sobre o coletor por unidade de área

Além de calcular o rendimento do coletor, pode-se também calcular a quantidade de energia necessária para conseguir a quantidade de água quente requerida à temperatura desejada (40 - 45°C), através da quantidade de calor expressa por [15]:

$$Q = m \times C_p \times \Delta t \quad (3)$$

Sendo:

Q – Quantidade de calor

m – Massa em gramas

C_p - Calor específico da água

Δt – Temperatura final - temperatura inicial

Geralmente existem dois tipos de coletores de energia solar usados para fornecer energia a edifícios: os coletores de aquecimento solar de água, e coletores solares de aquecimento de ar, sendo os coletores de aquecimento de água, normalmente os mais usados. Tanto para o aquecimento de água e aquecimento do ar, os coletores são vidrados ou não vidrados. Um coletor solar vidrado capta o calor utilizando uma superfície envidraçada no topo da superfície de absorção, enquanto que um coletor não vidrado, como o nome já diz não tem cobertura de vidro, sendo que geralmente são feitos de borracha de alta resistência ou plástico tratado com um inibidor de luz ultravioleta para prolongar a vida útil do sistema. O envidraçamento de coletores solares é um problema crítico, considerando o clima (velocidade do vento, chuva e poeira) do local, que pode ter efeitos negativos no desempenho do coletor, como a deterioração da superfície absorvente e acumulação de poeira. Os coletores de energia solar são também não concentradores ou concentradores. Um coletor não concentrador tem a mesma área para interceptar e absorver a radiação solar, enquanto que os concentradores, geralmente tem superfícies refletoras côncavas para interceptar e focar a radiação do feixe do sol para uma área de recepção menor, deste modo, aumentando o fluxo de radiação [14].

Existem um largo número de coletores solares disponíveis no mercado, assim representada na Tabela 2.2 abaixo:

Tabela 2.2 - Tipos de coletores solares, descrevendo o seu movimento, taxa de absorção, taxa de concentração e o indicador do intervalo de temperatura [16].

Movimento	Tipo de coletor	Tipo de absorção	Taxa de concentração	Indicador do intervalo de temperatura (°C)
Estacionário	Coletores planos	Plano	1	30 – 80
	Coletores de tubo de vácuo	Plano	1	50 – 200
	Coletores parabólico composto	Tubular	1 – 5	60 – 240
Movimento segundo um eixo	Linear Fresnel refletor	Tubular	10 – 40	60 – 250
	Coletores Parabólicos	Tubular	15 – 45	60 – 300
	Coletores cilíndricos	Tubular	10 – 50	60 – 300

Movimento	Refletor Parabólico	Pontual	100 – 1000	100 – 500
segundo dois eixos	Coletores de campo heliostático	Pontual	100 – 1500	150 – 2000

Nota: A taxa de concentração é definida pela área de abertura dividida pela área recetora/absorvente do coletor.

Como já referido anteriormente os coletores solares são os principais componentes dos sistemas de aquecimento solar de água, sendo que os coletores planos e de tubo de vácuo são os mais utilizados em edifícios/residências. As eficiências dos coletores planos são normalmente maiores que 30%, e maiores de 45% para os de tubo de vácuo [14].

Quanto às inclinações e variações, os coletores solares de aquecimento de água devem ser orientados diretamente em direção ao equador, voltado para o sul no hemisfério norte e para o norte no hemisfério sul. O ângulo ideal de inclinação do coletor é igual à latitude da localização, com variações angulares de 10-15 °, mais ou menos dependendo da aplicação, sendo que os coletores devem situar-se de tal forma que ao longo do período anual de utilização aproveitem a máxima radiação solar incidente [14]. Orientam-se ao Sul geográfico, não coincidente com o magnético, definido pela bússola (há uma diferença de 5°).

Desvios até 20° relativos á orientação Sul não afetam gravemente o rendimento e a energia térmica fornecida pelo equipamento solar. Com um desvio para leste o período diário de captação adiantar-se-á cerca de uma hora por cada 15° de desvio. Se o desvio é para Oeste, o período de captação retardar-se-á na mesma proporção, com um ligeiro acréscimo no rendimento pelo facto de funcionar mais tempo durante as horas em que a temperatura ambiente é mais elevada. Na Tabela 2.3 abaixo esta representado as inclinações dos coletores, segundo a época do ano e o uso [17].

Tabela 2.3 - Inclinações dos coletores, segundo o uso e a época do ano. [17]

Utilização	Ângulo
Todo o ano (A.Q.S)	Latitude do local -5°
Inverno (aquecimento)	Latitude do local $+15^{\circ}$
Verão (piscinas descobertas/ hotéis temporada)	Latitude do local -15°

Variações de 10° relativamente ao ângulo de inclinação ótimo não afetam praticamente o rendimento e a energia térmica útil fornecida pelo equipamento solar. Desvios de orientação e inclinação superiores aos assinalados devem compensar-se com uma maior superfície de coletores [17].

Relativamente aos coletores mais usados, o coletor plano é o mais utilizado, muito embora a tendência pareça estar a mudar para os tubos de vácuo, por terem um rendimento mais elevado, os quais se caracterizam em determinadas situações, embora terem um preço superior [10]. Ambos são descritos em seguida.

2.2.1.1. Coletores planos

Quando a radiação solar passa por uma cobertura transparente e embate com a superfície do absorvente enegrecido de alta absorvidade, grande parte dessa energia é absorvida pela placa e depois transferido para o meio de transporte nos tubos de fluido, a serem transportados para armazenamento ou uso. A parte inferior da placa de absorção e o lado do revestimento são bem isolados para reduzir as perdas de condução.

A cobertura transparente é usada para reduzir as perdas por convecção da placa absorvente através da restrição da camada de ar estagnada entre a placa de absorção e o vidro. Isso também reduz as perdas de radiação do coletor, como o vidro é transparente para as curtas radiações de ondas recebida pelo sol, mas é quase opaca à radiação térmica de ondas longas emitido pela placa absorvente [16].



Figura 2.3 - Exemplo de um coletor solar plano [18].

Os coletores planos geralmente são permanentemente fixos numa posição e não acompanham a trajetória do sol, e como já referido, quanto às inclinações e variações, devem ser orientados diretamente em direção ao equador, voltado para o sul no hemisfério norte e para o norte no hemisfério sul, cujo o ângulo ideal de inclinação do coletor é igual à latitude da localização, com variações angulares de 10-15 °, mais ou menos dependendo da aplicação. É de longe o tipo de coletor mais utilizado, e é geralmente utilizado para aplicações de baixa temperatura, sendo até 100 °C, embora alguns novos tipos de coletores utilizam isolamento a vácuo e/ou TI (isolamento transparente) podendo alcançar valores ligeiramente mais altos. Devido à introdução de revestimentos altamente seletivos, os padrões atuais dos coletores planos podem atingir temperaturas de estagnação de mais de 200 °C e com esses coletores boas eficiências podem ser obtidas até temperaturas de cerca de 100 °C. Foram construídos em uma ampla variedade de modelos e de diversos tipos de materiais, também usados para o aquecimento de fluídos assim como a água, água e aditivos anticongelante, ou ar.

Entretanto, tem uma vida longa e eficaz, apesar dos efeitos adversos da radiação ultravioleta, corrosão e entupimento por causa da acidez, alcalinidade ou rigidez do fluido de transferência de calor, congelamento da água ou acumulação de poeira ou humidade no vidro, e danos causados no vidro devido a expansão térmica, granizo, vandalismo ou outras causas, e estas causas podem ser minimizadas com o uso de vidro temperado [16].

Para os coletores planos existem duas versões: o coletor metálico (plano com cobertura) para as instalações de AQS, e de polipropileno ou similar (plano sem cobertura) para o aquecimento de piscinas. Os coletores planos com cobertura é o mais utilizado, visto que foi o primeiro a ser introduzido no mercado, apresentando um baixo preço, e é baseado no princípio do corpo negro que, como já se sabe, absorve a energia solar incidente que no seu interior circula o fluido a ser aquecido, transferindo-se diretamente ou indiretamente para o acumulador [10]. É composto por quatro elementos dispostos numa caixa de alumínio ou aço, sendo tais acessórios apresentados seguidamente [19]:

- **Cobertura:** superfície frontal de vidro, que provoca o efeito de estufa e reduz as perdas de calor. Os materiais mais utilizados são geralmente o vidro e ocasionalmente o plástico, sendo que é muitas vezes utilizado um vidro com baixo teor em ferro com uma espessura de 3-4 mm. Possui características que permitam uma transmissão elevada de luz, por conseguinte uma baixa reflexão durante a vida útil do coletor, bem como resistir à pressão do vento, impacto de objetos e choques térmicos.
- **Absorção:** a peça essencial de um coletor plano. É constituída por uma chapa metálica, que apresenta boas características de absorção de calor sendo fabricadas em alumínio ou cobre com revestimentos a preto-baço ou com revestimentos seletivo e tubos de transferência de calor ligados ao coletor. É parcialmente refletida e parcialmente absorvida, quando a radiação solar atinge o absorvedor, sendo que, da absorção da radiação solar gera calor, que é transferido da chapa metálica para os tubos ou canais de escoamento, que através desses tubos de escoamento o fluido de transferência térmica transporta o calor para os tanques de armazenamento.
- **Isolamento:** o coletor tem uma camada de isolamento entre a caixa e a placa absorvedora, para reduzir as perdas de calor para o ambiente, através de condução térmica. Tendo em consideração que o coletor pode atingir temperaturas máximas, os isolamentos de fibra mineral são os mais indicados para suportar estas temperaturas, sendo que os materiais mais utilizados são: o poliuretano, a lã de rocha e a lã de vidro.

- **Ligações hidráulicas:** o painel incorpora ligadores roscados destinados à entrada do fluido frio e à saída do fluido quente, e a estas ligações podem-se acoplar válvulas de corte para isolar o circuito hidráulico, um purgador para extrair o ar das tubagens e sondas de temperatura destinadas ao controlo diferencial, sendo que grande parte dos painéis comerciais incorporam ligadores nas laterais da caixa para permitirem a ligação em série ou em paralelo dos painéis [10].

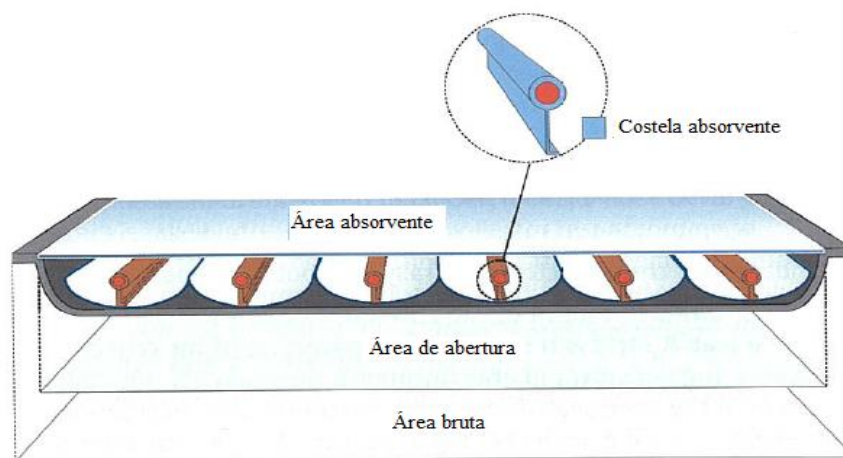


Figura 2.4 - Áreas em um coletor plano [12].

Entretanto, para o aquecimento das piscinas e outras aplicações para as quais é suficiente colocar a temperatura da água a 24-26 °C, utilizam-se os coletores planos sem cobertura ou flexíveis, sendo painéis de polipropileno, borracha ou similar, que apresentam uma solução económica, de baixo peso e muita flexibilidade na montagem. O material com que se fabricam os coletores solares flexíveis é, fundamentalmente, um polímero termoplástico muito leve com uma configuração externa que lhes permite uma grande flexibilidade de ângulos de orientação, podendo ser instalados sobre os telhados sem ter em conta as preocupações necessárias para os coletores planos com cobertura (dado o seu elevado peso), visto que se desmontam facilmente no final da época de utilização. O seu princípio de funcionamento é o mesmo que nos coletores planos com cobertura, existindo no seu interior uma rede de canais por onde circula o líquido que aquece por ação do sol

e da capacidade térmica do material empregue, dispondo também de ligações para entrada de água de retorno e saída da água quente [10].

Em relação a percentagem no mercado, o coletor solar plano representa aproximadamente 85% a 90%, no aquecimento solar de água potável, apresentando vantagens como: estrutura robusta, simples, tecnicamente aperfeiçoado, boa relação entre o preço/desempenho, mais oticamente atraente devido a sua área de superfície plana.

De seguida é apresentada na Tabela 2.4, as típicas características de um sistema de coletor plano segundo Kaligirou (2004).

Tabela 2.4 - Característica de um típico sistema de coletor plano para o aquecimento de água [16].

Parâmetros	Coletor plano simples	Coletor plano avançado
Acoplamento da placa absorvente com a tubagem	Embutido	Soldado por ultrassom
Revestimento absorvente	Tinta preta	Revestimento seletivo de crômio
Envidraçamento	Vidro com baixo teor de ferro	Vidro com baixo teor de ferro
Ângulo de inclinação do coletor	Latitude +5 a 10°	Latitude +5 a 10°

2.2.1.2. Coletores tubos de vácuo

Os coletores planos convencionais foram desenvolvidos para uso em climas ensolarados e quentes, no entanto seus benefícios são bastante reduzidos quando a condição se torna desfavorável durante os dias frios, nublados e ventosos. Além disso, influências climáticas, como condensação e humidade causa uma deterioração precoce e interna dos materiais, que resulta em um desempenho reduzido e leva a falhas no sistema. Entretanto, coletores tubos de vácuo funcionam de forma diferente em relação aos outros coletores disponíveis no mercado. A ETC demonstrou que a combinação de uma superfície seletiva e um supressor de convecção eficaz pode resultar num bom desempenho em altas temperaturas. O invólucro de vácuo reduz a perda de convecção e condução, logo os coletores

tubo de vácuo podem operar em temperaturas mais altas que o coletor plano. No caso do FPC, eles coletam tanto radiação direta quanto difusa, entretanto, sua eficiência é maior em baixos ângulos de incidência que por sua vez este efeito tende a dar à ETC uma vantagem sobre o FPC no desempenho de um dia inteiro [16].



Figura 2.5 - Exemplo de um coletor tubo de vácuo [18].

Água ou glicol, circula através do coletor e capta o calor através dos tubos, e o líquido aquecido circula através de um outro permutador de calor e emite calor para a água que é armazenada em um tanque de armazenamento solar [16]. Resumindo, os coletores tubos de vácuo podem atingir temperaturas substancialmente altas em relação aos coletores planos devido as cargas térmicas no isolamento da tubulação sendo que o sensor de controle e a transferência de calor podem ser muito altos. Os isolamentos perto dos coletores de tubo devem resistir a temperaturas permanentes de mais de 150° [12].

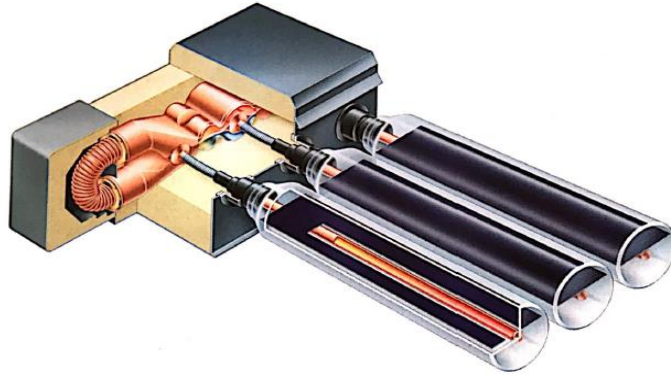


Figura 2.6 - Seção transversal através de um tubo de vácuo da tubulação de calor [12].

Segundo Remmes (2002), os coletores tubos de vácuo apresentam vantagens como:

- Temperaturas operacionais mais altas podem ser alcançadas, do que com os coletores planos. A temperatura alta pode ser benéfica para o processo de aquecimento, como por exemplo, para indústrias e refrigeração solar
- Reduz as perdas térmicas comparado com os coletores planos, devido ao excelente isolamento térmico
- Maior rendimento energético do que os coletores planos com a mesma área de absorção efetiva. Isso pode ser uma vantagem com instalações em pequenas áreas de montagem. No entanto, o rendimento energético dos tubos de vácuo é consideravelmente maior do que o dos coletores planos em altas temperaturas.
- Construção compacta próxima do coletor que não requer material de isolamento interior, e desta forma não ocorre nenhuma penetração de umidade ou sujeira no coletor, e nenhum depósito devido à dispersão do isolamento interior, etc.

Sendo as desvantagens:

- Altas temperaturas de estagnação com demandas correspondentes em todos os materiais usados próximos à matriz e no fluido de transferência de calor.
- Custos específicos consideravelmente mais altos (custos por m^2 de área absorvente) do que com os coletores planos. O aumento nos custos não é compensado se forem necessárias apenas baixas e médias temperaturas de funcionamento (ex.

com aquecimento solar de água potável), apesar da maior eficiência e da possibilidade resultante da redução da área da matriz.

- Custos elevados para o calor solar disponível a uma faixa média de temperaturas de funcionamento, uma vez que as vantagens de custo são somente em altas temperaturas de funcionamento.

De seguida, é apresentado na Tabela 2.5 as características de um típico coletor tubo de vácuo segundo Kalogirou (2004).

Tabela 2.5 - Característica de um típico sistema ETC [16].

Parâmetros	Valor
Diâmetro do tubo de vidro	65 mm
Espessura do vidro	1.6 mm
Comprimento do coletor	1965 mm
Placa absorvente	Cobre
Revestimento	Seletivo
Área do absorvedor para cada coletor	0.1 m ²
Ângulo de inclinação do coletor	Latitude +5 a 10°

Após serem descritas os dois tipos de coletores mais usados para o aquecimento de água quente sanitária, é apresentado de seguida a sobreposição das curvas de eficiência referidamente, dos coletores planos com e sem cobertura, e a curva para um coletor de tubo de vácuo.

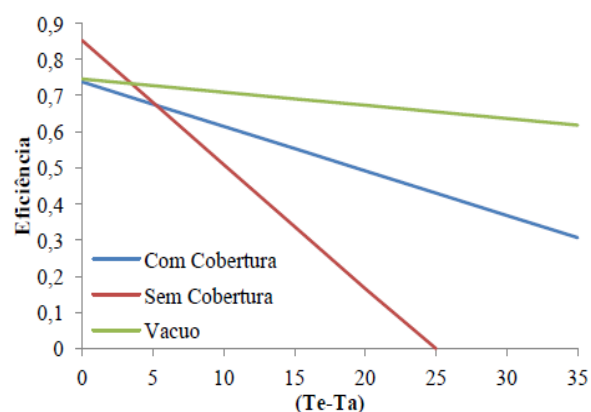


Figura 2.7 - Eficiências médias dos coletores (T_e – temperatura de entrada , T_a – temperatura ambiente) [20].

De acordo com a figura apresentada, relativamente a uma melhor eficiência destaca-se o coletor plano sem cobertura, sendo que a temperatura da água de entrada e a temperatura ambiente são próximas, isto é, terá melhor eficiência quando a temperatura ambiente for alta e conseqüentemente as perdas térmicas forem baixas. O uso de cobertura no coletor, já é necessário quando a temperatura ambiente for mais baixa, e mostra ser mais eficiente quando é usado um coletor plano com cobertura. Relativamente com o uso do coletor tubo de vácuo, tem-se um melhor rendimento onde as temperaturas ambientes são baixas e a temperatura da água quente será muito superior à ambiente, podendo concluir então que o isolamento é parte importante de um coletor que será utilizado em ambientes com invernos rigorosos, e por outro lado, um bom isolamento pode atrapalhar o seu desempenho em ambientes com temperaturas ambiente alto [20].

2.2.1.3. Interligação de coletores

Os coletores são formados por um conjunto de captação, respetivos elementos de fixação e demais acessórios, sendo que num conjunto de captação todos os coletores devem ser do mesmo modelo. Para a colocação do número de coletores necessários, há que ter em conta a limitação de superfície disponível, assim como a forma que esta pode ter, fazendo com que haja a necessidade de encontrar soluções engenhosas, através de combinações serie-paralelo segundo a aplicação a que se pretende dar à água quente. O normal é distribuir os coletores em paralelo, formando filas que por sua vez se interligam também em

paralelo, sendo que em regra geral, para uma distribuição uniforme do caudal é preciso que todas as filas de coletores tenham o mesmo número de coletores para assegurar perdas de carga iguais em todas elas, sem aumentar os custos com acessórios [15].

Segundo o Instituto de Soldadura e Qualidade, os grupos de coletores podem interligar-se de três formas: série, paralelo e paralelo de canais. A seguir uma breve descrição dos mesmos.

- Ligação em série - neste tipo de ligação o caudal de circulação é igual em todos os coletores, sendo que a circulação em série permite menores caudais, secções de tubagem mais pequenas e trajetos mais curtos, o qual reduz os custos de instalação e operação. Uma ligação em serie de dois coletores ou de duas filas de coletores, leva a um aumento da temperatura da água produzida, o que diminui o rendimento da instalação, pelo que poucas vezes se adota esta solução (só quando se precisa de temperaturas acima de 50° C ou quando convém reduzir o tempo de aquecimento).

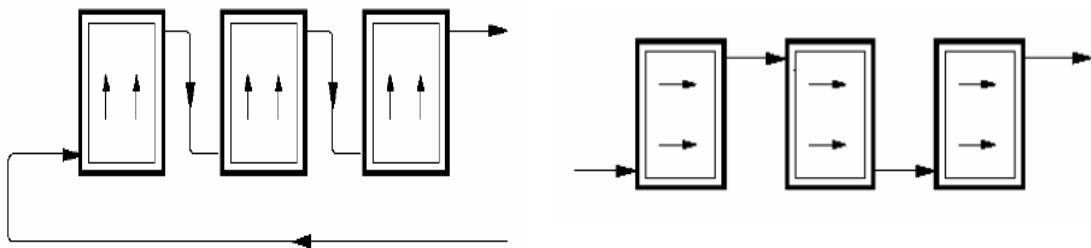


Figura 2.8 - Ligação em série de um coletor [15].

O caudal de circulação é igual em todos os coletores, sendo que a ligação de entrada a cada fila é realizada pelo tubo de ligação inferior do primeiro coletor e a saída pelo tubo de ligação superior do último coletor da linha. Para designar o número máximo de coletores que podem ser ligados em série, é preciso ter em conta que a temperatura nos últimos pode ser elevada, podendo provocar danos nos materiais ou na formação de vapor no circuito, pelo que importa saber as recomendações do fabricante.

- Ligação em paralelo - esta ligação proporciona funcionamentos térmicos similares em todos eles, sempre que o número em cada fila não supere os valores estabelecidos pelo fabricante, sendo que pode ser admissível um número máximo de 10 coletores, embora raramente se exceda os 4 coletores. Este tipo de ligação proporciona maior rendimento, aumentando também o comprimento e diâmetro das tubagens pois o caudal é a soma dos caudais em todos os coletores, aumenta o número de acessórios, da instalação de bombagem o que leva a um aumento do custo da instalação. O traçado é realizado de modo a que o tubo geral de retorno, pelo qual circula o fluido aquecido, tenha o percurso mais curto possível.

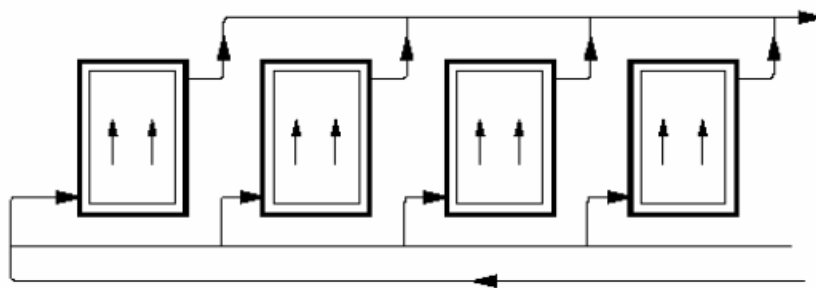


Figura 2.9 - Ligação em paralelo de um coletor [15].

- Ligação em paralelo de canais – a ligação em paralelo poderá ser feita em paralelo de canais, com a vantagem de necessitar de um menor comprimento de tubagens, sendo que o número máximo de coletores ligado em paralelo de canais será quatro.

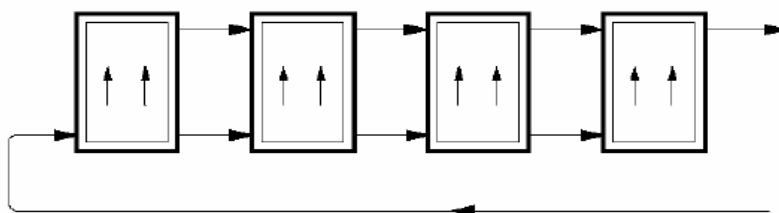


Figura 2.10 - Ligação em paralelo de canais de um coletor [15].

2.2.2. Fluido de transferência térmica

Independentemente do tipo utilizado, o líquido que circula no interior dos painéis solares, não deve ser somente água dos sistemas de abastecimento público, visto que pode haver uma possibilidade de congelamento durante as noites de inverno, e entre outras razões. Para evitar esse efeito, nos painéis solares e em todos os circuitos associados circula uma mistura de água potável, com anticongelante (concentrado e anticorrosivo) e outros produtos concebidos para limitar a deterioração no interior das tubagens, sendo este líquido denominado por “fluido térmico” por contração de “fluido de transferência térmica”, o que é uma realidade, uma vez que é contido em forma de incremento da sua temperatura a energia captada pelo sol. Como referido, esta mistura evita que o fluido se solidifique nas geadas de inverno, e não só, como complemento fornece proteção ao circuito hidráulico frente à oxidação e outros efeitos adversos. Um dos concentrados mais utilizados como por exemplo, tem-se o propilenglicol, que em determinadas proporções pode evitar a formação de gelo no líquido com temperaturas próximas de -50°C , sendo que estende o seu ponto de ebulição a temperaturas superiores a 150°C , tendo em conta que o fluido térmico de saída dos coletores pode alcançar uma temperatura próxima dos 100°C , nas horas e período do ano mais favoráveis, embora nas instalações de baixa temperatura devem estar limitadas a 90°C [10][15].



Figura 2.11 - Apresentação comercial do líquido térmico [21].

Geralmente situa-se no intervalo de 20-40%, a percentagem de aditivo a juntar à água para formar o fluido térmico determinada pelos fabricantes dos painéis térmicos, sendo este resultado uma mistura inodora, higroscópica e de condição não tóxica com a qual se enche o circuito primário e que percorre os painéis, transportando o calor até o acumulador, que armazena a água quente [10].

2.2.3. Estruturas de suporte

As estruturas de suporte, são estruturas metálicas sobre as quais os painéis solares se encontram fixadas. São estruturas que apresentam uma extrema importância na montagem, pois devem garantir a estabilidade necessária dos painéis perante a eventuais ventos e neve, estando disponíveis numa vasta gama permitindo a instalação em superfícies planas e inclinadas. Se o local selecionado para o comprimento das condições de orientação e minimização dos impactos visuais for uma superfície plana (terraço ou o solo do edifício), utiliza-se uma estrutura para superfície plana como representado na Figura 2.12 [10].



Figura 2.12 - Estrutura para superfície plana [21].

Este tipo de estrutura de suporte é composto por um conjunto de barras metálicas e respetivos parafusos de fixação, podendo ser fixada diretamente à base mediante parafusos, similares a maciços de fixação de betão ou similar colocados previamente. As barras inclinadas fixam-se às que estão na vertical através de grampos e parafusos, podendo ter um ponto fixo de inclinação dos painéis solares ou um mecanismo que facilite a alteração

desse valor consoante a localização. Resumindo, este tipo de estrutura apresenta pelo menos três variáveis: a área disponível para colocar os painéis, o modo de fixação ao solo e as condições para determinar a inclinação [10].



Figura 2.13 - Estrutura para superfície plana sobre maciços de betão (Brigantia ecopark).

Relativamente as superfícies inclinadas, com uma orientação adequada, constituem o local ideal para a instalação dos painéis solares, pois permitem uma melhor integração arquitetónica, sendo que os painéis ficam protegidos dos ventos fortes. Existem diversas variedades de acessórios que permitem sempre encontrar uma solução para a fixação das estruturas de suporte, sendo que as barras verticais e horizontais da estrutura metálica podem fixar-se às telhas com recursos a grampos ou parafusos. Este não é o único método, podendo encontrar-se muitos outros nos catálogos comerciais [10].

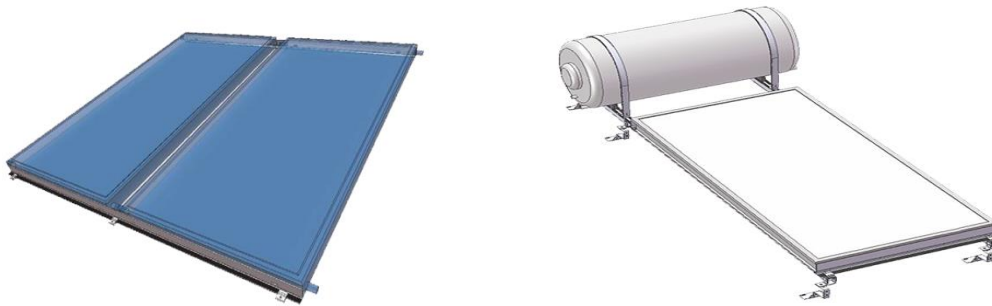


Figura 2.14 - Estrutura para superfície inclinada [21].

Se os coletores forem montados em um telhado inclinado, sua orientação estará naturalmente ligada à inclinação do telhado específico, no entanto, as inclinações de telhados usualmente é de cerca de 45° , que corresponde com a inclinação desejada dos painéis em latitudes médias. Entretanto telhados com inclinações entre 20° e 50° proporcionam perdas mínimas de rendimento (menos de 5%). Mesmo se o ângulo de azimute de um determinado telhado desvia-se até 45° do Norte/sul, o rendimento solar diminui apenas ligeiramente, no entanto, em determinados casos telhados menos inclinados apresentam um melhor desempenho [12].

2.2.4. Permutador de calor

Existem duas razões que os fluidos térmicos procedentes dos coletores solares não podem ser utilizados como água quente sanitária de consumo [10]:

1. Pode conter agentes de proteção dos tubos internos e externos aos painéis e /ou anticongelantes para evitar o congelamento no inverno
2. Esse circuito hidráulico, que é denominado primário, poderá não reunir as condições higiénicas necessárias para tal, sendo que a solução passa por introduzir entre o circuito portador do calor de origem solar e o de consumo de água quente sanitária um acessório de permuta térmica.

A necessidade de isolar o fluido que circula pelos tubos dos painéis térmicos, torna obrigatório a instalação deste importante acessório, sendo uma peça externa ao sistema ou estar integrado no acumulador de água quente, o que é o habitual nas instalações mais

pequenas. Portanto, existem dois sistemas possíveis de permutação térmica, o acessório externo e a serpentina no interior do acumulador [10].



Figura 2.15 - Exemplo de um permutador de calor [22].

O permutador externo é composto por placas metálicas com circuitos isolados hidraulicamente entre eles, onde por um circula o fluido quente procedente dos painéis e, pelo outro, a água sanitária a aquecer no acumulador, sendo que entre ambos se efetua a transferência térmica. As perdas energéticas associadas, e o caudal que pode circular nos seus circuitos, constituem as suas características principais, sendo que este tipo de permutador não é utilizado em pequenas instalações. A serpentina de cobre dentro do acumulador é a solução mais utilizada em pequenas instalações de habitações ou similares, onde circula o fluido quente procedente dos painéis, transferindo a sua energia térmica à água circundante [10].

2.2.5. Grupo Hidráulico

O grupo hidráulico é um conjunto de acessórios que se destina facilitar a movimentação dos fluidos térmicos entre os painéis solares e o permutador de calor, como já referido podendo ser interno ou externo ao acumulado, sendo esta central composta por uma bomba de circulação alimentada por energia elétrica, um vaso de expansão para manter a

pressão, válvulas e outros equipamentos. Entretanto considera-se que esse circuito é formado pelas seguintes partes básicas [10]:

- **Tubagens:** basicamente, as tubagens das instalações devem ser compatíveis com as condições de higiene e com as temperaturas dos líquidos em circulação, ser adequadas à pressão a suportar, ter condições de resistência à corrosão e outras características similares. As tubagens pelas quais se transmite o líquido quente devem estar inseridas num material isolante para limitar as perdas térmicas e evitar possíveis queimaduras durante as operações de manutenção e reparação, entretanto, não se utiliza o mesmo tipo de tubagens em todos os circuitos.
- **Bombas de circulação:** Acessórios de configuração eletromecânica, que se destina a impulsionar o líquido através dos circuitos hidráulicos e estão submetidos aos mesmos requisitos que as tubagens, sendo as suas principais características o caudal, o consumo elétrico e a tensão de alimentação.
- **Vaso de expansão:** é um acessório importante instalado com o intuito de absorver as variações de pressão hidráulica, que é produzido no líquido do circuito primário como consequência das variações de temperatura, com especial atenção nos períodos de forte incidência da radiação solar, sendo as suas características principais a pressão de trabalho e o volume de líquido admissível.
- **Sistema de enchimento, purga e esvaziamento dos painéis:** conjunto de acessórios destinados a facilitar o enchimento dos painéis com o fluido térmico, e purga utilizado para a extração do ar retido nas tubagens, servindo também para a realização de um eventual esvaziamento para manutenção. O enchimento é muito importante, já que o líquido deve alcançar uma determinada pressão para conseguir um bom desempenho térmico. Já o esvaziamento é executado através de uma válvula unida a um sistema de esgoto, sendo que antes de realizar o esvaziamento do circuito primário deve-se ter em consideração que o líquido dos painéis, bem como o circuito hidráulico, podem estar a uma temperatura elevada, com valores superiores a 90 graus.

- **Purgador:** acessório destinado a extrair o ar retido de modo similar ao utilizado nos radiadores de aquecimento domésticos e que é colocado no ponto mais alto da instalação, podendo ser do tipo manual ou automático.

- **Válvulas:** conhecidos acessórios mecânicos que se intercalam nas tubagens para acionar o controlo líquido. Existem três tipos que se aplicam no circuito hidráulico:
 - De corte: válvulas utilizadas para impedir a circulação do líquido (a válvula de corte mais aplicado é o esférico).

 - De segurança: são do tipo mola utilizadas para limitar a pressão do líquido em circulação. Basicamente protege a instalação, ajustando de forma a expulsarem o fluido para o exterior quando este ultrapassa um valor predefinido.

 - De retenção: são válvulas tipo anti-retorno aplicadas para evitar que o fluido circule no sentido contrário, que poderia acontecer a durante noite, quando a temperatura do líquido no acumulador for superior à dos painéis térmicos

De seguida é apresentada na Figura 2.16, exemplos de um conjunto de acessórios que fazem parte do grupo hidráulico:

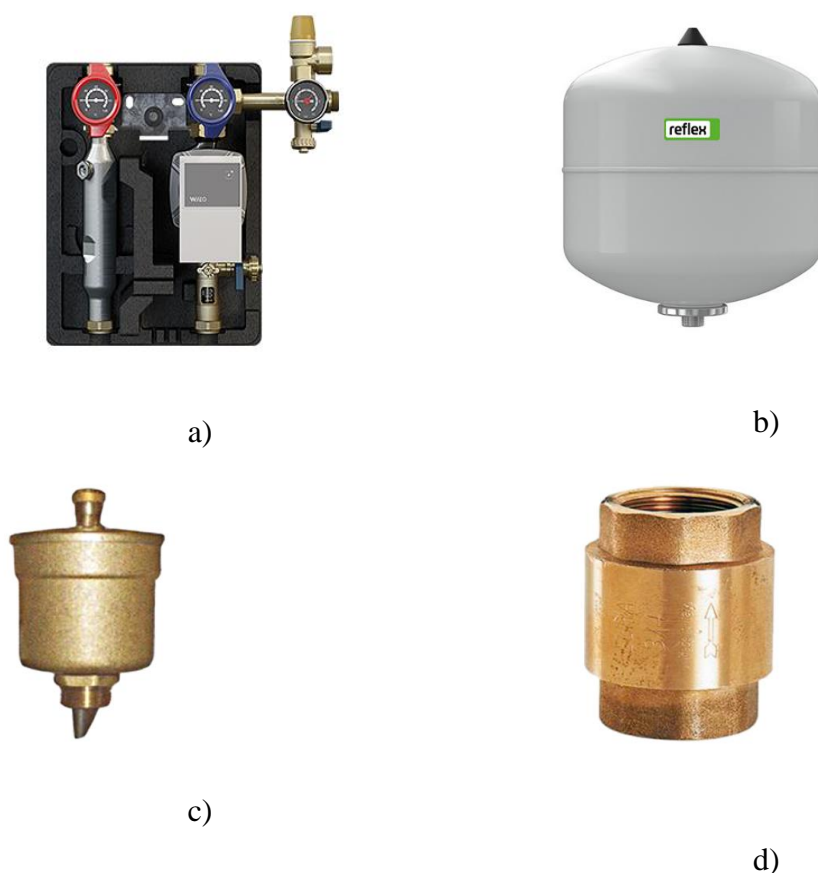


Figura 2.16 - a) Bombas dos circuitos primário e secundário de uma instalação [23]; b) Vaso de expansão[24] ; c) Purgador [21]; d) Válvula retenção por mola [21].

2.2.6. Acumulador

É o acessório de armazenamento energético da água da rede de consumo, cuja temperatura foi elevada através do sistema solar, sendo que é possível manter a água quente mediante as propriedades da sua massa e da capacidade calorífica, que por sua vez é muito alta, representando cerca de $4,186 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{C}$, o que representa uma capacidade volumétrica de $4,186 \text{ KJ/}^\circ\text{C m}^3$. Basicamente o fluido quente proveniente dos painéis solares encarrega-se de aumentar a sua temperatura e o sistema de controlo encarrega de manter a sua temperatura num valor predefinido. Relativamente as instalações de dimensão reduzidas, é necessária a instalação de um permutador de calor entre a água quente procedente dos painéis solares e a água sanitária de consumo no interior do acumulador, passando a chamar-se neste caso acumulador indireto [10], [15].

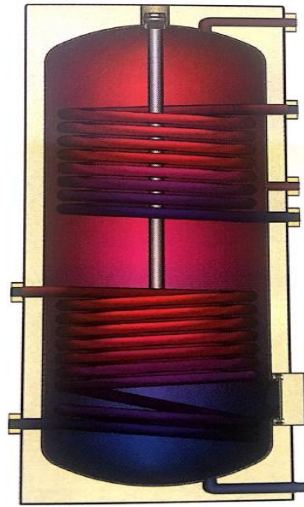


Figura 2.17 - Detalhe do acumulador com duas serpentinas, uma para a permuta térmica com os painéis solares e outra para o sistema de apoio [12].

As instalações solares térmicas são projetadas e dimensionadas, de forma a satisfazerem a totalidade das necessidades de AQS durante todo o ano, ou de forma parcial, com o recurso a um apoio energético. Podem ser projetadas para uma utilização sazonal, recorrendo durante os meses frios a um sistema de apoio externo, no caso do verão supõe-se um considerável sobredimensionamento, sendo que este sobredimensionamento deve ser evitado, mas para tal, terá de recorrer ao sistema de apoio durante o inverno. Entretanto, o sistema energético auxiliar, pode ser baseado, por exemplo, numa caldeira a gás ou numa resistência elétrica, comandada pela central de controlo da instalação solar, visto que só se utiliza o apoio quando é detetada uma escassez de energia provenientes do sol. No sistema de apoio circula normalmente pela segunda serpentina do acumulador, que serve de permutador térmico a água quente, aumentando assim a sua temperatura no depósito, destinada ao consumo. Relativamente a outros acumuladores, neste caso os comerciais, a energia de apoio é conseguida através de recurso a uma resistência elétrica colocada no seu interior, sendo que é colocada em funcionamento pela central de controlo com os critérios já expostos [10].

Independentemente do número de serpentinas contidas no acumulador e do método de apoio energético utilizado, o depósito de água pode ser formado por três partes básicas [10]:

- **Carcaça ou revestimento:** Corresponde à estrutura do equipamento, em que estão dispostos, entre outros, elementos de ligação para a entrada e saída do líquido de cada circuito. É construída com aço galvanizado tratado quimicamente ou solução similar.
- **Isolamento:** Corresponde a uma capa de espuma rígida de poliuretano, lã de rocha ou fibra de vidro utilizada como isolante térmico, que é colocada entre o depósito interior que contém o líquido e o revestimento exterior.
- **Cilindro:** é o acessório que contém água quente, sendo que nos seus interiores, habitualmente, estão dispostas as serpentinas de cobre e, eventualmente, uma resistência elétrica de apoio, podendo ser de aço inoxidável, com o seu interior vitrificado ou de solução similar. Pode conter um ânodo de magnésio para proteger o aço da possibilidade de oxidação em consequência dos pequenos poros no revestimento interior que surjam com tempo, e como proteção do depósito, é incorporada uma válvula de segurança limitando a pressão hidráulica.

2.2.7. Central de controlo

A água quente fornecida pelo sistema solar necessita de controlo pelo menos em duas situações específicas: para manter a temperatura da água no acumulador e para arrancar o sistema de apoio quando o solar não consegue satisfazer a procura. Utiliza-se o controlador diferencial para manter a temperatura da água do acumulador no valor previsto (regra geral próxima de 60°C para um consumo a 45°C), e controla o arranque e paragem da bomba de circulação do circuito primário. Basicamente consiste em uma unidade eletrónica, com possibilidade de ligação a um PC para programação dos parâmetros de funcionamento da instalação, que por sua vez recebe diversas informações de temperatura dos líquidos em diferentes pontos do circuito, controlando a bomba de circulação e o sistema de apoio energético [10], [15].

Apresenta a seguinte composição básica [10]:

- **Central eletrónica:** denominada de controlador diferencial, é uma unidade de configuração eletrónica que desempenha funções como: arranca a bomba do circuito primário quando a temperatura do fluido de saída dos painéis é superior a

7°C (a da parte inferior do acumulador), para a bomba do circuito primário quando o diferencial de temperatura é inferior a 2°C, coloca em funcionamento o sistema de apoio quando o sistema solar não consegue satisfazer a procura.

Existem uma vasta variedade no mercado de controladores diferenciais com inúmeras características. A Figura 2.18 apresenta um modelo comercial.



Figura 2.18 - Controlador Solar SCOP-BS/ [25].

- **Sensores de temperatura:** estes acessórios equivalem a sensores de tipo resistivo (apresentam uma determinada resistência elétrica dependendo da temperatura), sendo que são aplicados à saída do fluido térmico do último coletor e acumulador, entres outros pontos fundamentais da instalação, e assim são determinadas as temperaturas e a central eletrónica atuam em conformidade. Os sensores são introduzidos em bainhas metálicas e estas no fluido cuja temperatura se deseja medir, e as suas ligações elétricas são interligadas à central através de cabos cujo tipo é recomendado pelos fabricantes da central em causa.

2.2.8. Canalização e acessórios

Este grupo envolve uma grande variedade de acessórios específicos e básicos, entre os quais são incluídos [10]:

- As tubagens entre os coletores solares e o acumulador, tubagens de água fria de entrada, tubagens de saída de água quente e outras ligações auxiliares.
- Isolamento térmico para as tubagens de água quente, visto que com esta aplicação deste isolamento pretende-se evitar perdas energéticas, e também, evitar queimaduras acidentais para os utilizadores do sistema, durante as operações de manutenção.
- Sondas de temperatura e manómetro a instalar em diferentes pontos do circuito hidráulico.
- E as já referidas, válvulas de corte, purgadores manuais ou automáticos para extrair o ar do circuito.

2.3. Tipologias de montagem nos sistemas solares térmicos

Com o destino de proporcionar água quente sanitária ou de aquecimento, as instalações de energia solar térmica a instalar em habitações, comércio ou similares, adotam duas configurações muito distintas, que ao nível das prestações e benefícios, como em dificuldade de montagem, sendo a tipologia baseada no sistema termossifão e a tipologia baseada no sistema de circulação forçada. De seguida são apresentados os seus aspetos técnicos [10].

2.3.1. Sistema termossifão

Este tipo de sistema aquece a água potável ou um fluido de transferência de calor, sendo que contam com a convecção natural para transportá-lo do coletor para o armazenamento. É induzido sempre que há sol suficiente, pois esses sistemas não precisam de bombas [26]. É um tipo de sistema simples e económico que apresenta grandes limitações como por exemplo: é necessário colocar o acumulador no exterior e numa altura superior à dos painéis, contudo este sistema é utilizado, com excelentes performances, em pequenas habitações com reduzido consumo de água quente sanitária. A produção por convecção é um princípio físico que ocorre como consequência da alteração da densidade do fluido com um gradiente de temperatura entre os extremos do circuito hidráulico, sendo que este

gradiente é conhecido pela diferença de temperatura do fluido entre a saída dos painéis e o retorno procedente do permutador de calor situado no acumulador [10].

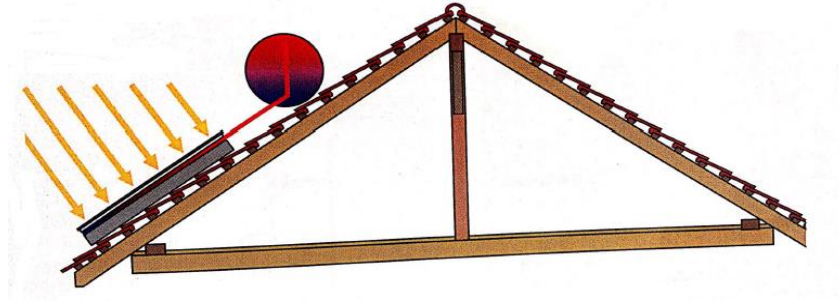


Figura 2.19 - Sistema termosifão em um telhado inclinado com tanque de armazenamento fora [12].

2.3.2. Sistema de circulação forçada

A montagem de circulação forçada denomina-se pela possibilidade de incorporar no sistema solar meios eletrónicos de controlo das temperaturas, especialmente, a de colocar o acumulador de água quente sanitária no interior dos edifícios. A circulação do fluido, do circuito primário é efetuada através de uma bomba elétrica comandada pelo sistema de controlo. De acordo com o diferencial de temperatura definido (correspondente ao diferencial entre os painéis solares e o acumulador), o sistema de controlo consegue arrancar e parar a bomba. Devido aos sensores de temperatura colocados na saída do último painel e na parte inferior do acumulador, são fornecidos à central de controlo informação para o comando da bomba [10], [15].

Os valores do diferencial de temperatura necessários para que se produzam mudanças no funcionamento da bomba são as seguintes [10]:

- Arrancar a bomba: quando se deteta uma diferença de temperatura superior a 7°C .
- Paragem da bomba: quando a diferença de temperatura entre ambos os pontos é inferior a 2°C .

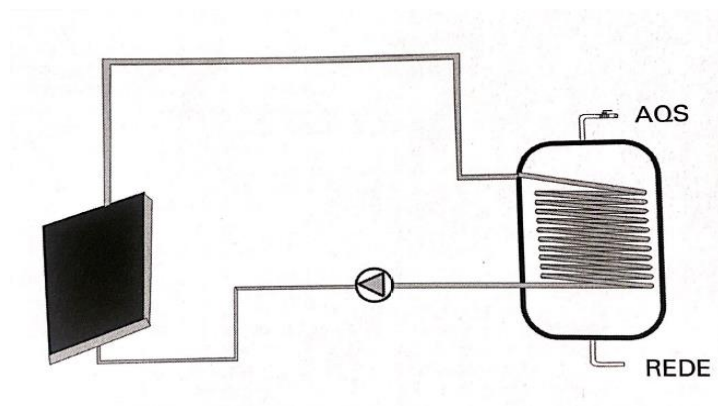


Figura 2.20 - Montagem de circulação forçada [10].

Após a descrição do sistema solar térmico, dos seus componentes e da forma de montagem, é importante referir que houve um aumento no foco na melhoria do sistema de controlo e monitorização do solar térmico, visto que, requer o desenvolvimento de novas tecnologias e a otimização dos existentes que substituem os recursos tradicionais, sendo que é importante implementar tecnologias que aumentam a eficiência de dispositivos e equipamentos [27], e isto consegue-se através do uso dos microcontroladores, sendo que podem efetuar várias funções que necessitariam de um grande número de outros componentes [9].

2.4. Microcontrolador: Arduino

Nos dias de hoje, contemplamos muitos produtos industriais e domésticos, como controles remotos, regulador automático de potência, automóveis, motores e produtos similares, sendo que é necessária essa automação para facilitar o processo ou mecanismo para o seu funcionamento e controle. Daí o porquê da necessidade de ter um dispositivo designado por microcontrolador, que permite controlar, por exemplo, a temporização e o sequenciamento de máquinas e processos, visto que, tornam-se parte integrante de todas as máquinas automáticas e semiautomáticas, sendo que, qualquer sistema que tenha um controle remoto, quase certamente que contém um microcontrolador. Segundo Deshmukh (2005), microcontroladores são componentes de chip único, mais adequado para controle e automação de máquinas e processos [10], [28]. Hoje em dia vários tipos de microcontroladores estão disponíveis no mercado e no desenvolvimento deste projeto foi utilizado um dos microcontroladores mais famosos da atualidade: o Arduino.

Segundo Banzi (2011), Arduino é uma plataforma de computação física de código aberto baseada em uma placa de entrada/saída simples e um ambiente de desenvolvimento que é implementado a linguagem de processamento, sendo que pode ser usado para desenvolver objetos interativos autónomos ou pode ser conectado ao software no seu computador. É diferente de outras plataformas existentes no mercado devido a essas características:

- É um ambiente multiplataforma, ou seja, pode ser executado no Windows, Macintosh e Linux.
- É baseado na programação de processamento IDE (ambiente de desenvolvimento integrado), um ambiente de utilização fácil usado por artistas e designers.
- Programado através de um cabo USB, não por uma porta de série, sendo muito útil devido ao facto de muitos computadores modernos não possuírem portas de série.
- É um hardware e software de código aberto, e se desejar pode-se descarregar o diagrama de circuito, comprar todos os componentes e fazer o seu próprio projeto sem pagar nada para os fabricantes do Arduino.
- Relativamente ao preço, o hardware é barato. A placa USB custa cerca de 20 € e substituir um chip queimado na placa é fácil e não custa mais do que 5 €.
- Há uma comunidade ativa de utilizadores existentes, portanto há muitas pessoas que podem ajudá-lo.
- O projeto Arduino foi desenvolvido num ambiente educacional e, portanto, é ótimo para os principiantes conseguirem que as coisas funcionem rapidamente.

A importância do Arduino vem aumentando ao longo dos anos, visto que tem sido o cérebro de milhares de projetos, utilizados desde objetos do cotidiano até instrumentos científicos de enorme complexidade. Vários utilizadores pertencentes a uma comunidade mundial, desde estudantes, amadores, artistas, programadores e profissionais reuniram em torno desta plataforma de código aberto dando as suas contribuições, contribuindo para uma incrível quantidade de conhecimento acessível, podendo ser grande ajuda para os principiantes e especialistas [29]. O Arduino está disponível em várias versões, a partir de Nano, Uno e mega [30], assim representado na Figura 2.21.

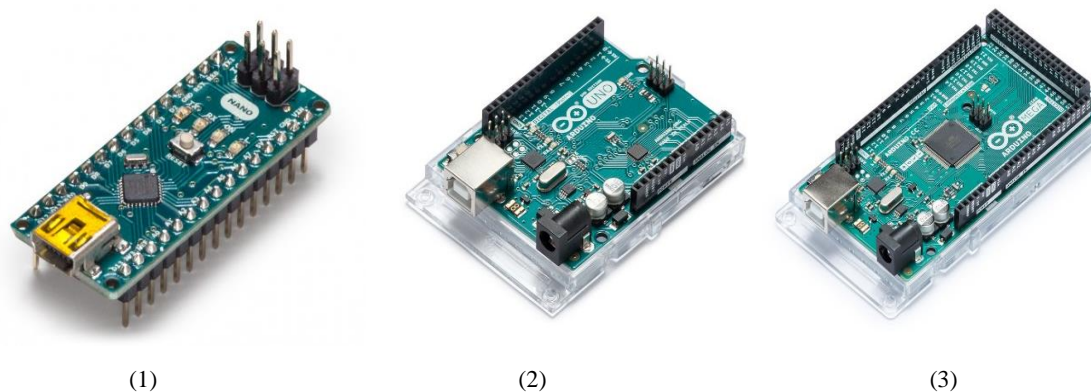


Figura 2.21 - Exemplo de um Arduino Nano (1), Uno (2) e Mega (3) [31].

Em relação à sua linguagem de programação, usa a sua própria linguagem de programação, executa semelhante a um estilo de programação C, existindo uma grande quantidade de algoritmos pré-programados e de bibliotecas disponíveis, ambos aqueles que já vem com o programa básico em si e aqueles que foram desenvolvidos em outros lugares e se encontram publicamente disponíveis. A simplicidade da sua programação surge do facto da linguagem ter as variáveis de entrada/saída incorporadas na programação [32]. O Arduino pode ser usado para suportar, conectar e recolher dados de medição a uma vasta variedade de sensores, exemplos como, sensores ambientais, químicos, sensores de luz, temperatura, de gás, de som, entre outros. Apresenta características notáveis como o uso da sua biblioteca, usadas para tornar fácil a conexão com número diferente de módulos, como por exemplo, telas, sensores e módulos de comunicação, sendo que nas bibliotecas não se encontram apenas coleções de códigos embutidos, pois pode ser instalados outros a partir da internet, visto que também são disponíveis como código aberto [30].

Resumindo o Arduino é constituído por duas partes principais: a sua placa Arduino, como já visto antes, sendo a peça hardware onde é desenvolvido o trabalho quando é construído seus objetos e o Arduino IDE, o *software* que é executado no computador. O IDE é usado para criar um esboço, ou seja, um pequeno programa de computador, que é inserido na placa Arduino, sendo que o esboço diz à placa o que fazer. Além disso, com o IDE o

esboço escrito é executado em uma linguagem simples modelada após a linguagem de processamento. Basicamente o *software* funciona da seguinte forma: quando é pressionado o botão que insere o esboço feito para a placa, o código escrito é traduzido na linguagem C, passando para o compilador *avr-gcc* (peça importante de código aberto que faz a tradução final para a linguagem compreendida pelo microcontrolador), sendo este último passo de enorme importância, visto que passa pela facilidade e simplificação, escondendo a complexidade de programar os microcontroladores [33].

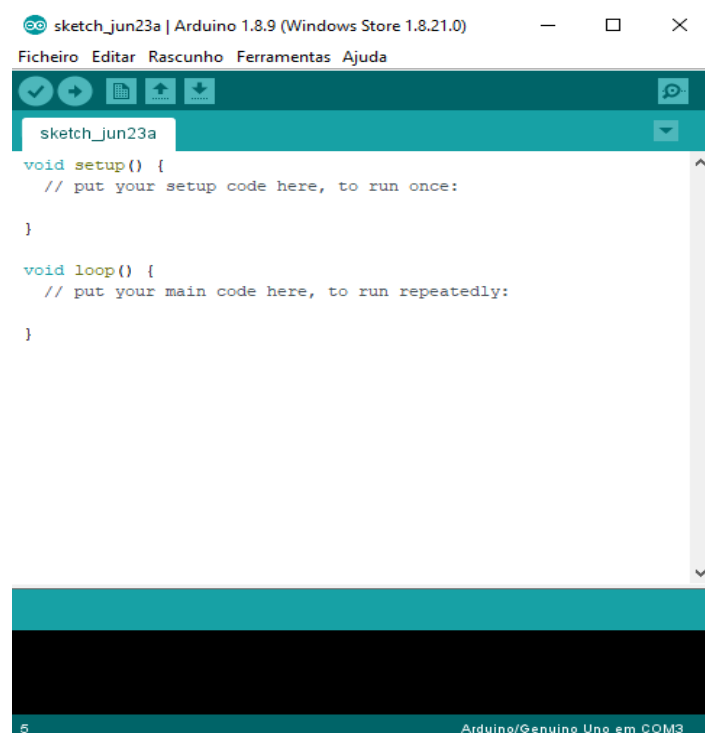


Figura 2.22 - *Software IDE* (Ambiente de desenvolvimento integrado).

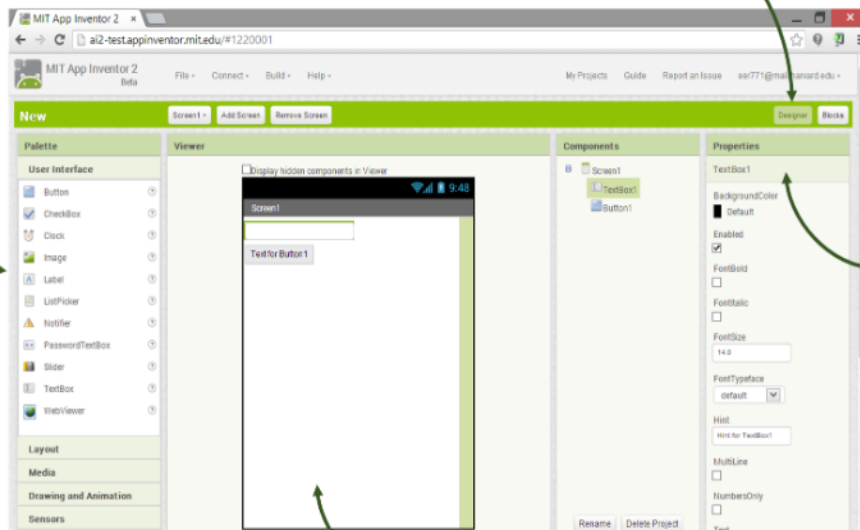
Como já visto, com os microcontroladores é possível melhorar o sistema de controlo e monitorização de dispositivos e equipamentos. Com isto, tornando uma casa inteligente a fim de permitir a monitorização e controlo para melhorar o ambiente doméstico e não só [34], sendo que um sistema doméstico inteligente permite a entrada do utilizador, estando equipado com um aplicativo móvel servindo como uma ferramenta para quem o usa, interagindo com os dispositivos em sua casa principalmente da área remota. Esta aplicação é normalmente desenvolvida usando linguagens de programação, como *java* ou *swift* [35].

Pode não ser adequado desenvolver um aplicativo a partir do zero, isto porque, depende dos casos e em especial para o processo de prototipagem onde os designers, necessitam de concentrar no conceito e design do aplicativo móvel [36], e para isso existem soluções mais rápidas e simples para o desenvolver da aplicação móvel, criadas para qualquer utilizador, que não possuem habilidades especiais de programação [37], sendo que para este propósito foi utilizado o *MQTT Dash*, aplicativo onde é possível criar painéis de controlo dos seus dispositivos, automação residencial, entre outros (Funcionalidades da Interface no Capítulo 4).

Em outros casos é utilizado o *MIT App Inventor*, um ambiente intuitivo e de programação visual que permite criar aplicativos totalmente funcionais para smartphones e tablets, sendo que é uma ferramenta baseada em blocos que possibilita a criação de aplicativos complexos e de alto impacto em um tempo consideravelmente menor do que os ambientes de programação tradicionais. [38]. Este *software* fornece em um ambiente didático e inovador uma maneira de criar aplicativos [39]. Com isto, pode ser usada com uma placa de desenvolvimento de hardware neste caso o Arduino [40], sendo que existem várias tecnologias de comunicação usadas com este tipo de hardware, como por exemplo, Bluetooth, infravermelho e Wi-Fi [35]. O MIT App Inventor é usado para a aplicação em diversos projetos, como um protótipo do Android, para ensinar os sistemas de automação, jogos e questionários [41], interruptor inteligente, e vários tipos de controlo em um casa inteligente [35], e não só, utiliza-se para ligar e desligar um LED, para mover um servo motor com uma rotação para esquerda e direita de 180° [40]. De seguida é apresentada na Figura 2.23 e 2.24, o painel principal onde contém os botões mais importantes e o editor de blocos, onde se programa o comportamento do aplicativo.

Paleta: encontre seus componentes e arraste-os para o visualizador para adicioná-los ao seu aplicativo

Botão de Designer: clique em qualquer secção para ir para a secção de designer



Propriedades: selecione um componente na lista de componentes para alterar suas propriedades (cor, tamanho, comportamento) aqui

Visualizador: arraste os componentes da paleta para o visualizador para ver como será seu aplicativo

Figura 2.23 - App Inventor designer [42].

Secções internas: encontre blocos para comportamentos gerais que podes querer adicionar ao seu aplicativo e arraste-os para o visualizador de blocos

Botão dos Blocos: clique em qualquer secção para ir para a secção dos blocos

Secções específicas do componente: localize blocos para comportamentos de componentes específicos e arraste-os para o visualizador de blocos



Bloco: encaixa os blocos para definir o comportamento do aplicativo

Visualizador: Arraste blocos das secções para o visualizador de blocos para construir conexões e comportamentos

Figura 2.24 - Editor de blocos do App Inventor [42].

Capítulo 3

3. Seleção de Equipamentos para Ensaio

Para o desenvolvimento da parte prática e da respectiva realização dos ensaios experimentais desta dissertação, foi utilizado equipamento propício para a sua execução, que são apresentados seguidamente.

3.1. Arduíno Mega 2560 R3

O Arduino Mega 2560 R3 é uma placa de microcontrolador baseada no ATmega 2560, sendo que possui 54 pinos de entrada e saída digitais, 16 entradas analógicas, possui conexão USB, um botão reset entre outras características [43]. Devido a sua grande versatilidade, baixo custo e facilidade de integração com diversos componentes de aquisição e envio de dados, o Arduino torna-se uma ótima alternativa para o desenvolvimento de uma ferramenta de controle de todo o sistema deste projeto. O uso do Arduino Mega deu-se ao fato de o Arduino Uno não possuir espaço de armazenamento suficiente para o desenvolvimento do código para o projeto. Na Figura 3.1 é apresentado o Arduino Mega 2560 R3.



Figura 3.1- Arduíno Mega 2560 R3.

3.2. Sensor de temperatura DS18B20

DS18B20 é um sensor de temperatura digital. Relata graus Celsius com resolução de 9 a 12 bits, de -55°C a 125°C com precisão de +/- 0,5. Cada sensor possui um número de série exclusivo de 64 bits gravado nele, que permite um grande número de sensores seja usado em um barramento de dados [44]. Este sensor é encapsulado num tubo de aço com borracha de selagem que o tornam impermeável, sendo ideal para piscinas, aquários ou mesmo para tomar temperatura de líquidos em geral.



Figura 3.2 - Sensor de temperatura DS18B20.

3.3. Arduíno Ethernet shield V2 e Shield Arduino 4 Relés

O Arduíno Ethernet Shield V2 conecta o Arduino à internet em poucos minutos, sendo preciso conectar este módulo a placa Arduíno e conectá-lo a rede com um cabo RJ45 [45].



Figura 3.3 - Arduíno Ethernet shield.

Enquanto que, o Shield Arduino 4 Relés é uma solução para acionar cargas de alta potência que não podem ser controladas pelas entradas/saídas digitais do Arduino, devido aos limites de corrente e tensão do controlador. O shield possui quatro relés e quatro leds que indicam o estado ligado/desligado de cada relé [46].



Figura 3.4 - Shield Arduino 4 Relés.

3.4. Copo de vidro de 2000 ml

- Copo de vidro usado como reservatório



Figura 3.5 - Copo de vidro de 2000 ml usado como reservatório.

3.5. Projetor com lâmpada halógena PHYWE

O projetor com a lâmpada halógena de 1000 W garante iluminação uniforme e reproduzível, tendo opção também de 500 W. Em uma distância de 70 cm do filamento da lâmpada, a intensidade da luz é aproximadamente $1 \text{ kW} / \text{m}^2$ [47].



Figura 3.6 – Projetor com lâmpada halógena usada para simular a radiação solar.

3.6. Fonte de alimentação PHYWE

Foi utilizado uma fonte de alimentação de alta qualidade, adequada especialmente para estes tipos de ensaios e experiências. Apresenta dados técnicos como [47]:

- Tensão de saída: 1 a 12 V DC, 6 V / 12 V AC.
- Corrente nominal: DC de 0 a 2 A / AC de 5 A.
- Tensão de rede: 230 V.

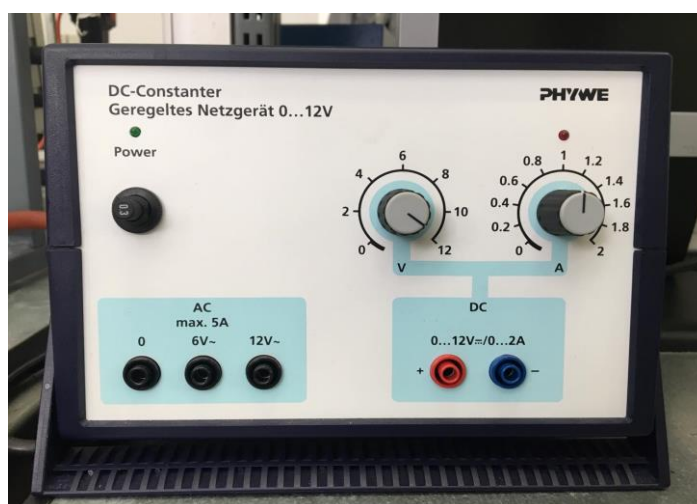


Figura 3.7 - Fonte de alimentação PHYWE.

3.7. Coletor Solar plano PHYWE (06753-00)

O coletor solar plano PHYWE (06753-00) é iluminado pela lâmpada halógena de intensidade de luz conhecida, aquecendo a água através da absorção de energia de radiação ou através da energia térmica do ambiente.



Figura 3.8 - Coletor solar plano.

3.8. Adaptador para ligação dos tubos

Para a interligação de dois tubos de diferentes diâmetros (14 mm e 8 mm), foi feito um adaptador desenhado no SOLIDWORKS e posteriormente impresso na impressora 3D *BigBuilder* (FDM - Depósito de matéria fundida) no laboratório FABLAB IPB.



Figura 3.9 - Impressora 3D *BigBuilder* (FDM - Depósito de matéria fundida).



Figura 3.10 - Adaptador impresso na impressora 3D FDM.

3.9. Bomba de água 12 V (TOPRAN 103 630)

- Recorreu-se a uma bomba de automóvel por facilidade de compra no mercado local. É da marca TOPRAN 103 630.



Figura 3.11 - Bomba de água 12 V.

3.10. Smartphone Android

- Smartphone Android Motorola Moto G3 utilizado para a instalação da aplicação móvel desenvolvida para o controlo do solar térmico.

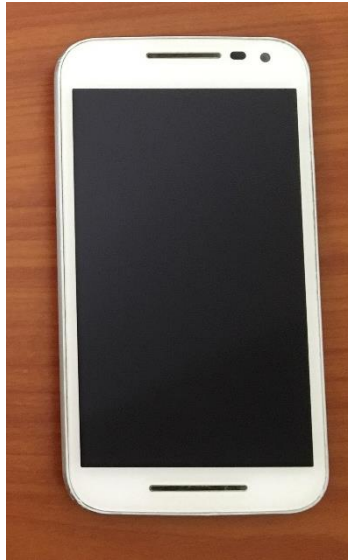


Figura 3.12 - Smartphone Motorola Moto G3

Depois de selecionados os equipamentos para a execução do projeto, seguiu-se para a respectiva montagem, testes e otimização.

Capítulo 4

4. Montagem, testes e otimização

Dada por concluída a seleção de equipamentos, realizada no capítulo anterior, apresenta-se no presente capítulo a respetiva montagem, a programação do Arduino, testes e otimização realizadas e o desenvolvimento da Interface de controlo. Deste modo, nos subcapítulos que se seguem, são explorados os meios e procedimentos adotados para a realização da montagem e o posterior funcionamento do sistema solar térmico, com o respetivo controlo a pedido.

4.1. Montagem

A montagem de um sistema solar térmico de circulação forçada, foi realizada no Laboratório de Materiais de Construção Mecânica (LMCM) da Escola Superior de Tecnologia e Gestão. Representa-se na Figura 4.1 o esquema de princípio que foi seguido para a montagem do sistema.

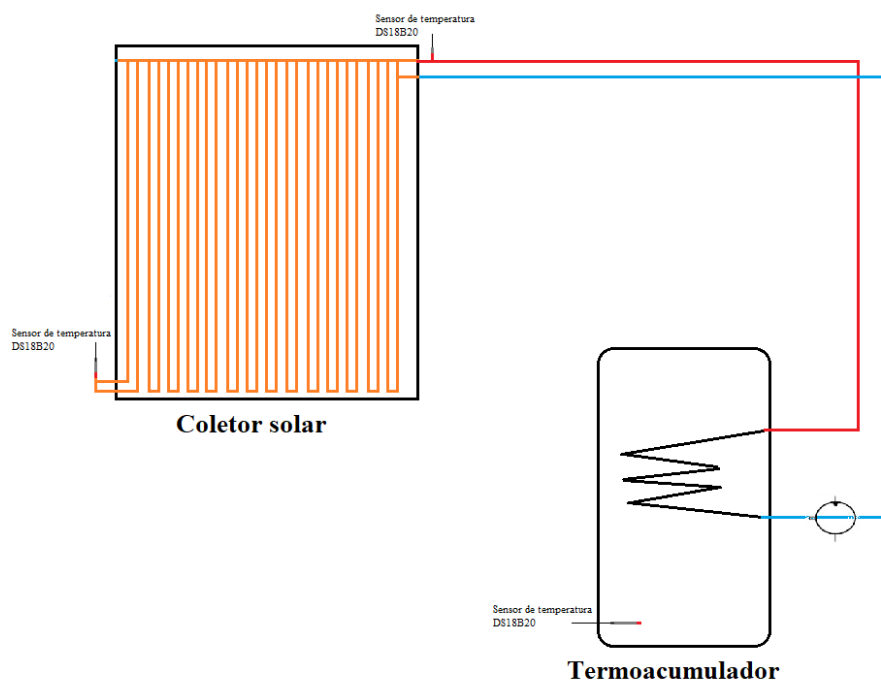


Figura 4.1 - Montagem do sistema 1.

Seguidamente apresenta-se na Figura 4.2 e Figura 4.3 a montagem do circuito hidráulico, sendo a primeira montagem a ser feita. Após a montagem do circuito hidráulico, o problema mais comum foram as fugas de água, devido à falta de experiência em instalações deste tipo e ao material disponível, necessitando de várias adaptações.

Foi necessário recorrer a utilização de uma bomba de automóvel, visto que as que estavam disponíveis no laboratório encontravam-se queimadas, e para a ligação de tubos de diferentes diâmetros foi necessário desenhar um adaptador no SOLIDWORKS e posteriormente imprimi-lo na impressora 3D *Big Builder*, entretanto também foi necessário utilizar muita fita de teflon para as conexões dos tubos e tentar evitar perdas de água.



Figura 4.2 - Montagem do circuito hidráulico.



Figura 4.3 - Montagem do circuito hidráulico.

É de referir que a água destilada foi o líquido utilizado para a circulação no interior do coletor solar, evitando a formação de calcário no interior do mesmo, limitando a deterioração das tubagens. Outros dos problemas a ter em consideração, foi a necessidade de desmontar o equipamento todas as vezes que fosse utilizada, por haver aulas em simultâneo no LMCM.

4.2. Implementação e Programação de Arduino

Para a implementação e configuração do sistema foi utilizado a placa Arduino com o devido código de programação. No entanto, é de salientar as várias tentativas e erros na compilação e construção do código para adquirir diversos dados tal como, dados de temperaturas dos sensores (Anexo I), acionamentos dos relés (para o controlo da bomba e do apoio) (Anexo III), obtenção do estado de tempo atual (Anexo II), comunicação entre os dispositivos (Arduino e *Smartphone* Android) (Anexo III), entre outros. A leitura desses valores é feita pelo “monitor serial” da própria IDE do Arduino.

Para conectar com a placa Arduino Mega, foi utilizado um Shield Relé, um Arduino Ethernet Shield 2, três sensores DS18B20, e como fonte de alimentação, uma fonte de alimentação regulável da marca PHYWE, como representa a Figura 4.4.

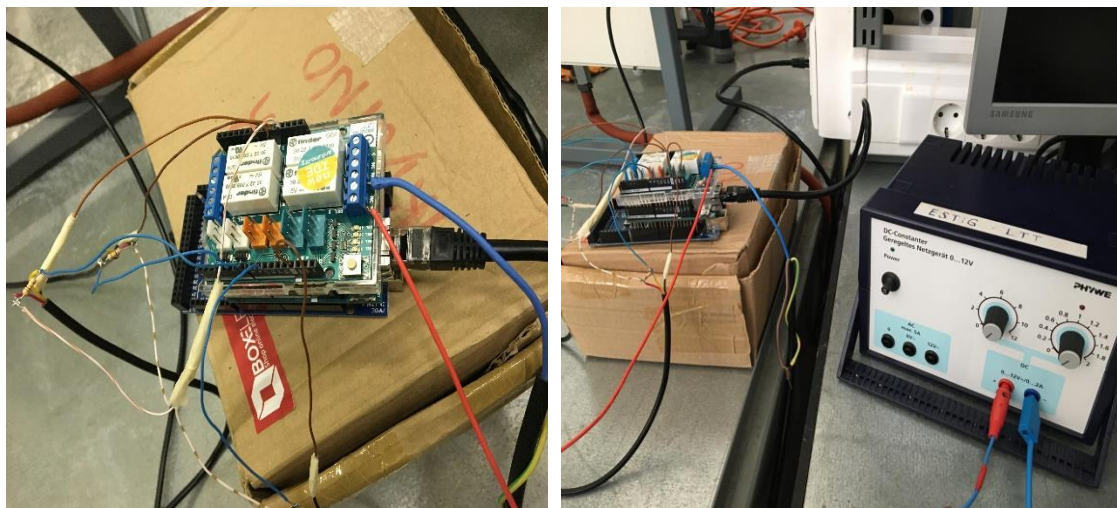


Figura 4.4 - Implementação do Arduino e fonte de alimentação.

É de referir também a implementação dos sensores de temperatura DS18B20, para medir a temperatura, por ser um sensor impermeável e ideal para estes tipos de projetos. Estes sensores foram colocados em três pontos, um dentro do reservatório de água e os outros dois na entrada e na saída do coletor solar, com se pode observar na Figura 4.5, 4.6 e 4.7.



Figura 4.5 - Implementação do sensor DS18B20 à entrada do coletor.

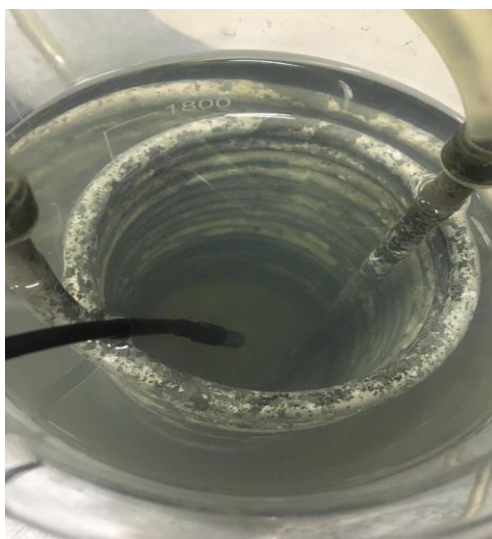


Figura 4.6- Implementação do sensor DS18B20 no reservatório.



Figura 4.7 - Implementação dos sensores DS18B20 à saída do coletor.

Com o auxílio de um projetor, representada na Figura 4.8, pode-se simular uma situação normal de trabalho (simular a radiação solar). É de mencionar a indisponibilidade de materiais como é o caso da lâmpada halógena, que demorou cerca de três meses a chegar.

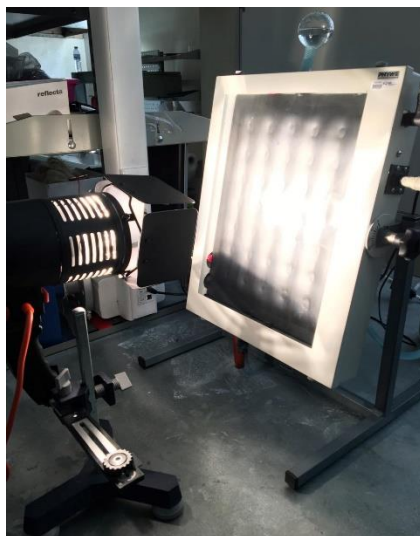


Figura 4.8 – Projetor com lâmpada halógena usada para simular a radiação solar.

A diferença de temperatura entre o painel e o reservatório pode ser visto nas leituras de temperatura, representada na Figura 4.9.

```
COM4  
Serial ready  
Ethernet ready  
-----  
Temperatura na ENTRADA do Painel: 22.44  
Temperatura na SAIDA do Painel: 35.75  
Temperatura do RESERVATORIO: 23.69  
-----
```

Figura 4.9 - Diferença das temperaturas no painel e no reservatório.

4.3. Interface

A necessidade de comunicar acompanhou a evolução humana e melhorou a forma com que o ser humano comunica e interage com o seu meio. Neste sentido, foi criado uma interface móvel, possibilitando o controlo e configuração do solar térmico. Tudo isso é possível com os microcontroladores, sendo que é possível melhorar o sistema de controlo de dispositivos e equipamentos.

Para que pudesse ser possível esta comunicação entre os dispositivos (Arduino e a interface móvel) foi utilizado o *MQTT* (*Message Queuing Telemetry Transport*), um protocolo de comunicação de troca de mensagens fundamentado no modelo Publicador/Subscriber extremamente leve, sendo que essas mesmas mensagens no *MQTT* são publicadas em tópicos e a comunicação ocorre via *Broker* [48]. E para que houvesse essa comunicação com um determinado broker, foi utilizado uma ferramenta da área de trabalho *MQTT.fx*.

Para o desenvolvimento da aplicação móvel usou-se inicialmente o *MIT App Inventor*, sendo que a sua implementação foi sem sucesso, visto que, mesmo sendo um ambiente intuitivo e de programação visual que permite que todos criem aplicativos funcionais, para este caso não foi possível. Para este caso em concreto requeria habilidades especiais de programação para o seu desenvolvimento, e após várias pesquisas foi usado o *MQTT Dash*, uma aplicação para interface gráfica no *smartphone*. Para o funcionamento dessa aplicação foi preciso configurar com um broker *MQTT* e customizar de acordo com aquilo que se pretendia.

Com a aplicação móvel desenvolvida, através do *MQTT Dash*, com o auxílio do Ethernet Shield V2, um Shield relé e um código apropriado, o utilizador tem informações, acerca do estado do tempo real e opções de escolha entre os quatro botões, Ligar Solar, Ligar Apoio, Automático e Sem Função conforme for o estado do tempo representado no *display* “radiação”, assim representado na Figura 4.10.

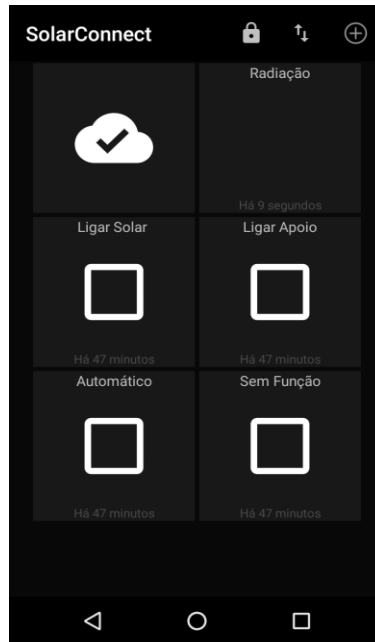


Figura 4.10 - Aplicação móvel desenvolvida para o controlo do solar térmico.

4.4. Testes e otimização

Neste capítulo é apresentado os testes e os respetivos códigos efetuados para os quatro botões de controlo do solar térmico com o objetivo de otimizá-lo, ou seja, otimizando o consumo energético tendo em conta as condições climáticas, sendo que esses mesmos botões estão definidos para Ligar Solar, Ligar Apoio, Ligar Automático, Sem Função e um *display* onde é apresentado a “radiação”, conforme o estado do tempo (Figura 4.11). De seguida é apresentado a função de cada um deles e os respetivos códigos:

1. **Display “radiação”** - neste *display* é apresentado o estado atual do tempo de uma determinada cidade, e cada estado de tempo foi definida com um valor de radiação solar, sendo que para céu limpo = $1000 W/m^2$, dia com nuvem = $500 W/m^2$, dia chuvoso = $0 W/m^2$. Entretanto estes estados de tempo são extraídos no site de meteorologia openweathermap.org. com um determinado API, e códigos propícios para a sua extração assim representados no Anexo II. Pode-se visualizar na Figura 4.11, o valor de radiação solar recebida do site de meteorologia relativamente à cidade de Lisboa num dia com nuvem ($500 W/m^2$).

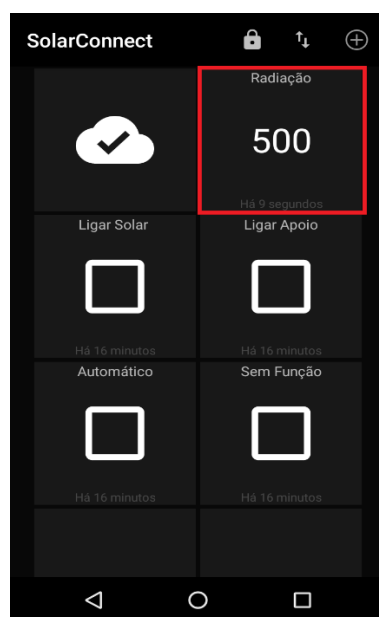


Figura 4.11 - Valor de radiação solar recebida do site de meteorologia num dia com nuvem.

- Ligar Solar** - numa situação em que a radiação solar for de $1000 W/m^2$ (dia com céu limpo), a tecla ligar solar pode ser ativada sem se recorrer a utilização de apoio para o aquecimento de AQS, pois o sistema solar térmico em si satisfaz a necessidade de aquecimento de água quente para o consumo. Basicamente no código desenvolvido para esta tecla temos que, se a radiação for igual a céu limpo, o relé que controla bomba é acionado para fazer a circulação de água no circuito, e se não for igual a céu limpo a bomba é automaticamente desligada. Entretanto, se a temperatura do reservatório for maior ou igual que $45^{\circ}C$ (temperatura de *set-point* definida) a bomba é desligada.

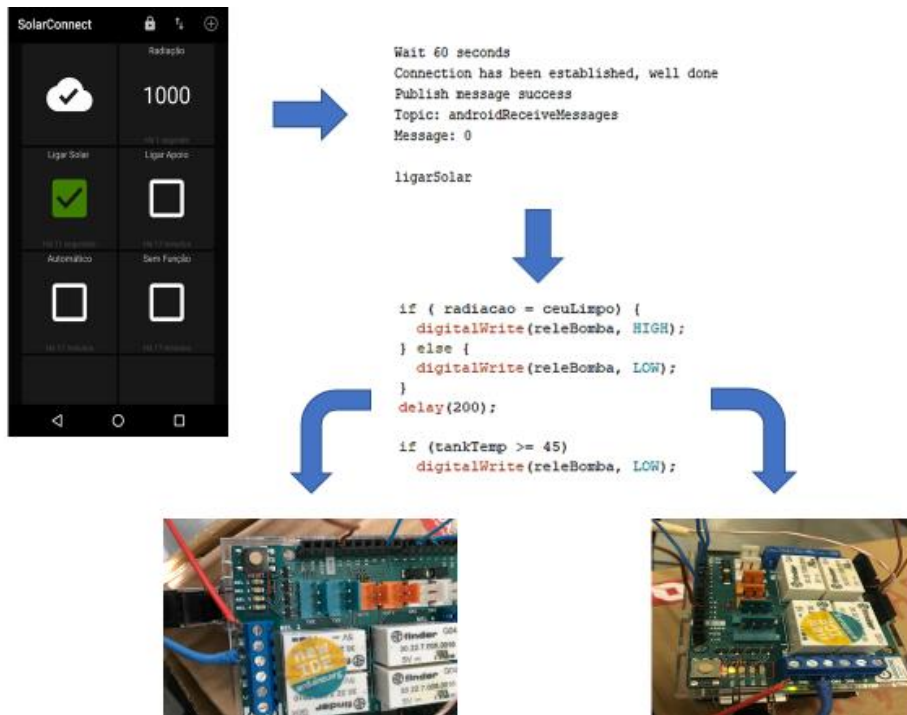


Figura 4.12 - Esquema do funcionamento da tecla ligar solar.

Adicionalmente foi feito um teste no laboratório para observar o comportamento do solar térmico quando recebe uma radiação de 1000 W/m^2 , e pelos testes feitos pode-se observar na Figura 4.13 que para aquecer 2000 ml de água a 45°C demora cerca de 30 minutos.

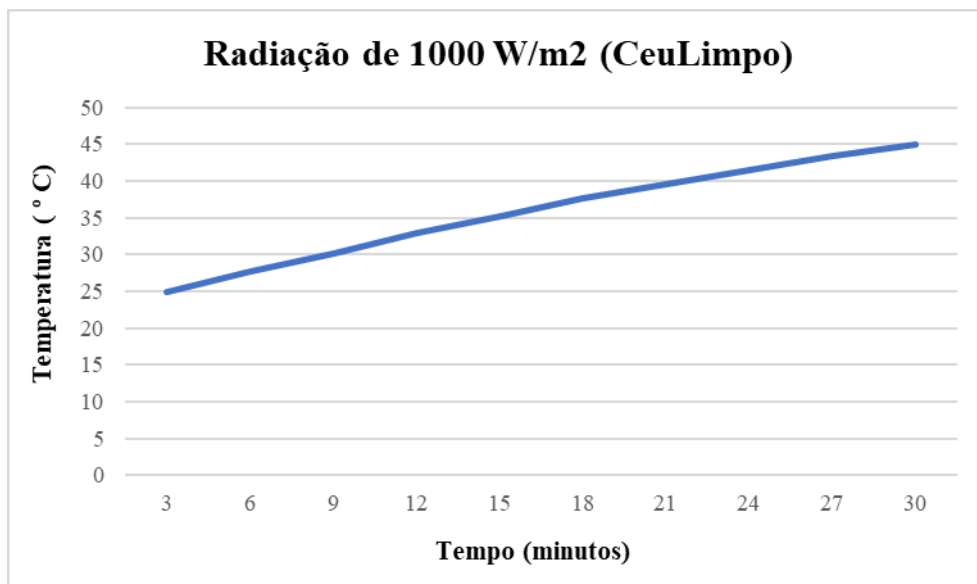


Figura 4.13 - Tempo de aquecimento da água até 45°C, recebendo uma radiação de 1000 W/m^2 .

- 3. Ligar Apoio** – numa situação em que não há radiação solar (dia chuvoso), a tecla ligar apoio pode ser ativada para recorrer a utilização de apoio para o aquecimento de AQS, pois o sistema solar térmico em si não satisfaz a necessidade de aquecimento de água quente para o consumo. Basicamente no código desenvolvido para esta tecla temos que, se a radiação for igual a um dia chuvoso, o relé que controla o apoio é acionado para o seu funcionamento, e mesmo que não seja num dia chuvoso e se usuário queira usar o apoio, o relé que controla a bomba e o apoio é acionado. E se a temperatura do reservatório for maior ou igual a 45°C (temperatura de *set-point* definida), o apoio e a bomba é desligada.

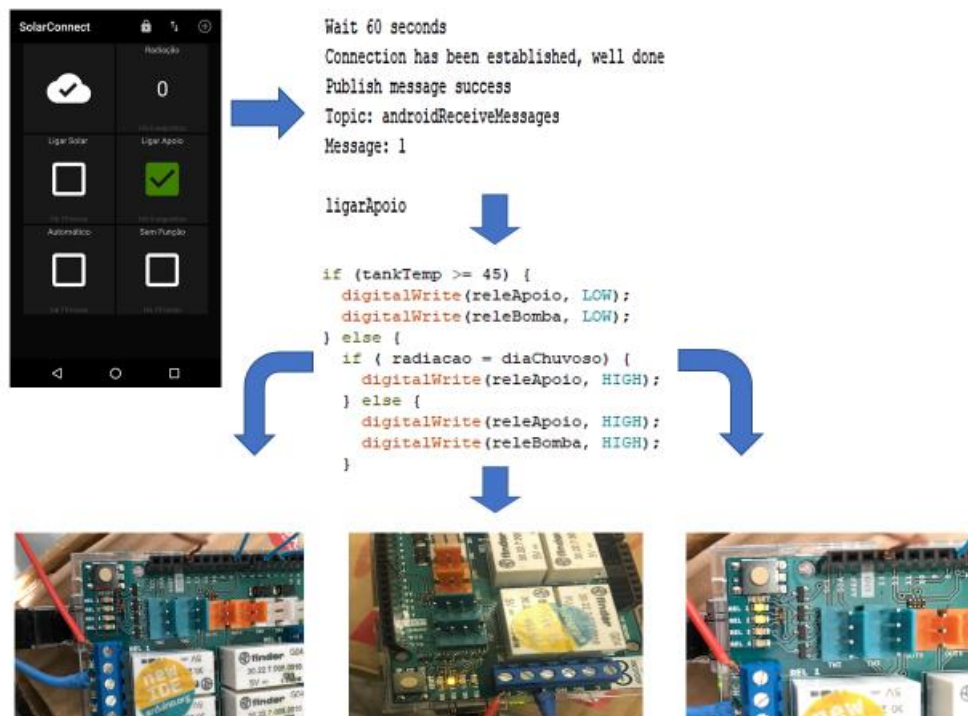


Figura 4.14 - Esquema do funcionamento da tecla ligar apoio.

- 4. Automático** - numa situação em que a radiação solar for de $500 W/m^2$ (dia com nuvem), sem radiação solar (dia chuvoso) ou mesmo de $1000 W/m^2$ (dia com céu limpo), a tecla automático pode ser ativada, pois funciona como uma junção de solar mais o apoio. Basicamente se a temperatura do reservatório for menor que $45^{\circ}C$ (temperatura de *set-point* definida), e se a radiação for igual a um dia chuvoso ou a um dia de nuvem o relé do apoio e da bomba é acionado. Caso a radiação for igual a um dia com céu limpo ou a temperatura do reservatório for superior ou igual a $45^{\circ}C$, o relé do apoio é desligado.

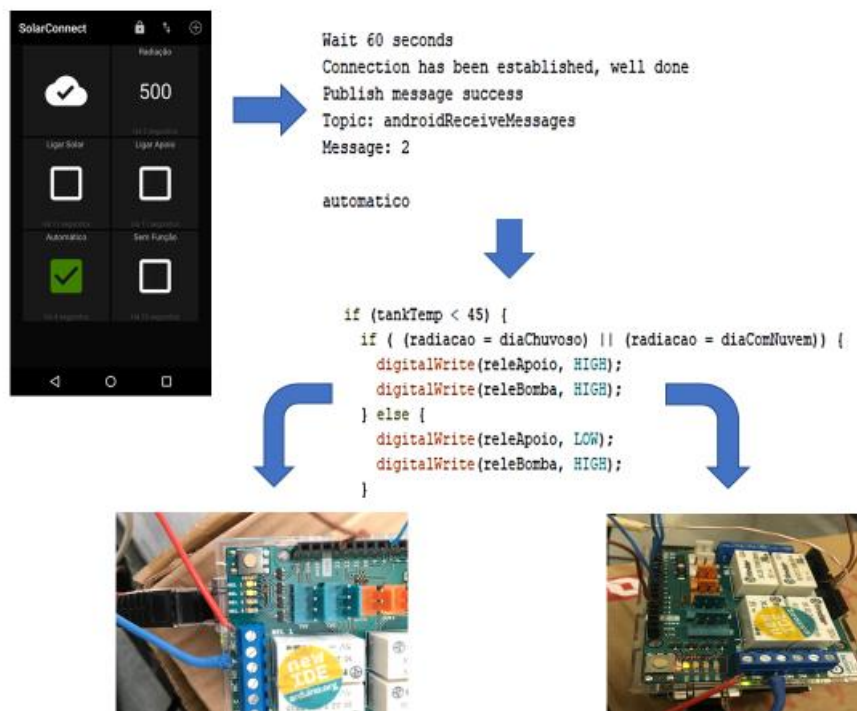


Figura 4.15 - Esquema do funcionamento da tecla ligar automático.

Adicionalmente foi feito um teste no laboratório para observar o comportamento do solar térmico quando recebe uma radiação de 500 W/m^2 , e pelos testes feitos pode-se observar na Figura 4.16 que para aquecer 2000 ml de água a 45°C demora aproximadamente 61 minutos.

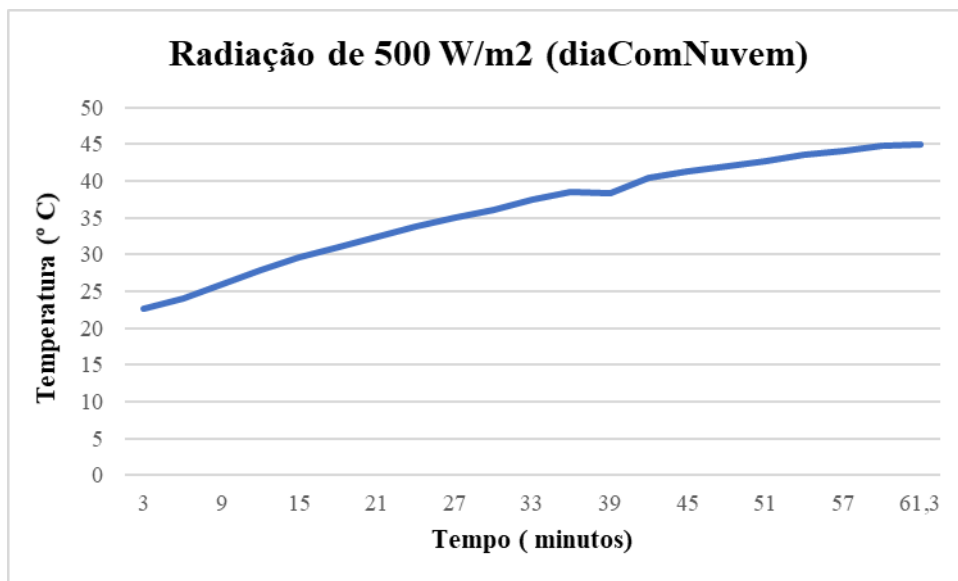


Figura 4.16 - Tempo de aquecimento da água até 45°C, recebendo uma radiação de 500 W/m^2 .

- 5. Sem Função** – a tecla sem função foi criada quando não se pretende usar as outras funcionalidades.

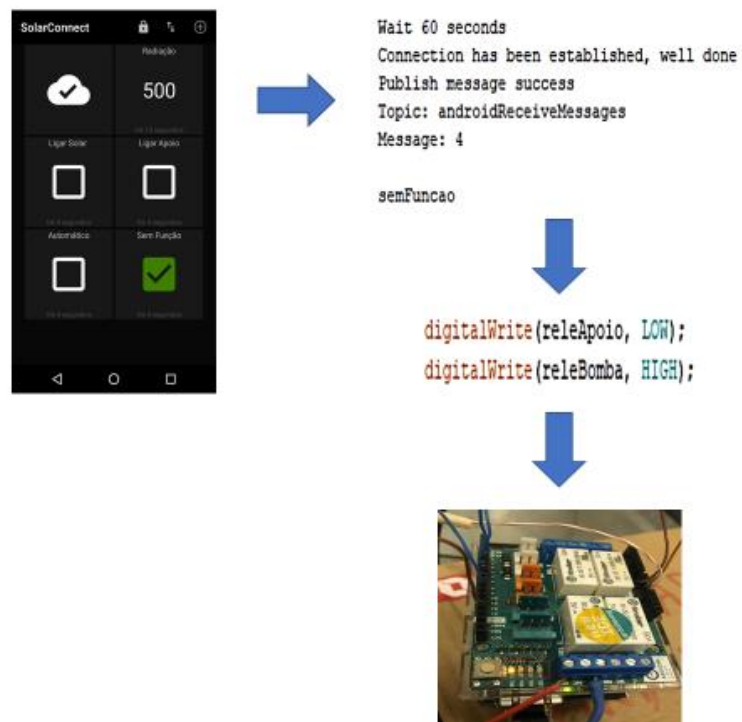


Figura 4.17 - Esquema do funcionamento da tecla sem função.

A funcionalidade sem função foi definida para arrancar por defeito. Basicamente a tecla sem função funciona como uma pausa ou um repouso do sistema solar térmico, em que o relé do apoio mantém desligado, e somente o relé da bomba mantém acionado, para fazer circular água no sistema mesmo não havendo qualquer consumo ou uso do solar térmico.

Capítulo 5

5. Desenvolvimento do Plano de Negócios de uma Startup tecnológica

5.1. Apresentação do Negócio

Tendo em conta as potencialidades e expansão do mercado das tecnologias web e móvel, bem como o desenvolvimento nas áreas de energias renováveis, esse projeto foca-se nos sistemas solares térmicos. A ideia da criação e do desenvolvimento de um plano de negócio para a constituição de uma empresa surgiu através da proposta de dissertação aceite no âmbito do Mestrado em Engenharia Industrial, cujo objetivo foi projetar, dimensionar e otimizar parâmetros de solar térmico de acordo com a vontade do cliente, sendo o solar térmico apoiado por uma segunda fonte de calor.

O promotor da empresa é João Carlos Amarante da Fonseca, licenciado em Engenharia Mecânica e mestre em Engenharia Industrial, o que lhe permite ter conhecimentos técnicos em áreas relevantes para o desenvolvimento do negócio em causa. Neste sentido, será criada uma sociedade comercial por quotas unipessoal, a qual permite assumir responsabilidade limitada pelas dívidas das empresas.

O presente negócio tem como missão acrescentar valor ao utilizador final dos equipamentos solares térmicos, através do desenvolvimento de uma aplicação e serviço com aplicabilidade nos sistemas solares térmicos (AQS). Assim, neste projeto é desenvolvida uma aplicação móvel que permite escolher manualmente entre usar somente o sistema solar térmico para satisfazer as necessidades do uso de água quente sanitária ou acionar um termostato da sua caldeira, para o aquecimento de água para o consumo, quando a água quente do coletor não for suficiente para satisfazer as necessidades da sua residência. Basicamente projeta, dimensiona e otimiza parâmetros de solar térmico de acordo com a vontade do cliente, ou seja, como já foi referido com um smartphone e uma aplicação móvel instalada o cliente tem o poder nas suas mãos de controlar o sistema de aquecimento de água quente sanitária da sua residência utilizando microcontroladores, bombas,

sensores e outros acessórios, juntamente com o sistema de apoio para um correto funcionamento do sistema.

O serviço descrito é direcionado para empresas que fornecem os sistemas solares térmicos, e a clientes que já possuem os sistemas solares térmicos instalados nas suas residências, inovando os equipamentos de fornecimento de água quente, com o foco na melhoria, requerendo o desenvolvimento de novas tecnologias e a otimização dos existentes.

5.2. Análise de Mercado

O desenvolvimento da aplicação web e móvel é destinado a empresas fornecedoras de sistemas solares térmicos e a clientes que já possuem os sistemas solares térmicos instalados em sua residência (cliente final). De realçar que das pesquisas efetuadas foi constatado que existem pelo menos 159 empresas em Portugal relacionadas com o fornecimento dos coletores solares, sendo elas micro, pequenas, médias e grandes empresas.

O Decreto-Lei n.º 80/2006, relativamente ao desempenho energético dos edifícios, tendo por base a necessidade de adotar a regulamentação europeia que impõe o estabelecimento e atualização periódica de regulamentos para melhorar o comportamento térmico dos edifícios novos e reabilitados, que exigem a implementação de soluções com viabilidade técnica e económica, sendo que existe ainda a obrigatoriedade da contabilização das necessidades de energia para a preparação das águas quentes sanitárias, com o objetivo específico de favorecimento da penetração dos sistemas de coletores solares. A obrigação da instalação de painéis solares para a produção de água quente sanitária nos novos edifícios, abre um vasto mercado para o desenvolvimento da energia solar renovável [49], sendo importante para esta empresa com vista em potenciais clientes.

Em termos de impactos das medidas de eficiência térmica, o solar térmico pode reduzir até 1/3 a conta de energia numa residência, considerando uma família de 4 pessoas e uma área de ST (Solar térmico) de 4 m². O sistema solar térmico em Portugal teve um alto investimento inicial e uma fraca credibilidade (má reputação), sendo assim, foi possível propor um conjunto de ações, que visam o reforço dos incentivos existentes, a criação de novos incentivos incluindo a indústria doméstica onde se encontra o potencial mais viável, e de um outro lado, a informação detalhada sobre incentivos diretos e fiscais, e também sobre os aspetos técnicos e defesa do consumidor [1]. É necessário acompanhar a

evolução das instalações de solar térmico em Portugal, visto que assim é possível obter dados e valores concretos de anos anteriores e perspectivas futuras do crescimento deste tipo de mercado, visto que é o mercado alvo desta empresa. A Tabela 5.1 mostra a evolução da área total instalada de ST em Portugal no período 2010-2015, e a Figura 5.1 apresenta uma visão geral do mercado de ST em Portugal 2005-2014.

Tabela 5.1 – Área total instalada de ST em Portugal [1].

Área Total instalada em Portugal	Área total de painéis instalados		
	m ²	Tep	Tj
2010	748 676	54 728	2 291
2011	875 874	64 026	2 680
2012	966 770	70 671	2 958
2013	1 024 004	74 855	3 133
2014	1 074 971	78 580	3 289
2015	1 121 105	81 953	3 431

Portugal quer cumprir a meta da EU para a energia renovável de 31 % até 2020, de forma a reduzir a dependência energética do exterior, contribuir para aumentar a eficiência energética dos edifícios, e para reduzir a contribuição do aquecimento na fatura de eletricidade, sendo algumas das razões que levaram à necessidade de criar medidas de apoio ao solar térmico em Portugal [1], entretanto, no final de 2016 o resultado acumulado não excede os 1.200.000 de m² de sistemas solares térmicos instalados em Portugal [50].

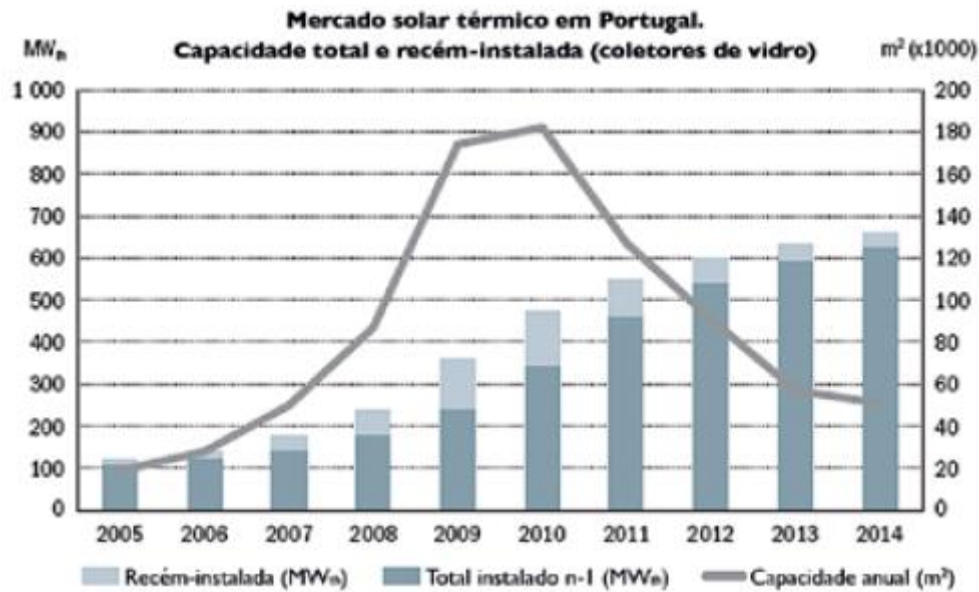


Figura 5.1- Previsão do mercado do ST em Portugal de 2005 a 2014 [1].

5.3. Estratégia de comercial

Dada a necessidade de desenvolver uma estratégia para o serviço a desenvolver, é efetuada uma análise detalhada aos principais aspetos relacionadas com o marketing da empresa.

5.3.1. Produto

Numa primeira fase de teste, o serviço apenas será comercializado em parceria com a empresa CONDUTACLIM, cujo objetivo passa por incorporar a nossa aplicação/sistema nas soluções solares térmicas daquela empresa, nomeadamente o serviço de controle. Explicando de forma mais pormenorizada, pode ser referido que com um smartphone e uma aplicação móvel instalada o cliente tem o poder de controlar o sistema de aquecimento de água quente sanitária da sua residência utilizando microcontroladores, bombas, sensores e outros acessórios, juntamente com o sistema de apoio para um correto funcionamento do sistema, sendo que o Kit solar térmico pertencente a empresa parceira.

São também garantidas a manutenção preventiva do aplicativo para controlo do sistema solar térmico durante um ano, às pessoas que forem convertidas clientes.

5.3.2. Segmento de mercado

O negócio irá ser iniciado em Portugal mais concretamente no distrito de Bragança, com vista em uma expansão futura para outros países. Com um foco especial em Cabo Verde, sendo que é um país rico em recursos renováveis [51]. A média de idade do mercado alvo é de 28 anos, sendo que 41.88 % da população tem idades compreendidas entre 25 a 54 anos [52], portanto a maioria dos potenciais clientes possuem idades compreendidas entre 30 a 50 anos. As famílias que mais poderão ter gastos energéticos em relação a utilização de águas quentes sanitárias, e que se traduz numa fatura mensal mais alta, são as que o agregado familiar é composto por 3 a 4 elementos, e são os que interessam no serviço em questão pelo seu benefício, conforto e bem-estar.

Os clientes alvo são as famílias de classe média, e de acordo com a Figura 5.2 e Figura 5.3 o rendimento médio disponível das famílias portuguesas corresponde a 31.390,50 € anual [53], sendo as despesas médias de consumo final das famílias, total e por tipo de bens e serviços correspondido em 33.447,70 € anual [54] e este serviço é direcionado em parceria com empresas que fornecem os sistemas solares térmicos, a clientes que já possuem os sistemas solares térmicos instalados nas suas residências, inovando os equipamentos de fornecimento de água quente.

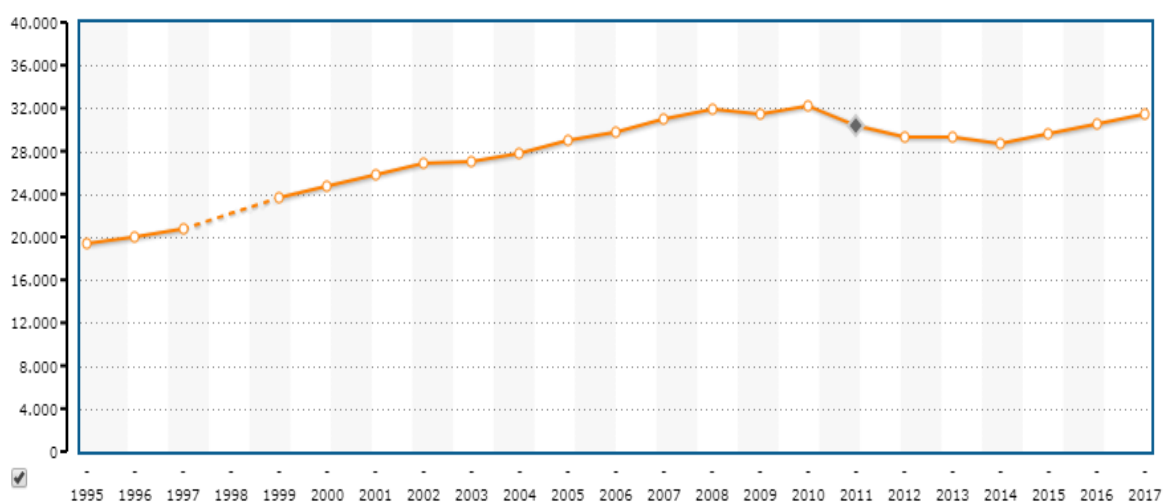


Figura 5.2 – Rendimento médio disponível das famílias [53].

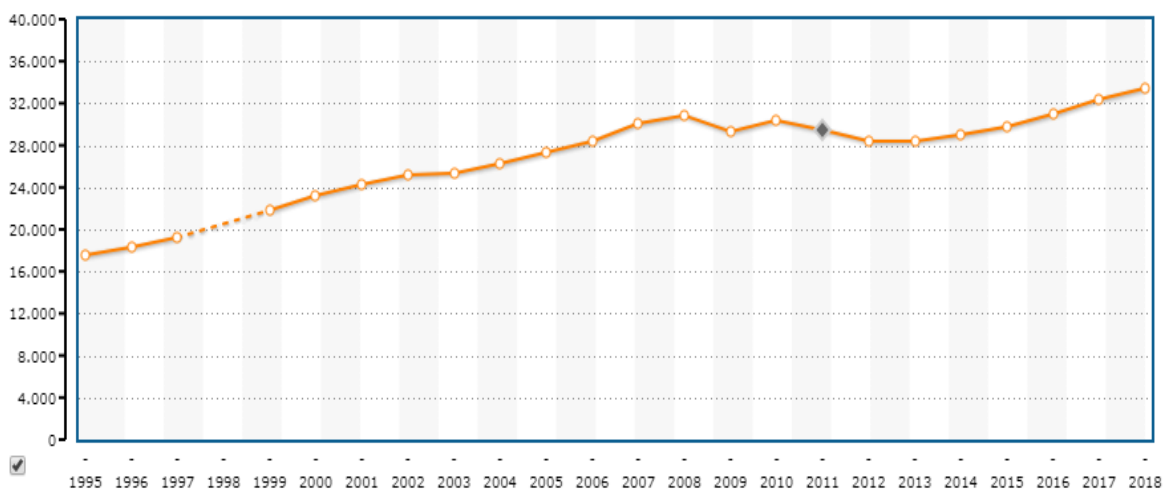


Figura 5.3 – Despesas de consumo final das famílias: total e por tipo de bens e serviços [54].

5.3.3. Mercado envolvente

O mercado alvo da empresa são, primordialmente, as 159 empresas portuguesas relacionadas com o fornecimento dos coletores solares, sendo elas micro, pequenas, médias e grandes empresas. Adicionalmente, é também importante considerar que já se encontram instalados cerca de 1.200.000 de m^2 de sistemas solares térmicos instalados em Portugal, e de acordo com a Figura 5.4 as distribuições são por tipo de sistema, sendo que 53% dos sistemas são coletores individuais, 25% são sistemas forçados e 22% são sistemas em termosifão. De acordo com a Figura 5.5, dos coletores individuais 83% destinam-se ao uso habitacional e 17% são aplicados no sector terciário, nomeadamente piscinas, hotéis, etc. [55]. Como principal barreira de entrada no mercado deve ser considerado o preço inicial dos produtos, visto que o preço dos microcontroladores utilizados são consideravelmente caros.

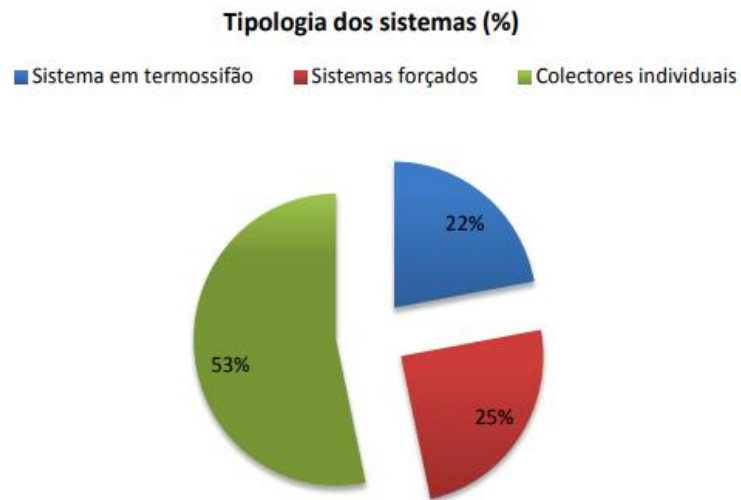


Figura 5.4 – Capacidade instalada em 2015, distribuída em termos de tipologia de sistemas [55].

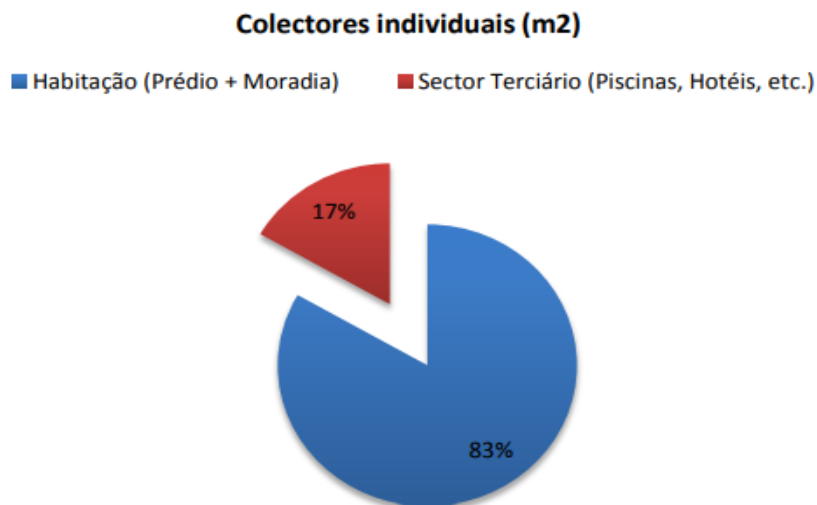


Figura 5.5 – Procura por coletores individuais na habitação e no setor terciário no ano de 2015 [55].

5.3.4. Clientes

Os clientes para este projeto são as empresas que vendem sistemas solares térmicos e pessoas que já possuem sistemas solares térmicos instalados nas suas residências, sendo

o foco em pessoas com mais de 2 elementos no agregado familiar, com emprego estável, moradia própria e com idade compreendida entre 30 a 50 anos. O foco em pessoas com mais de 2 elementos no agregado família, é devido ao consumo energético em famílias de mais de duas pessoas ser mais alto, podendo justificar a compra de sistema solar térmico mais o serviço de controlo, e para quem já possui o sistema solar térmico, a adição única do sistema de controlo. Com isto, a diminuição na fatura energética mensal. É de realçar que essas pessoas precisam ter um trabalho estável para poderem pagar pelo investimento que pode ser considerado alto e devem possuir casa própria, preferencialmente, por questões de facilidade de instalação do sistema.

5.3.5. Concorrência

De seguida são apresentados os potenciais concorrentes em atividade no mercado alvo. Os principais concorrentes diretos são a Vulcano, a Ariston e a Vaillant, as quais usam tecnologias idênticas (tecnologia de conectividade), permitindo uma fácil interação e controlo total do sistema de aquecimento de água quente (caldeiras), a partir de um smartphone e não só, permitindo controlar também o aquecimento de sua casa.

A empresa que se pretende constituir tem como objetivo fornecer aos seus potenciais clientes um controlo de baixo custo, tradicional, convencional que a partir do seu smartphone permite inserir ordens manuais e/ou de escolha automática. Deve aqui ser destacado que este sistema permite uma escolha flexível entre usar somente o sistema solar térmico para satisfazer as necessidades do uso de água quente sanitária ou acionar um termostato da sua caldeira para o aquecimento de água para o consumo, quando a água quente do coletor não for suficiente para satisfazer as necessidades da sua residência. A principal diferença dos serviços em relação a Vulcano, Ariston e Vaillant é que a aplicação móvel desenvolvida dos concorrentes só é aplicável para uma caldeira compatível, ou seja a comunicação só é feita entre o smartphone e a caldeira para o aquecimento de água de sua residência, bem como também é aplicável para o aquecimento do espaço de sua residência, enquanto que os serviços desta empresa emprega uma comunicação entre o smartphone e a caldeira de aquecimento de água quente sanitária. De notar também que é utilizado um sistema solar térmico, sendo que o cliente tem a opção de escolher

remotamente de acordo com o tempo atual/dia seguinte (meteorologia), se utiliza somente o sistema solar para o aquecimento de água quente se radiação for suficiente para suprir todo o consumo diário de AQS necessário sem utilizar qualquer tipo de apoio, ou utilizar somente o apoio para o aquecimento de água na falta de radiação solar, ou utilizar uma função automática, sendo uma junção do solar mais o apoio, assim representado na Figura 5.6.

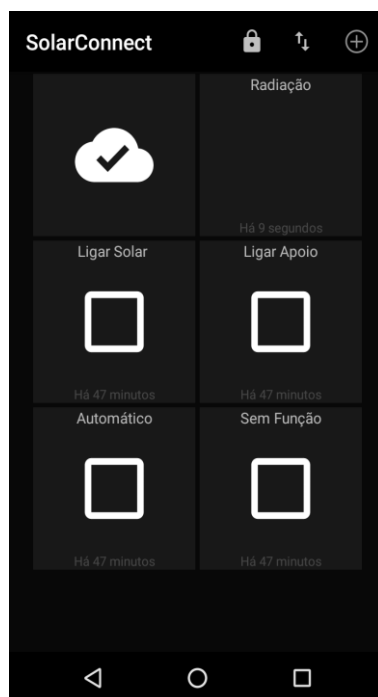


Figura 5.6 – Exemplo aplicação móvel, com as diversas opções de funcionamento.

5.3.6. Estratégia de diferenciação

Como referido, o que diferencia esta empresa das suas concorrentes é a diferença nos serviços oferecidos. Enquanto a Vulcano, a Ariston e a Vaillant têm uma aplicação móvel desenvolvida apenas aplicável para uma caldeira compatível, ou seja, a comunicação só é feita entre o smartphone e a caldeira para o aquecimento de água de sua residência e aplicável para o aquecimento do espaço de sua residência, os serviços desta empresa emprega uma comunicação entre o smartphone e a caldeira de aquecimento de água quente sanitária. De notar também que é utilizado um sistema solar térmico, sendo que o cliente

tem a opção de escolher remotamente de acordo com o tempo atual/dia seguinte (meteorologia), se utiliza somente o sistema solar para o aquecimento de água quente se radiação for suficiente para suprir todo o consumo diário de AQS necessário sem utilizar qualquer tipo de apoio, ou utilizar somente o apoio para o aquecimento de água na falta de radiação solar, ou utilizar uma função automática, sendo uma junção do solar mais o apoio.

5.3.7. Análise SWOT

Como forma de melhor perceber as vantagens e as dificuldades do negócio a implementar é desenvolvida uma análise SWOT que é apresentada na Tabela 5.2 abaixo.

Tabela 5.2 - Análise SWOT.

SWOT	
Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> • Ter parceiros experientes na área de atuação. • Forte investimento em marketing • Controlo solar mais o apoio 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de financiamento • Empresa jovem/iniciante • Falta de experiência no terreno • Preço elevado dos equipamentos
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Mercado com muito potencial e em grande expansão • Política ambiental na União Europeia e outros países • Consciencialização das pessoas dos benefícios que os sistemas solares térmicos mais a tecnologia de controlo têm para o meio ambiente • Desenvolvimento tecnológico • Expansão para outros mercados geográficos, por exemplo Cabo Verde 	<ul style="list-style-type: none"> • Fraca rentabilidade dos coletores solares devido as consequências das alterações climáticas

5.3.8. Distribuição

Fruto da parceria com a empresa Conduclim, a entrega e a instalação dos sistemas solares térmicos é feita através da mesma empresa parceira, sendo que os equipamentos solares térmicos são produtos exclusivos dessa mesma empresa. O adicional serviço de controlo é feito através desta empresa, e para clientes que já possuem sistemas solares térmicos e se mostrarem interesse pelo serviço de controlo, a instalação é feita diretamente na residência do cliente por esta empresa.

5.3.9. Promoção

Como forma de promoção fica decidido desenvolver publicidade adequada ao aplicativo desenvolvido, nomeadamente, através do uso das redes sociais como o Instagram e o Facebook, mas também efetuando ações de comunicação por email. Como forma relevante de a empresa dar a conhecer o seu aplicativo devem-se promover ações publicitárias em conjunto com a empresa parceira Conduclim. Visto que numa primeira fase existe a necessidade de parceria com a Empresa Conduclim, e posteriormente com outras empresas de outros setores, para auxiliar na publicidade dos produtos e serviços, poderão vir a ser concedidos descontos.

5.3.10. Relações públicas

A empresa pretende ainda estabelecer uma relação positiva, de enorme confiança com a sociedade portuguesa, informando as pessoas sobre a importância dos sistemas solares térmicos para o ambiente, bem como oferecendo a oportunidade de acesso a uma excelente tecnologia que permite o controlo destes sistemas, que permitem a poupança energética e caminhando para a sustentabilidade. Como forma de relacionamento serão utilizadas as seguintes:

- Participação em feiras.
- Publicidade e marketing, dando a conhecer às pessoas o benefício desse produto.

5.4. Plano operacional

Para o início da atividade, esta empresa poder ser administrada a partir de casa e a partir da empresa Conduclim, visto que para começar não irá se justificar ter um espaço maior.

5.4.1. Fornecedores

Os potenciais fornecedores desta empresa poderão vir a ser as empresas ARDUINO e GEARBEST, pelo que os microcontroladores e os sensores serão comprados diretamente no site das empresas referidas. Contudo, com o decorrer do negócio, a intenção será ampliar o leque de fornecedores com o objetivo de encontrar produtos a preços mais competitivos.

5.4.2. Parceiros

Para efetuar as instalações dos sistemas solares térmicos mais controlo, irá recorrer-se a um parceiro chave, sendo a empresa Conduclim. A CONDUTACLIM foi fundada em julho de 2009 onde apenas elaborava projetos, mas para complementar um nicho de mercado começou a fazer distribuição a partir de novembro de 2014, tendo como missão a venda de equipamentos para instalações sanitárias, instalações AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), sistemas de rega, sistemas de energias renováveis, entre outros. A elaboração de projetos de AVAC, projetos de gás, projetos de Sistemas Solares, certificações e auditorias energéticas mantem-se de forma contínua para servir a comunidade. No entanto também têm como objetivo o apoio técnico ao instalador e cliente final [56].

Posteriormente, à medida que o negócio for progredindo, será analisada a possibilidade de ter ou não colaboradores próprios desta empresa. Por questões de publicidades e de visibilidade no mercado, a empresa irá tentar fazer parcerias com outras empresas, de outros setores, para aumentar as vendas da empresa parceira e eventualmente as vendas da própria empresa.

5.4.3. Recursos humanos

Numa primeira fase, opta-se por receber ajuda da empresa Conduclim por uma questão de redução de custos. Assim, inicialmente a empresa irá contar com um colaborador para

o desenvolvimento do *software* e com o próprio promotor para assumir funções de administração tais como: Gestão de negócio, Estratégia de marketing e de vendas, Auxílio nos projetos (se for necessário), Relacionamento com clientes, Estabelecimento de objetivos e critérios.

5.5. Análise da viabilidade económico financeira do projeto

5.5.1. Pressupostos

Para o desenvolvimento do plano financeiro torna-se necessário assumir alguns pressupostos importantes para a implementação de um projeto novo. Assim, o investimento será iniciado no início do ano de 2020 e a empresa assumirá como política ter um prazo médio de recebimento de 15 dias, o pagamento aos fornecedores deverá ser efetuado a pronto e o prazo medio de existência está previsto ser de 30 dias. A taxa de IVA aplicada nas vendas e nas compras será a taxa normal de 23%. No que se refere aos impostos/taxas relativas ao relacionamento com os trabalhadores são utilizadas as taxas legais em vigor, pelo a empresa terá de suportar uma taxa de 23,75% sobre o ordenado bruto dos trabalhadores e efetuará a retenção de 11% do salário líquido a pagar a cada um dos trabalhadores. A taxa de retenção de IRS utilizada foi de 15%, a qual é definida em termos do valor do vencimento e do agregado familiar. Para a análise da viabilidade do projeto foi decidido desenvolver previsões para um período de 6 anos.

5.5.2. Vendas e Custo das vendas

Neste ponto estima-se as quantidades e os valores das vendas. Como se pode ver na Tabela 5.3, é estimado vender no primeiro ano 120 unidades do aplicativo para controlo do sistema solar térmico, sendo que nos anos seguintes prevê-se um aumento de clientes, consequentemente um aumento de vendas. Neste projeto apenas se preveem vendas para o mercado português. Foi considerada um crescimento dos preços de 1% durante o período projetado.

Tabela 5.3 - Quantidades e os valores das vendas.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Taxa de variação dos preços		1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
Aplicativo para controlo do sistema solar termico	12 960	26 179	39 661	60 087	72 826	88 265
Quantidades vendidas	120	240	360	540	648	778
Taxa de crescimento das unidades vendidas		100,00%	50,00%	50,00%	20,00%	20,00%
Preço Unitário	108,00	109,08	110,17	111,27	112,39	113,51
TOTAL VOLUME DE NEGÓCIOS	12 960	26 179	39 661	60 087	72 826	88 265
IVA	2 981	6 021	9 122	13 820	16 750	20 301
TOTAL VOLUME DE NEGÓCIOS + IVA	15 941	32 200	48 784	73 907	89 576	108 566
Perdas por imparidade	0,00%	0	0	0	0	0

Na Tabela 5.4 apresentada abaixo pode ser observado o custo das mercadorias vendidas e a margem bruta, sendo que da análise efetuada aos custos de produção do dispositivo se concluiu que os custos elevados de produção levam a que a margem bruta seja de 32,90%, o que é relativamente baixa.

Tabela 5.4 - Custo das mercadorias vendidas e matérias consumidas e Margem Bruta.

CMVMC	Margem Bruta	2020	2021	2022	2023	2024	2025
MERCADO NACIONAL		8 696	17 566	26 613	40 318	48 866	59 226
Aplicativo para controlo do sistema solar termico	32,90%	8 696	17 566	26 613	40 318	48 866	59 226
IVA	23,00%	2 000	4 040	6 121	9 273	11 239	13 622
TOTAL CMVMC + IVA		10 696	21 606	32 734	49 592	60 105	72 847

5.5.3. Fornecimento e serviços externos

Neste ponto são analisados os principais gastos a incorrer para suportar a atividade da empresa. Para o presente estudo é seguida a estrutura prevista na contabilidade para os fornecimentos e serviços prestados por entidades externas à empresa no âmbito da sua atividade normal, sendo que dentro destes, existem duas categorias: aqueles que são estruturais e que não dependem da atividade da empresa, designados de custos fixos e os

que são função da atividade da empresa, designados por custos variáveis [57]. Na Tabela 5.5 são apresentados os Fornecimentos e Serviços Externos previstos para empresa.

Tabela 5.5 - Fornecimento e serviços externos.

				2020	2021	2022	2023	2024	2025
Nº Meses				12	12	12	12	12	12
Taxa de crescimento					2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%

	Tx IVA	CF	CV	Valor Mensal	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Subcontratos	23,0%	100,0%								
Serviços especializados										
Trabalhos especializados	23,0%	100,0%		50,00	600,00	612,00	624,24	636,72	649,46	662,45
Publicidade e propaganda	23,0%		100,0%	50,00	600,00	612,00	624,24	636,72	649,46	662,45
Vigilância e segurança	23,0%	100,0%								
Honorários	23,0%	100,0%		100,00	1 200,00	1 224,00	1 248,48	1 273,45	1 298,92	1 324,90
Comissões	23,0%	100,0%								
Conservação e reparação	23,0%	100,0%								
Material										
Ferramentas e utensílios de desgaste rápido	23,0%		100,0%	10,00	120,00	122,40	124,85	127,34	129,89	132,49
Livros e documentação técnica	23,0%	100,0%								
Material de escritório	23,0%		100,0%	2,00	24,00	24,48	24,97	25,47	25,98	26,50
Artigos para oferta	23,0%	100,0%								
Energia e fluidos										
Electricidade	23,0%	100,0%								
Combustíveis	23,0%	100,0%								
Água	6,0%	100,0%								
Deslocações, estadas e transportes										
Deslocações e Estadas	23,0%	100,0%								
Transportes de pessoal	23,0%		100,0%	30,00	360,00	367,20	374,54	382,03	389,68	397,47
Transportes de mercadorias	23,0%	100,0%								
Serviços diversos										
Rendas e alugueres	23,0%	100,0%								
Comunicação	23,0%	100,0%		10,00	120,00	122,40	124,85	127,34	129,89	132,49
Seguros		100,0%		10,00	120,00	122,40	124,85	127,34	129,89	132,49
Royalties	23,0%	100,0%								
Contencioso e notariado	23,0%	100,0%								
Despesas de representação	23,0%	100,0%								
Limpeza, higiene e conforto	23,0%	100,0%								
Outros serviços	23,0%		100,0%	10,00	120,00	122,40	124,85	127,34	129,89	132,49
TOTAL FSE					3 264,00	3 329,28	3 395,87	3 463,78	3 533,06	3 603,72
FSE - Custos Fixos					2 040,00	2 080,80	2 122,42	2 164,86	2 208,16	2 252,32
FSE - Custos Variáveis					1 224,00	1 248,48	1 273,45	1 298,92	1 324,90	1 351,39
TOTAL FSE					3 264,00	3 329,28	3 395,87	3 463,78	3 533,06	3 603,72
IVA					612,72	624,97	637,47	650,22	663,23	676,49
FSE + IVA					3 876,72	3 954,25	4 033,34	4 114,01	4 196,29	4 280,21

Da tabela acima é possível perceber que são custos variáveis serviços como a publicidade e propaganda, ferramentas e utensílios de desgaste rápido, material de escritório, transporte de pessoal e entre outros serviços. Com base nesta tabela é possível perceber que no primeiro ano de atividade existirão custos mensais de 272 euros. De realçar que na rubrica de Honorários está previsto o pagamento de 100 euros mensais ao prestador de serviços da área de informática que ajudará a desenvolver o *software* associado.

5.5.4. Gastos com o pessoal

A empresa terá como funcionário o próprio promotor do projeto, desempenhando funções na área Comercial/Administrativo, 11 meses por ano de trabalho efetivo, como representado na Tabela 5.6, com um salário mensal de 400€ mensais no primeiro ano a que corresponde um custo anual bruto de 5.133 euros, sendo que esta opção se deve ao facto de querer investir grande parte do lucro na própria empresa para garantir a sua sobrevivência inicial. Na tabela são ainda apresentados outros gastos associados.

Tabela 5.6 - Gastos com o pessoal.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Nº Meses	14	14	14	14	14	14
Incremento Anual (Vencimentos + Sub. Almoço)		1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
Comercial / Administrativo	400	404	408	412	416	420
Comercial / Administrativo	5 133	5 185	5 237	5 289	5 342	5 395
Outros Gastos						
Segurança Social						
Órgãos Sociais	23,75%					
Pessoal	23,75%	1 219	1 231	1 244	1 256	1 269
Seguros Acidentes de Trabalho	1,00%	51	52	52	53	54
Subsídio Alimentação - nº dias úteis/mês x subsidi						
N.º meses subsídio alimentação (meses)						
Comissões & Prémios						
Órgãos Sociais						
Pessoal						
Formação	100	100	100	100	100	100
Outros custos com pessoal						
TOTAL OUTROS GASTOS	1 371	1 383	1 396	1 409	1 422	1 435
QUADRO RESUMO						
Remunerações						
Órgãos Sociais						
Pessoal	5 133	5 185	5 237	5 289	5 342	5 395
Encargos sobre remunerações	1 219	1 231	1 244	1 256	1 269	1 281
Seguros Acidentes de Trabalho e doenças profissionais	51	52	52	53	53	54
Gastos de acção social						
Outros gastos com pessoal	100	100	100	100	100	100
TOTAL GASTOS COM PESSOAL	6 504	6 568	6 633	6 698	6 764	6 830

5.5.5. Investimento

Os investimentos (ver Tabela 5.7) a realizar em ativo fixo no primeiro referem-se à aquisição de dois computadores portáteis, classificados em equipamento básico, e ao registo de uma patente, classificado em Propriedade Industrial como ativo intangível. Neste ano (2020) está previsto dispendir 1.415 euros na aquisição deste ativo fixo. No segundo ano

de atividade está previsto o investimento na construção de um *website* para a apresentação da empresa e do produto desenvolvido, o qual está também classificado na rubrica de projetos de desenvolvimento do ativo intangível.

Tabela 5.7 - Investimento.

Investimento por ano	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Propriedades de investimento						
Terrenos e recursos naturais						
Edifícios e Outras construções						
Outras propriedades de investimento						
Total propriedades de investimento						
Activos fixos tangíveis						
Terrenos e Recursos Naturais						
Edifícios e Outras Construções						
Equipamento Básico	1 200					
Equipamento de Transporte						
Equipamento Administrativo						
Equipamentos biológicos						
Outros activos fixos tangíveis						
Total Activos Fixos Tangíveis	1 200					
Activos Intangíveis						
Goodwill						
Projectos de desenvolvimento		1 000				
Programas de computador						
Propriedade industrial	215					
Outros activos intangíveis						
Total Activos Intangíveis	215	1 000				
Total Investimento	1 415	1 000				
IVA	23%	276				

5.5.6. Financiamento

De acordo com a Tabela 5.8 no primeiro e no segundo ano, a empresa irá ter uma necessidade de financiamento de 2.700€ e de 2.100€ respetivamente, sendo que as fontes de financiamento provenientes serão através do capital próprio e de empréstimo do sócio promotor. Após os dois primeiros anos em que a atividade exige necessidades de financiamento que não são acomodadas pelos meios libertos pela atividade, é esperado que nos anos seguintes seja possível à empresa libertar meios financeiros que são mais do que suficientes para fazer face às necessidades de financiamento. De acordo com a Tabela 5.9 abaixo relativa ao plano financeiro, a empresa necessitará recorrer a empréstimos bancários de curto prazo nos primeiros 3 anos de atividade com forma de fazer face ao investimento em capital fixo (isto é, o investimento acima explicado) e ao investimento em fundo de maneo.

A empresa considera ainda a possibilidade de se candidatar a apoios financeiros do Portugal 2020 como forma a melhorar a sua capacidade de financiamento. Apesar de não ter sido considerado neste plano de negócios, é objetivo encontrar entidades que possam conceder subsídios para desenvolver a atividade.

Tabela 5.8 - Financiamentos necessários nos primeiros anos.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Investimento	2 699	2 099	1 191	1 804	1 126	1 364
Margem de segurança						
Necessidades de financiamento	2 700	2 100	1 200	1 800	1 100	1 400
Fontes de Financiamento						
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Meios Libertos			2 397	7 337	10 295	13 991
Capital	500					
Outros instrumentos de capital						
Empréstimos de Sócios	2 200	2 100				
Financiamento bancário e outras Inst. Crédito						
Subsídios						
TOTAL	2 700	2 100	2 397	7 337	10 295	13 991

Tabela 5.9 - Plano Financeiro.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ORIGENS DE FUNDOS						
Meios Libertos Brutos	-5 864	-1 284	3 020	9 607	13 663	18 605
Capital Social (entrada de fundos)	500					
Outros instrumentos de capital	2 200	2 100				
Empréstimos Obtidos						
Desinvest. em Capital Fixo						
Desinvest. em FMN						
Proveitos Financeiros						
Total das Origens	-3 164	816	3 020	9 607	13 663	18 605
APLICAÇÕES DE FUNDOS						
Inv. Capital Fixo	1 415	1 000				
Inv. Fundo de Maneio	1 283	1 099	1 191	1 804	1 126	1 364
Imposto sobre os Lucros					927	3 367
Pagamento de Dividendos						
Reembolso de Empréstimos						
Encargos Financeiros						
Total das Aplicações	2 699	2 099	1 191	1 804	2 052	4 731
Saldo de Tesouraria Anual	-5 863	-1 283	1 829	7 803	11 610	13 874
Saldo de Tesouraria Acumulado	-5 863	-7 146	-5 317	2 487	14 097	27 971
Aplicações / Empréstimo Curto Prazo	-5 863	-7 146	-5 317	2 487	14 097	27 971

5.5.7. Análise do ponto crítico

A Tabela 5.10 permite perceber que o ponto crítico para a atividade da empresa se situa e em cerca de 37.300 euros no primeiro ano. Deste modo, é possível perceber que apenas a partir deste volume de faturação é que será possível a empresa obter lucros, pois até este momento os proveitos obtidos têm por objetivo suportar apenas os custos incorridos. Nos anos seguintes o valor do ponto crítico vai diminuindo. Comparando o ponto crítico das vendas calculado com o valor efetivo das vendas previstas é possível perceber que nos dois primeiros anos a empresa terá prejuízos, mas que a partir do terceiro os números de vendas efetivas serão superiores aos custos suportados.

Tabela 5.10 - Análise do ponto crítico.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Vendas e serviços prestados	12 960,00	26 179,20	39 661,49	60 087,15	72 825,63	88 264,66
Variação nos inventários da produção						
CMVMC	8 696,16	17 566,24	26 612,86	40 318,48	48 866,00	59 225,59
FSE Variáveis	1 224,00	1 248,48	1 273,45	1 298,92	1 324,90	1 351,39
Margem Bruta de Contribuição	3 039,84	7 364,48	11 775,18	18 469,76	22 634,74	27 687,68
Ponto Crítico	37 248,67	32 615,41	31 261,68	30 545,34	29 487,85	29 432,80

5.5.8. Demonstrações Financeiras previsionais

A Demonstração dos Resultados previsional permite concluir que a atividade da empresa não será lucrativa logo no primeiro e no segundo ano, pois o resultado líquido do período é negativo em ambos os anos no valor de 6.057 euros e 1.811 euros, respetivamente. Mas a partir de 2022 é possível verificar que a atividade da empresa leva a um resultado líquido positivo todos os anos, conforme se pode observar da Tabela 5.11. Além dos valores já explicados nos pontos anteriores, nessa tabela foram ainda calculadas as amortização e depreciações associadas ao desgaste do equipamento adquirido, bem como são apresentados na rubrica de outros gastos e perdas o valor de 360€, que são relativos ao custo da abertura da empresa.

Tabela 5.11 - Demonstrações Financeiras previsionais.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Vendas e serviços prestados	12 960	26 179	39 661	60 087	72 826	88 265
Subsídios à Exploração						
Ganhos/perdas imputados de subsidiárias, associadas e empreendimentos conjuntos						
Variação nos inventários da produção						
Trabalhos para a própria entidade						
CMVMC	8 696	17 566	26 613	40 318	48 866	59 226
Fornecimento e serviços externos	3 264	3 329	3 396	3 464	3 533	3 604
Gastos com o pessoal	6 504	6 568	6 633	6 698	6 764	6 830
Imparidade de inventários (perdas/reversões)						
Imparidade de dívidas a receber (perdas/reversões)						
Provisões (aumentos/reduções)						
Imparidade de investimentos não depreciáveis/amortizáveis (perdas/reversões)						
Aumentos/reduções de justo valor						
Outros rendimentos e ganhos						
Outros gastos e perdas	360					
EBITDA (Resultado antes de depreciações, gastos de financiamento e impostos)	-5 864	-1 284	3 020	9 607	13 663	18 605
Gastos/reversões de depreciação e amortização	193	526	526	526	193	150
Imparidade de activos depreciáveis/amortizáveis (perdas/reversões)						
EBIT (Resultado Operacional)	-6 057	-1 811	2 494	9 081	13 470	18 455
Juros e rendimentos similares obtidos						
Juros e gastos similares suportados						
RESULTADO ANTES DE IMPOSTOS	-6 057	-1 811	2 494	9 081	13 470	18 455
Imposto sobre o rendimento do período				927	3 367	4 614
RESULTADO LÍQUIDO DO PERÍODO	-6 057	-1 811	2 494	8 154	10 102	13 841

Na Tabela 5.12 é ainda apresentado o Balanço previsional da empresa, o qual evidencia um ativo líquido a aumentar todos os anos, que é financiado principalmente por empréstimos do sócio e por financiamento bancário nos primeiros anos. Nota-se ainda que a empresa apresenta uma situação de falência técnica nos primeiros 3 anos em virtude de o capital próprio apresentar valores negativos.

Tabela 5.12 - Balanço previsional.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ACTIVO						
Activo Não Corrente	1 222	1 696	1 169	643	450	300
Activos fixos tangíveis	1 050	900	750	600	450	300
Propriedades de investimento						
Activos Intangíveis	172	796	419	43	0	0
Investimentos financeiros						
Activo corrente	1 489	2 906	4 350	9 026	22 002	37 530
Inventários	725	1 464	2 218	3 360	4 072	4 935
Clientes	664	1 342	2 033	3 079	3 732	4 524
Estado e Outros Entes Públicos						
Accionistas/sócios						
Outras contas a receber						
Diferimentos						
Caixa e depósitos bancários	100	100	100	2 587	14 197	28 071
TOTAL ACTIVO	2 711	4 601	5 520	9 669	22 452	37 830
CAPITAL PRÓPRIO						
Capital realizado	500	500	500	500	500	500
Ações (quotas próprias)						
Outros instrumentos de capital próprio						
Reservas		-6 057	-7 868	-5 374	2 780	12 882
Excedentes de revalorização						
Outras variações no capital próprio						
Resultado líquido do período	-6 057	-1 811	2 494	8 154	10 102	13 841
TOTAL DO CAPITAL PRÓPRIO	-5 557	-7 368	-4 874	3 280	13 382	27 224
PASSIVO						
Passivo não corrente						
Provisões						
Financiamentos obtidos						
Outras Contas a pagar						
Passivo corrente	8 268	11 969	10 394	6 389	9 069	10 606
Fornecedores						
Estado e Outros Entes Públicos	205	523	777	2 089	4 769	6 306
Accionistas/sócios	2 200	4 300	4 300	4 300	4 300	4 300
Financiamentos Obtidos	5 863	7 146	5 317			
Outras contas a pagar						
TOTAL PASSIVO	8 268	11 969	10 394	6 389	9 069	10 606
TOTAL PASSIVO + CAPITALS PRÓPRIOS	2 711	4 601	5 520	9 669	22 452	37 830

No que se refere ao *cash flow*, de acordo com a Tabela 5.13 os valores do *cash flow* de exploração são positivos a partir do terceiro ano de atividade, mas o *cash flow* acumulado de 2020 a 2023 é negativo devido ao investimento inicial, pelo que a situação apenas melhora a partir do ano seguinte.

Tabela 5.13 - Cash flow.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Meios Libertos do Projecto						
Resultados Operacionais (EBIT) x (1-IRC)	-4 543	-1 358	1 870	6 810	10 102	13 841
Depreciações e amortizações	193	526	526	526	193	150
Provisões do exercício						
	-4 350	-832	2 397	7 337	10 295	13 991
Investim./Desinvest. em Fundo Maneio						
Fundo de Maneio	-1 283	-1 099	-1 191	-1 804	-1 126	-1 364
CASH FLOW de Exploração	-5 633	-1 930	1 206	5 533	9 170	12 627
Investim./Desinvest. em Capital Fixo						
Capital Fixo	-1 415	-1 000				
Free cash-flow	-7 048	-2 930	1 206	5 533	9 170	12 627
CASH FLOW acumulado	-7 048	-9 979	-8 773	-3 240	5 930	18 557

5.5.9. Indicadores económico financeiros

De acordo com a Tabela 5.14, os diversos indicadores apresentados mostram a evolução positiva da situação económico financeira da empresa ao longo do período, sendo que a situação genérica destes indicadores é bastante negativa nos primeiros anos de atividade. A partir do terceiro ano a situação melhora consideravelmente e a empresa passa a mostrar sinais de rentabilidade, risco e estrutura financeira positivos, o que reflete o explicado nos mapas relativos às demonstrações financeiras previsionais acima expostos.

Tabela 5.14 - Indicadores económico financeiros.

INDICADORES ECONÓMICOS	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Taxa de Crescimento do Negócio		102%	52%	52%	21%	21%
Rentabilidade Líquida sobre as vendas	-47%	-7%	6%	14%	14%	16%
INDICADORES ECONÓMICOS - FINANCEIROS	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Return On Investment (ROI)	-223%	-39%	45%	84%	45%	37%
Rendibilidade do Activo	-223%	-39%	45%	94%	60%	49%
Rotação do Activo	478%	569%	719%	621%	324%	233%
Rendibilidade dos Capitais Próprios (ROE)	109%	25%	-51%	249%	75%	51%
INDICADORES FINANCEIROS	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Autonomia Financeira	-205%	-160%	-88%	34%	60%	72%
Solvabilidade Total	33%	38%	53%	151%	248%	357%
Cobertura dos encargos financeiros	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
INDICADORES DE LIQUIDEZ	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Liquidez Corrente	0,18	0,24	0,42	1,41	2,43	3,54
Liquidez Reduzida	0,09	0,12	0,21	0,89	1,98	3,07
INDICADORES DE RISCO NEGÓCIO	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Margem Bruta	1 000	5 284	9 653	16 305	20 427	25 435
Grau de Alavanca Operacional	-17%	-292%	387%	180%	152%	138%
Grau de Alavanca Financeira	100%	100%	100%	100%	100%	100%

5.5.10. Avaliação

Em função do projeto descrito inicialmente e das previsões efetuadas nos quadros de projeções financeiras acima é possível realizar uma avaliação ao projeto que se pretende desenvolver. Assim, apesar das dificuldades que parecem existir principalmente nos dois primeiros anos, o projeto parece viável pois apresenta uma rentabilidade positiva interessante. Na perspetiva do investidor, para o projeto em análise constata-se que o seu valor atual líquido é de 28 737 euros, o que permite obter uma taxa interna de rentabilidade de 43,11%, sendo que o investimento efetuado é recuperado no período de 4 anos.

Tabela 5.15 - Avaliação do projeto.

Valor Actual Líquido (VAL)	28 737
Taxa Interna de Rentabilidade	43,11%
Pay Back period	4 Anos

Desta forma, pode-se então concluir pela viabilidade do projeto, pelo que fará sentido pensar em levar a cabo a sua efetiva implementação.

Para finalizar, devo referir que o promotor do projeto está disponível para estudar alternativas de financiamento ao projeto, nomeadamente no que se refere à possibilidade de conversar com *Business Angels* que possam alavancar a atividade num ritmo de crescimento mais acelerado, situação que não foi contemplada neste projeto.

Capítulo 6

6. Conclusões e trabalhos futuros

6.1. Conclusões

Esta dissertação tinha como principais objetivos projetar e programar um sistema de controlo de solar térmico e como objetivo secundário, o desenvolvimento de um plano de negócio de uma startup tecnológica, com aplicabilidade em Portugal. E para alcançar este objetivo, foi necessário selecionar os equipamentos para a execução do projeto, seguindo-se da respetiva montagem, programação do Arduino e testes para a otimização do sistema. Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que os objetivos inicialmente propostos foram atingidos.

Com isto, o resultado deste projeto foi a instalação de um sistema solar térmico de circulação forçada, controlado por uma interface móvel (verificando o estado do sistema a partir de qualquer dispositivo com acesso à internet), monitorando a temperatura nos pontos desejados, através do sensor de temperatura DS18B20, um sensor bastante versátil e que com seu encapsulamento a prova de água, possibilitando a medição de forma mais segura. E tudo isto, graças a um sistema utilizando a plataforma Arduino. Através do sistema Arduino é possível realizar inúmeras experiências e projetos IoT (Internet das Coisas), tanto para testar os equipamentos, como o seu bom funcionamento, melhorar a eficiência, tornar o sistema mais seguro e confiável, utilizando ferramentas de baixo custo para controle de sistemas relativamente complexos. Com a interface gráfica utilizada e configurada, verificou-se uma grande facilidade de comando do sistema, mostrou-se bastante eficiente e didática no que diz respeito aos comandos desenvolvidos para ligar e desligar o relé de apoio e o relé da bomba. Por sua vez o Arduino permitiu que fosse possível a automação do solar térmico, pois possui um sistema modular constituído por *Shields* que pode ser adaptado conforme a necessidade de utilização. O sistema funcionou sempre, entretanto, é recomendado fazer chamadas API no máximo uma vez a cada dez minutos para obter o estado do tempo atual, isto se deve ao fato de os dados climatéricos no sistema do site OpenWeatherMap serem atualizadas não mais de que uma vez a cada dez minutos.

É de realçar a importância do uso de impressão 3D nestes tipos de projetos, visto que é uma tecnologia que tem evoluído com o passar do tempo, possibilitando assim o desenho e a impressão de peças ou adaptações, que trazem maior qualidade, customização e inovação ao seu produto.

A ideia de um negócio lucrativo no setor energético é fundamentada pela criação de um plano de negócio, constatando ser rentável em Portugal e não só. Por exemplo, Cabo Verde como país insular apresenta enorme potencial para o investimento no sector solar térmico.

Finalmente, a nível pessoal este projeto foi são bastante enriquecedor do ponto de vista a conhecer melhor os sistemas e não só em teoria, mas também na prática, onde surgem imprevistos, além do incentivo próprio de sempre buscar consolidar ideias em diferentes áreas da Engenharia.

6.2. Trabalhos futuros

Futuramente, e no seguimento deste trabalho, pode-se alterar a ligação da placa Arduino via cabo de rede RJ45 por uma ligação via rede wireless, para uma maior facilidade na instalação e não necessitando de um cabeamento específico para isto, ou simplesmente trocar a placa Arduino por uma placa já com comunicação WiFi e Bluetooth como por exemplo uma placa ESP32, representada na Figura 6.1.



Figura 6.1 - Exemplo de um placa ESP32 [58].

O próximo passo na evolução deste estudo/projeto será a aplicabilidade do sistema de controlo desenvolvido, em sistemas solares térmicos reais. Para tal, sugere-se uma aplicabilidade semelhante à realizada neste trabalho, no sistema solar térmico que se encontra no LMCM, assim representado na Figura 6.2.

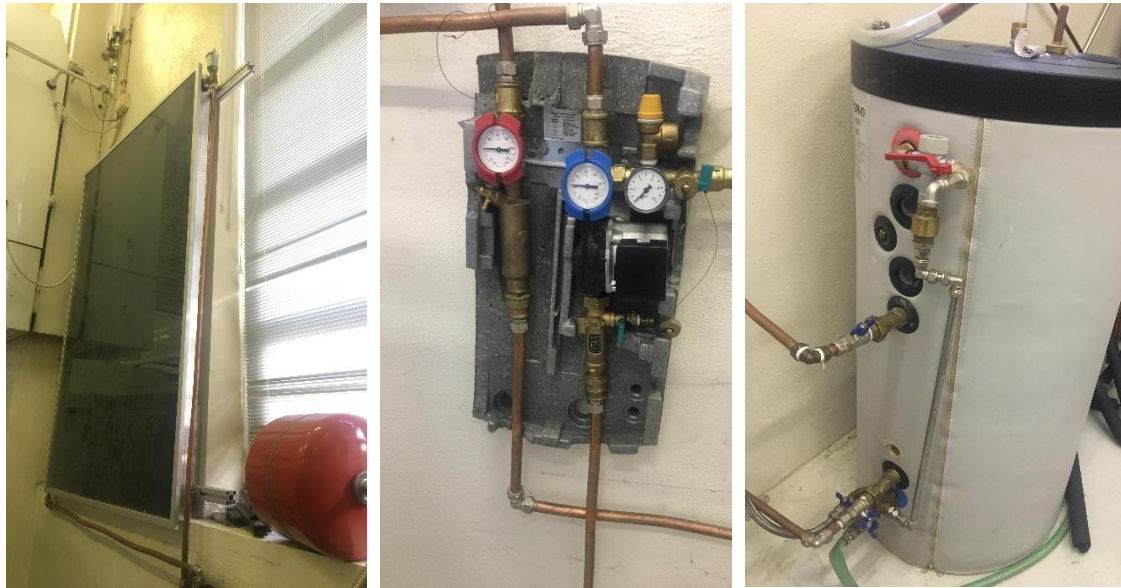


Figura 6.2 - Sistema solar térmico no LMCM.

Referências bibliográficas

- [1] L. Gil, L. Basilio, I. Cabrita, G. Torres, and M. R. Costa, “Situação do solar térmico em Portugal” *Renov. Mag. - Rev. Técnico-Profissional Energias Renov.*, vol. 30, 2017.
- [2] I. E. Agency, *Solar energy perspectives*, 2011.
- [3] P. S. Moura, “Metodologias e Tecnologias para a Integração em Larga Escala de Fontes Renováveis Intermitentes” 2010.
- [4] R. D. Salim, “Manufacturing Procedure of a Hybrid Design of Solar Collector (Sterilization and Water Heating) by Solar and Electrical Energy,” *ICOASE 2018 - Int. Conf. Adv. Sci. Eng.*, pp. 353–356, 2018.
- [5] K. Mahboob, M. M. Aslam, A. Qaddus, A. Ahmad, U. Mushtaq, and A. Khan, “Design and Analysis of Tower Structure for Solar Thermal Power Plant” *ICECE 2018 - 2018 2nd Int. Conf. Energy Conserv. Effic. Proc.*, pp. 30–36, 2018.
- [6] Ashrae, “Ashrae Handbook 2015 - Hvac Applications: SI Edition”, 2015.
- [7] M. A. P. Mahmud, N. Huda, S. H. Farjana, and C. Lang, “Environmental impacts of solar-photovoltaic and solar-thermal systems with life-cycle assessment” *Energies*, vol. 11, 2018.
- [8] S. Rashidi, M. Hossein Kashefi, and F. Hormozi, “Potential applications of inserts in solar thermal energy systems – A review to identify the gaps and frontier challenges” *Sol. Energy*, vol. 171, pp. 929–952, 2018.
- [9] B. B. de O. Neto, P. de F. Monteiro, and S. L. M. de Queiroga, “Aplicabilidade dos Microcontroladores em Inovações Tecnológicas” *Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*. p. 6, 2012.
- [10] T. P. Benito, “Práticas de energia solar térmica.”, 2010
- [11] R. Shukla, K. Sumathy, P. Erickson, and J. Gong, “Recent advances in the solar water heating systems: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 19, pp.

- 173–190, 2012.
- [12] M. Schnauss, K.-H. Remmers, and F. A. Peuser, *Solar Thermal Systems*. 2002.
- [13] “Enrepo - Home.” [Online]. Available: <https://www.enrepo.com/>. [Accessed: 13-May-2019].
- [14] S. N. Boemi, O. Irulegi, and M. Santamouris, “Energy Performance of Buildings: Energy efficiency and built environment in temperate climates” *Energy Performance of Buildings: Energy Efficiency and Built Environment in Temperate Climates*, pp. 1–543, 2015.
- [15] I. de S. e Qualidade, “Projectistas De Sistemas De Energia Solar Térmica.” pp. 1–160.
- [16] S. A. Kalogirou, *Solar thermal collectors and applications*, vol. 30, 2004.
- [17] Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial ; Instituto de Tecnologias Energéticas, “Solar Térmico” 1999.
- [18] “Solarbayer.” [Online]. Available: <https://www.solarbayer.de/>. [Accessed: 19-May-2019].
- [19] GREENPRO, *Energia Solar Térmica - Manual sobre Tecnologias, Projecto e Instalação*, 2004.
- [20] F. Niemezewski and T. F. Manea, “Estudo Comparativo da Utilização de Coletores Solares Planos e Tubulares para Aquecimento de água” vol. IV, pp. 93–100, 2012.
- [21] “Zantia - Inspired by confort.” [Online]. Available: <https://www.zantia.com/>. [Accessed: 05-May-2019].
- [22] “Cipriani Heat Exchangers.” [Online]. Available: <http://www.cipriani-phe.com/index.php>. [Accessed: 23-May-2019].
- [23] “www.vulcano.pt.” [Online]. Available: <https://www.vulcano.pt/consumidor/inicio/home>. [Accessed: 07-May-2019].

- [24] “Sanitop - Material sanitário, Lda.” [Online]. Available: <https://www.sanitop.pt/>. [Accessed: 07-May-2019].
- [25] “www.openplus.pt.” [Online]. Available: <https://www.openplus.pt/index.php/pt/produtos-pt/acessorios-pt/controladores-solares-pt/scop-bs-3-pt>. [Accessed: 09-May-2019].
- [26] A. Research, “ASHRAE HANDBOOK: HVAC Applications : I-P Edition.” 2003.
- [27] M. W. Diaz Saravia, R. Salvador, C. M. Palencia, and A. E. P. Zepeda, “Monitoring system for solar thermal station with IoT and M2M” *2017 IEEE 37th Cent. Am. Panama Conv. CONCAPAN 2017*, pp. 1–6, 2018.
- [28] A. Deshmukh, *Microcontrollers: Theory and Applications*. The McGraw- Hill companies, 2005.
- [29] “Arduino - Home.” [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/>. [Accessed: 21-Jun-2019].
- [30] A. Bashir, M. Alhammadi, M. Awawdeh, and T. Faisal, “Effectiveness of using Arduino platform for the hybrid engineering education learning model” *2019 Adv. Sci. Eng. Technol. Int. Conf.*, pp. 1–6, 2018.
- [31] “Arduino Official Store | Boards Shields Kits Accessories.” [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/>. [Accessed: 02-Jul-2019].
- [32] D. W. LaSelle, “A low power control system optimized for solar thermal power generation” *Proc. 3rd IEEE Glob. Humanit. Technol. Conf. GHTC 2013*, pp. 135–141, 2013.
- [33] M. Banzi, *Getting Started with Arduino*, 2nd Edition, 2011.
- [34] T. Laberg, H. Aspelund, and H. Thygesen, *SMART HOME TECHNOLOGY Planning and management in municipal services*, 2005.
- [35] T. Adiono, S. F. Anindya, S. Fuada, K. Afifah, and I. G. Purwanda, “Efficient

- Android Software Development Using MIT App Inventor 2 for Bluetooth-Based Smart Home,” *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 105, pp. 233–256, 2019.
- [36] H. Kang, J. Cho, and H. Kim, “Application Study on Android Application Prototyping Method using App Inventor” *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 8, pp. 1–5, 2015.
- [37] R. Kowalczyk, Ł. Turczyński, and K. Żyła, “Comparison of App Inventor 2 and Java in Creating Personal Applications for Android on Example of a Notepad” *Adv. Sci. Technol. Res. J.*, vol. 10, no. 31, pp. 247–254, 2016.
- [38] “About Us | Explore MIT App Inventor.” [Online]. Available: <http://appinventor.mit.edu/explore/about-us.html#>. [Accessed: 25-Jun-2019].
- [39] M. Román González, “Aprender a Programar ‘Apps’ Como Enriquecimiento Curricular En Alumnado De Alta Capacidad” *Bordón. Rev. Pedagog.*, vol. 66, 2014.
- [40] X. Villamil, T. Guarda, and G. N. Quiña, “Agile software development for mobile applications and wireless interaction with hardware development board (Arduino)” pp. 3–7.
- [41] M. Z. Asghar, “Quizzes : Quiz Application Development Using Android-Based MIT APP Inventor Platform” vol. 7, pp. 43–54, 2016.
- [42] “Designer and Blocks Editor | Explore MIT App Inventor.” [Online]. Available: <https://appinventor.mit.edu/explore/designer-blocks.html>. [Accessed: 01-Jul-2019].
- [43] “Arduino Mega 2560 Rev3.” [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>. [Accessed: 31-Aug-2019].
- [44] “DS18B20 (Digital Temperature Sensor) and Arduino - Arduino Project Hub.” [Online]. Available: <https://create.arduino.cc/projecthub/TheGadgetBoy/ds18b20-digital-temperature-sensor-and-arduino-9cc806>. [Accessed: 30-Aug-2019].

- [45] “Arduino Ethernet Shield 2.” [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/arduino-ethernet-shield-2>. [Accessed: 31-Aug-2019].
- [46] “Arduino 4 Relays Shield.” [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/4-relays-shield>. [Accessed: 31-Aug-2019].
- [47] “Phywe Systeme - your leading Supplier of all products and services needed for teaching natural sciences, physics, biology and chemistry in schools, colleges and universities.” [Online]. Available: <https://www.phywe.com/en/>. [Accessed: 31-Aug-2019].
- [48] J.-Y. Tigli, “Middleware for Internet of Things - MQTT (Message Queuing Telemetry Transport),” vol. 33, 2016.
- [49] “Decreto-Lei 80/2006, 2006-04-04 - DRE.” [Online]. Available: <https://dre.pt/pesquisa/-/search/672456/details/normal?q=Decreto+Lei+80%2F2006>. [Accessed: 16-Jul-2019].
- [50] “O Instalador.” [Online]. Available: <https://oinstalador.com/noticia/id/352/O-mercado-Solar-Termico-em-Portugal>. [Accessed: 17-Jul-2019].
- [51] G. Energia, “Cabo Verde 50 % Renovável”, 2011.
- [52] “Portugal Distribuição da idade - População.” [Online]. Available: https://www.indexmundi.com/pt/portugal/distribuicao_da_idade.html. [Accessed: 19-Aug-2019].
- [53] “PORDATA - Rendimento médio disponível das famílias.” [Online]. Available: <https://www.pordata.pt/Portugal/Rendimento+m%C3%A9dio+dispon%C3%ADvel+das+fam%C3%ADlias-2098>. [Accessed: 19-Aug-2019].
- [54] “PORDATA - Despesas médias de consumo final das famílias: total e por tipo de bens e serviços.” [Online]. Available: <https://www.pordata.pt/Portugal/Despesas+m%C3%A9dias+de+consumo+final+das+fam%C3%ADlias+total+e+por+tipo+de+bens+e+servi%C3%A7os-768>. [Accessed: 19-Aug-2019].

- [55] “Observatório Solar Térmico | 2015.”
- [56] “Conduclim.” [Online]. Available: <http://www.conduclim.pt/pt/>. [Accessed: 20-Aug-2019].
- [57] I. P. IAPMEI – Agência para a Competitividade e Inovação, “Como elaborar um Plano de Negócios - Guia Explicativo” p. 41, 2016.
- [58] “Overview | Espressif Systems.” [Online]. Available: <https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32-devkitc/overview>. [Accessed: 11-Oct-2019].

Anexo

Anexo I – Código dos dados de temperatura dos sensores

```
#include <OneWire.h> //Inclui a biblioteca onewire
#include <DallasTemperature.h> //Inclui a biblioteca dallas

// Sensores de temperatura
OneWire oneWirepainelEntrada (9); // sensor liga no pino 9 do Arduino
OneWire oneWirepainelSaida (5); // sensor liga no pino 5 do Arduino
OneWire oneWiretank (6); // sensor liga no pino 6 do Arduino

DallasTemperature sensorspainelEntrada(&oneWirepainelEntrada); // sensor a entrada do painel
DallasTemperature sensorspainelSaida(&oneWirepainelSaida); // sensor a saida do painel
DallasTemperature sensorstank(&oneWiretank); // sensor do reservatório

void setup ()
{
  sensorspainelEntrada.begin();
  sensorspainelSaida.begin();
  sensorstank.begin();
  void loop()
  {

    sensorspainelEntrada.requestTemperatures();
    sensorspainelSaida.requestTemperatures ();
    sensorstank.requestTemperatures();
    painelEntradaTemp = sensorspainelEntrada.getTempCByIndex(0);
    painelSaida = sensorspainelSaida.getTempCByIndex (0);
    tankTemp = sensorstank.getTempCByIndex(0);

    Serial.println("-----");
    Serial.print("Temperatura na ENTRADA do Painel: ");
    Serial.println(painelEntradaTemp);
    Serial.print("Temperatura na SAIDA do Painel: ");
    Serial.println(painelSaida);
    Serial.print("Temperatura do RESERVATORIO: ");
```

```
Serial.println(tankTemp);
Serial.println("-----");
delay(100);
}
```

Anexo II – Código para obter dados do tempo atual

```
#include <Ethernet.h>
#include <SPI.h>

// Name address for Open Weather Map API
const char *server = "api.openweathermap.org";

// Replace with your unique URL resource
const char *resource = "/data/2.5/weather?q=Lisbon&units=metric,pt&APPID=cd1ee9056fa7a1a788dca2effbfb3ad7";

const unsigned long HTTP_TIMEOUT = 10000; // max response time from server
const size_t MAX_CONTENT_SIZE = 512; // max size of the HTTP response

byte mac[] = {0x90, 0xA2, 0xDA, 0x10, 0x54, 0x7F};
//IPAddress ip( 192,168,199,200);

// The type of data that we want to extract from the page
struct clientData
{
  String skyCondition;
};

bool getWeatherData = true;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial)
  {
```

```

    ; // wait for serial port to initialize
  }
  Serial.println("Serial ready");
  if (Ethernet.begin(mac) == 0)
  {
    Serial.println("Failed to configure Ethernet");
    return;
  }
  Serial.println("Ethernet ready");
  delay(1000);
}

void loop()
{
  if (getWeatherData)
  {
    getWeather();
  }

  wait();
}

void getWeather()
{
  if (connect(server))
  {
    if (sendRequest(server, resource) && skipResponseHeaders())
    {
      clientData clientData;

      if (readReponseContent(&clientData))
      {
        extractClientData(&clientData);
      }
    }
  }
}

```

```
}  
  
}  
  
disconnect();  
  
getWeatherData = false;  
  
}
```

Anexo III – Código para comunicação entre os dispositivos(*MQTT*) e acionamento dos relés

```
#include <ArduinoJson.h>  
#include <Ethernet.h>  
#include <SPI.h>  
#include <PubSubClient.h>  
  
const int releBomba = 4; // aciona o rele 1  
const int releApoio = 7; // aciona o rele 2  
  
float painelEntradaTemp ;  
float painelSaida;  
float tankTemp ;  
  
char receivedChar = '3';  
  
//Variaveis de Mqtt  
EthernetClient client2;  
PubSubClient mqttClient(client2);  
  
IPAddress mqttServer(193, 136, 195, 56);  
  
//Mqtt setCallback  
void subscribeReceive(char *topic, byte *payload, unsigned int length);
```

```

void loop()
{
  setupMqtt();
}

if (receivedChar == '0')
{
  ligarSolar();
}
else if (receivedChar == '1')
{
  ligarApoio();
}
else if (receivedChar == '2')
{
  automatico();
}
else
{
  semFuncao();
}
}

void getWeather()
{
  if (connect(server))
  {
    if (sendRequest(server, resource) && skipResponseHeaders())
    {
      clientData clientData;
      if (readReponseContent(&clientData))
      {
        extractClientData(&clientData);
      }
    }
  }
  disconnect();
}

```

```

    getWeatherData = false;
}

void setupMqtt()
{
    mqttClient.setServer(mqttServer, 1883);
    //
    // // Attempt to connect to the server with the ID "myClientID"
    if (mqttClient.connect("androidSendMessages"))
    {
        Serial.println("Connection has been established, well done");
        //
        // // Establish the subscribe event
        mqttClient.setCallback(subscribeReceive);
    }
    else
    {
        Serial.println("Looks like the server connection failed...");
    }

    // Arduino "subscribe" em SolartermicoOut no mqtt e "publish" testando solar termico
    //Attempt to publish a value to the topic "MakerIOTopic"
    char copy[4];
    String(radiacao).toCharArray(copy, 4);
    if (mqttClient.publish("androidSendMessages", copy))
    {
        Serial.println("Publish message success");
    }
    else
    {
        Serial.println("Could not send message :(");
    }

    // This is needed at the top of the loop!
    mqttClient.loop();

    // Ensure that we are subscribed to the topic "MakerIOTopic"

```

```

mqttClient.subscribe("androidReceiveMessages");

delay(4000);
}

void subscribeReceive(char *topic, byte *payload, unsigned int length)
{
  // Print the topic
  Serial.print("Topic: ");
  Serial.println(topic);

  // Print the message
  Serial.print("Message: ");

  receivedChar = (char)payload[0];
  Serial.println(receivedChar);

  // Print a newline
  Serial.println("");
}

void ligarSolar()
{
  Serial.println("ligarSolar");

  if ( radiacao = ceuLimpo) {
    digitalWrite(releBomba, HIGH);
  } else {
    digitalWrite(releBomba, LOW);
  }
  delay(200);

  if (tankTemp >= 45)
    digitalWrite(releBomba, LOW);
}

```

```

}

void ligarApoio()
{
  Serial.println("ligarApoio");

  if ( radiacao = diaChuvoso){
    digitalWrite(releApoio, HIGH);
  } else {
    digitalWrite(releApoio, HIGH);
    digitalWrite(releBomba, HIGH);
  }

  delay(200);

  if (tankTemp >= 45)
    digitalWrite(releApoio, LOW);
    digitalWrite(releBomba, LOW);

  }

void automatico()
{

  if (tankTemp < 45) {
    if ( (radiacao = diaChuvoso) || (radiacao = diaComNuvem)) {
      digitalWrite(releApoio, HIGH);
      digitalWrite(releBomba, HIGH);
    } else {
      digitalWrite(releApoio, LOW);
      digitalWrite(releBomba, HIGH);
    }
  }

  Serial.println("automatico");
}

```

```

}

void semFuncao()
{
  Serial.println("semFuncao");
  digitalWrite(releApoio, LOW);
  digitalWrite(releBomba, HIGH);
}

// Open connection to the HTTP server
bool connect(const char *hostName)
{
  Serial.print("Connect to ");
  Serial.println(hostName);

  bool ok = client.connect(hostName, 80);

  Serial.println(ok ? "Connected" : "Connection Failed!");
  return ok;
}

// Send the HTTP GET request to the server
bool sendRequest(const char *host, const char *resource)
{
  Serial.print("GET ");
  Serial.println(resource);

  client.print("GET ");
  client.print(resource);
  client.println(" HTTP/1.1");
  client.print("Host: ");
  client.println(host);
  client.println("Connection: close");
  client.println();
}

```

```

return true;
}

// Skip HTTP headers so that we are at the beginning of the response's body
bool skipResponseHeaders()
{
    // HTTP headers end with an empty line
    char endOfHeaders[] = "\r\n\r\n";

    client.setTimeout(HTTP_TIMEOUT);
    bool ok = client.find(endOfHeaders);

    if (!ok)
    {
        Serial.println("No response or invalid response!");
    }
    return ok;
}

bool readResponseContent(struct clientData *clientData)
{
    // Compute optimal size of the JSON buffer according to what we need to parse.
    // See https://bblanchon.github.io/ArduinoJson/assistant/
    const size_t bufferSize = JSON_ARRAY_SIZE(1) + JSON_OBJECT_SIZE(1) + 2 * JSON_OBJECT_SIZE(2) + JSON_OBJECT_SIZE(4) + JSON_OBJECT_SIZE(5) + JSON_OBJECT_SIZE(6) + JSON_OBJECT_SIZE(12) + 390;
    DynamicJsonBuffer jsonBuffer(bufferSize);

    JsonObject &root = jsonBuffer.parseObject(client);

    if (!root.success())
    {
        Serial.println("JSON parsing failed!");
        return false;
    }

    // Here were copy the strings we're interested in using to your struct data
    //strcpy(clientData->skyCondition, root["weather"]["main"]);

```

```

clientData->skyCondition = root["weather"][0]["main"].asString();
// It's not mandatory to make a copy, you could just use the pointers
// Since, they are pointing inside the "content" buffer, so you need to make
// sure it's still in memory when you read the string

return true;
}

// Print the data extracted from the JSON
void extractClientData(const struct clientData *clientData)
{
if (clientData->skyCondition == "Thunderstorm" ||
    clientData->skyCondition == "Drizzle" ||
    clientData->skyCondition == "Rain" ||
    clientData->skyCondition == "Snow")
{
    radiacao = diaChuvoso;
}
else if (clientData->skyCondition == "Clear")
{
    radiacao = ceuLimpo;
}
else if (clientData->skyCondition == "Clouds")
{
    radiacao = diaComNuvem;
}
else
{
    radiacao = diaComNuvem;
}

Serial.print("Sky Condition = ");
Serial.println(clientData->skyCondition);
Serial.print("Radiacao = ");
Serial.println(radiacao);
}

```

```
// Close the connection with the HTTP server
```

```
void disconnect()
```

```
{
```

```
  Serial.println("Disconnect");
```

```
  client.stop();
```

```
}
```

```
// Pause for a 1 minute
```

```
void wait()
```

```
{
```

```
  Serial.println("Wait 60 seconds");
```

```
  // delay(60000);
```

```
  delay(5000);
```

```
}
```