

Diogo Filipe Marques Lopes Nº16326
Vasco Alexandre dos Santos Silva Nº18037

Um Ponto de Água Solar na Rede de Combate aos Incêndios Florestais

Projeto de Licenciatura
Engenharia Eletrotécnica

Prof. Doutor Edmundo Marques

Julho 2023



"A persistência é o caminho do êxito."

Charles Chaplin

RESUMO

O objetivo deste projeto procura demonstrar que é possível gerir e manter ativo um recurso essencial à vida, a água, por meio de uma tecnologia simples, de baixo custo e com pouca necessidade de manutenção. A proposta é utilizar a energia solar para bombear e armazenar a água, visando tanto garantir o abastecimento durante os períodos de seca quanto contribuir para o combate aos incêndios rurais. Dessa forma, busca-se promover a sustentabilidade ambiental e aumentar a eficiência operacional dos recursos empregues no combate aos fogos.

O Ponto de Água Solar é uma estrutura que integra um painel solar fotovoltaico, uma bateria de armazenamento de energia e um sistema de bombeamento. Essa combinação permite o aproveitamento da energia solar de forma renovável e sustentável. A principal vantagem desse sistema é a independência energética o que resulta numa redução significativa da dependência de combustíveis fósseis ou da rede elétrica convencional. Essa característica torna-o especialmente adequado para ser implementado em zonas remotas e desprovidas de acesso à rede elétrica. Com essa solução, é possível garantir o abastecimento de água de forma autónoma, preservando os recursos naturais e contribuindo para a eficiência operacional do combate aos incêndios rurais.

Este relatório estrutura-se da seguinte forma: no capítulo introdutório, é abordado o tema dos incêndios florestais e as suas consequências; a falta de água, a seca e a questão dos poços e outros pontos de água abandonados; diferentes fontes de energia renovável. Nos capítulos subsequentes, é apresentada uma abordagem mais prática, na qual são descritos os componentes utilizados, o processo de elaboração e os resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS

O projeto é o resultado de um percurso académico que não teria sido possível realizar sem o precioso apoio e colaboração de várias pessoas às quais desejamos expressar os nossos sinceros agradecimentos por nos terem ajudado.

Agradecemos à instituição que tornou possível a realização deste projeto, a Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu.

Dirigimos também um agradecimento ao Professor Doutor Edmundo Marques, nosso orientador, não só pelos riquíssimos conhecimentos que soube ministrar e que, em parte, contribuíram para o sucesso deste projeto, como também pela oportunidade, disponibilidade e atenção.

Agradecemos a todos os docentes por todos os conhecimentos, dedicação e contributo transmitidos ao longo do nosso curso de Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica.

Queremos agradecer também de forma especial a todos os familiares e amigos que, direta ou indiretamente, influenciaram este percurso académico, através do seu companheirismo e amizade.

INDICE GERAL

RESUMO	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
INDICE GERAL	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLA	x
1.INTRODUÇÃO	8
1.1 Portugal e os incêndios rurais.....	9
1.1.2 Histórico de incêndios em Portugal e sua evolução ao longo dos anos.	10
1.2 Escassez de água em Portugal.....	12
1.2.1 Poços e pontos de água abandonados.....	13
1.3 Energias de fontes renováveis	14
1.3.1 Energia Solar	15
1.3.2 Energia solar fotovoltaica.....	16
1.3.3 Distribuição da radiação solar em Portugal.....	17
1.4.3 Orientação do PV	18
2. Metodologia e conceção	21
2.1 Painel fotovoltaico	21
2.1.1 Corrente e tensão.....	23
2.1.2 Fator de Radiação.....	25
2.1.3 Fator de Temperatura	25
2.1.4 Rendimento	27
2.2 Bateria	28
2.3 Regulador de Carga.....	29
2.4 Boia de nível	29
2.5 Bomba de água.....	30
3. RESULTADOS	31
3.1. Discussão de resultados.....	35
4. Conclusão	36
5. Trabalhos Futuros.....	37
Referências.....	38
Anexo 1.....	41
Anexo 2.....	42

Anexo 3.....	43
Anexo 4.....	44
Anexo 5.....	45
Anexo 6.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ocupação predominante do solo[3] (Adaptado de Regimes de fogo em Portugal Continental, CEF.).....	9
Figura 2 - Evolução do número total de incêndios rurais 2001-2022 (Adaptado de Balanço 2018-2022, AGIF).....	11
Figura 3 - Poços abandonados.....	13
Figura 4 - Balanço da Produção de Eletricidade de Portugal Continental (Adaptado de APREN, Balanço da Produção de Eletricidade em Portugal Continental).....	15
Figura 5 - Radiação Solar da Europa[21] (Adaptado de SOLARGIS)	17
Figura 6 - Radiação Solar Portugal [21] (Adaptado de SOLARGIS)	17
Figura 7 - Localização geográfica do projeto	18
Figura 8 - Ângulo inclinação do painel fotovoltaico.....	19
Figura 9 - Programa PVsyst	19
Figura 10 - Trajetória do sol ao longo do ano	20
Figura 11 - Esquema do projeto	21
Figura 12 - Modelo célula fotovoltaica	22
Figura 13 -Curvas características I-V e P-V das células fotovoltaicas	24
Figura 14 -Efeito causado pela variação de intensidade luminosa.....	25
Figura 15 -Efeito causado pela temperatura na célula	26
Figura 17 - Regulador de carga.....	29
Figura 18 - Boia de nível.....	29
Figura 19 - Esquema funcionamento boia.....	29
Figura 20 - Bomba de água	30
Figura 21 - Variação da radiação ao longo do dia.....	33
Figura 22 - Variação da potência ao longo do dia.....	34
Figura 23 - Variação do caudal ao longo do dia	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características Painel fotovoltaico	27
Tabela 2 - Características Bomba de água	30
Tabela 3 - Média dos dias analisados para uma altura máxima de funcionamento de 3.18m....	31
Tabela 4 - Volume de água extraído pela bomba para o reservatório	32
Tabela 5 - Total de Incêndios por ano Portugal Continental[10]	41
Tabela 6 - Lista de componentes do projeto.....	42
Tabela 7 - Valores medidos dia 1	43
Tabela 8 - Valores medidos dia 2.....	43
Tabela 9 - Valores medidos dia 3.....	44
Tabela 10 - Valores medidos dia 4.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLA

RFCI- Rede de Defesa da Floresta contra Incêndios

ICNF-Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

AGIF-Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais

APA-Agência Portuguesa do Ambiente

IPMA-Instituto Português do Mar e Atmosfera

CEF-Centro de estudos florestais

APREN- Associação de Energias Renováveis

1. INTRODUÇÃO

Portugal, com 3.2 milhões de hectares de floresta, cerca de 36% do território nacional (figura 1)[1] e sendo um país com verões quentes e secos (condições favoráveis para a ocorrência e propagação de fogos), é por consequência um país que sofre bastante com o problema dos incêndios rurais, com tendência para permanecer em seca extrema durante vários períodos do ano e, conseqüentemente para além do aumento do risco de incêndio, as perdas associadas às explorações agroflorestais. Apesar dos esforços por parte do governo e das entidades responsáveis ao longo dos últimos anos para uma redução e prevenção do risco, e mesmo com a redução da taxa de área ardida[2], ainda há muito a ser feito no que diz respeito a esta matéria.

É comum encontrar, em florestas e campos agrícolas abandonados, poços, nascentes, poças e outras fontes de água abandonadas, cobertas por vegetação infestante. Essas estruturas naturais possuem um potencial hídrico original e desempenham um papel essencial nas atividades agroflorestais. Além disso, elas poderiam ser aproveitadas como recursos adicionais no combate aos incêndios rurais. No entanto, na maioria dos casos, essas fontes de água estão subutilizadas e negligenciadas.

É crucial que essas fontes de água abandonadas sejam reconhecidas e valorizadas pelos órgãos responsáveis. Devem ser adotadas medidas para sua preservação, limpeza e utilização adequada, a fim de aproveitar o seu potencial hídrico para as atividades agroflorestais e como recursos auxiliares no combate aos incêndios rurais. É necessário um esforço conjunto entre as entidades públicas e as comunidades locais para reverter essa situação e promover a gestão sustentável dessas fontes de água abandonadas.

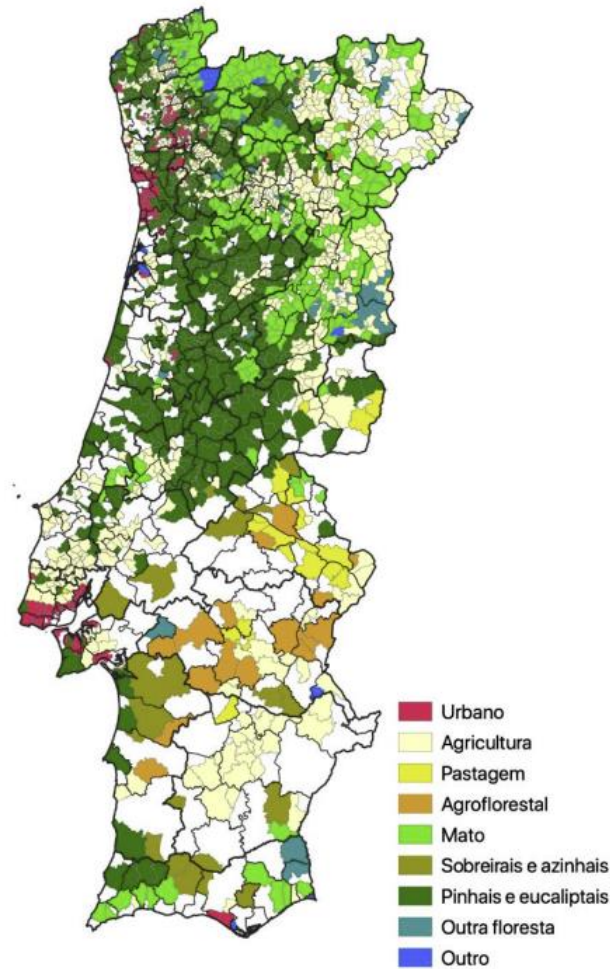


Figura 1 - Ocupação predominante do solo[3] (Adaptado de Regimes de fogo em Portugal Continental, CEF.)

1.1 Portugal e os incêndios rurais

Os incêndios florestais representam um dos principais desafios para a sustentabilidade da floresta e dos ecossistemas associados, provocando a sua degradação e desequilíbrio nos serviços económico-sociais e ambientais fornecidos. Além disso, têm uma relação direta com as alterações climáticas, uma vez que, para além da libertação de CO₂ em excesso durante a queima, também resultam na perda de árvores responsáveis pela produção de oxigénio. Esta combinação agravada de incêndios florestais e alterações climáticas contribui para um ciclo prejudicial, em que as mudanças climáticas aumentam a frequência e a intensidade dos incêndios, ao passo que os incêndios contribuem para a libertação adicional de gases de efeito estufa, a perda de biodiversidade e a degradação dos ecossistemas florestais. Para enfrentar estes desafios,

é fundamental adotar medidas efetivas de prevenção de incêndios, combate adequado aos incêndios, gestão sustentável da floresta e mitigação das alterações climáticas.[4]

A área total ardida anualmente apresenta uma grande variedade interanual muito relacionada com a severidade meteorológica verificada e apresenta uma tendência crescente a partir da década de 80.[5]

A mudança climática tem agravado este problema, com o aumento das temperaturas e a diminuição da precipitação, criando condições mais propícias para a ocorrência de incêndios.[6]

Os incêndios florestais em Portugal têm efeitos devastadores na biodiversidade, na economia e na sociedade. As florestas são destruídas, as casas são perdidas, e há perda de vidas humanas e de animais. Além disso, os incêndios rurais têm impactos económicos negativos, afetando o turismo e a produção agrícola.[7]

O governo português tem implementado várias medidas para combater o problema dos incêndios rurais, incluindo a criação de programas de prevenção de incêndios, a formação de equipas de combate a incêndios e a implementação de medidas de vigilância e alerta precoce.[8]

No entanto, ainda há muito a ser feito para prevenir e combater incêndios florestais em Portugal.

A intervenção humana pode desempenhar um papel decisivo na sua origem e na limitação do seu desenvolvimento.

1.1.2 Histórico de incêndios em Portugal e sua evolução ao longo dos anos.

Com base nos dados fornecidos pelas várias entidades responsáveis pela monitorização e registo dos incêndios rurais em Portugal, observa-se uma redução significativa no número total de incêndios, comparando os períodos de 2007-2017 e 2018-2022. Além disso, registou-se uma "tendência para redução de número médio de fogos em dias de maior perigosidade"(Balanço 2018-2022, AGIF)[9].

Essa melhoria pode ser atribuída ao reforço de recursos humanos, materiais e financeiros nessa área, conforme destacado pela AGIF. No entanto, é ressaltada a

necessidade de tomar medidas urgentes adicionais, enfatizando a importância de ação contínua e assertiva que envolva o Estado, o setor privado e a população em geral.

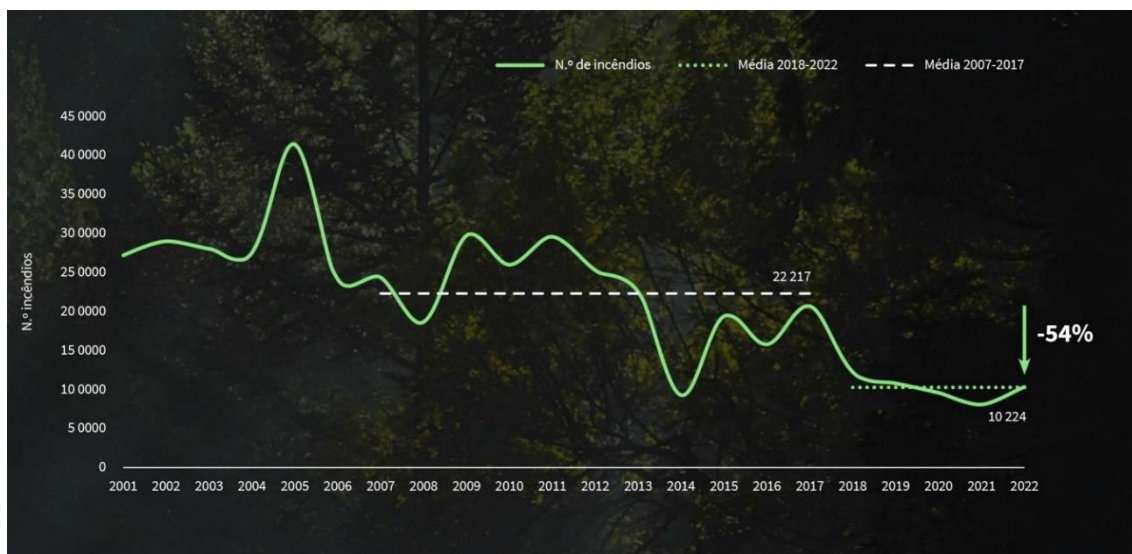
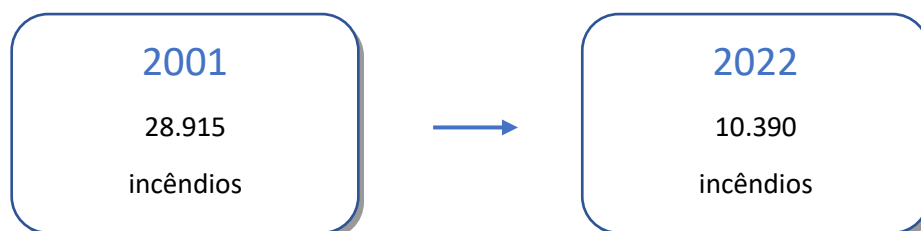


Figura 2 - Evolução do número total de incêndios rurais 2001-2022 (Adaptado de Balanço 2018-2022, AGIF)



Essa redução significativa no número de ocorrências de incêndios rurais nos últimos anos reflete os esforços conjuntos do governo e da população em relação à conscientização, prevenção e combate aos incêndios. É evidente que as medidas implementadas têm desempenhado um papel crucial nessa diminuição. No entanto, é necessário continuar a avançar e fortalecer essas ações para garantir a preservação e a segurança das áreas rurais do país.[9][10]

O programa nacional de ação 2020-2030, tem como objetivo: “identificar metas, dimensionar novos projetos, estimar orçamentos e clarificar a distribuição de responsabilidades, com 7000 M€ de orçamento até 2030”.(Balanço 2018-2022, AGIF)

1.2 Escassez de água em Portugal

Em Portugal, mais acentuado nos últimos anos devido em parte às alterações climáticas, nos meses de verão tem se deparado com o problema da falta de águas e abastecimento à população.

A frequência crescente de situações de seca meteorológica em Portugal Continental nas últimas décadas tem despertado preocupação, especialmente considerando a possibilidade de agravamento desses eventos devido às alterações climáticas. Esse contexto implica um aumento significativo do risco e da vulnerabilidade a essa fenomenologia, o que pode resultar em impactos cada vez mais intensos nas disponibilidades hídricas e, conseqüentemente, nos diversos usos desse recurso essencial, com particular destaque para o setor agrícola.[11]

A escassez de água decorrente da seca tem conseqüências que ultrapassam a dimensão ambiental, afetando também os âmbitos econômico e social. No setor agrícola, por exemplo, a falta de água adequada para irrigação compromete a produção e a qualidade dos cultivos, reduzindo os rendimentos dos agricultores e, por conseqüência, impactando negativamente a economia local e regional. Além disso, a escassez de água pode gerar conflitos entre os diversos setores que dependem desse recurso, bem como desafios sociais, como o acesso limitado à água potável e a necessidade de adotar medidas de racionamento.[11]

Perante este cenário, é fundamental adotar estratégias abrangentes e eficazes para lidar com a seca e minimizar os seus impactos. Isso inclui investimentos em infraestruturas de armazenamento e distribuição de água, como barragens, sistemas de captação de água da chuva e reutilização de águas residuais tratadas. Além disso, é crucial promover práticas agrícolas sustentáveis, como o uso eficiente da água, a diversificação de culturas resistentes à seca e o manejo adequado do solo.[12][13]

1.2.1 Poços e pontos de água abandonados

A Agência Portuguesa do Ambiente tem identificados 22.794 pontos de água subterrâneos[14]. No entanto, existem várias razões que podem explicar a disparidade entre esse valor e a realidade. Em primeiro lugar, a falta de um registo adequado das captações subterrâneas contribui significativamente para essa discrepância. Isso ocorre devido à falta de consciência sobre a obrigação de efetuar o registo, tentativas de evasão de obrigações fiscais e regulamentares, ou simples negligência.[15] Além disso, a complexidade logística de monitorar todas as captações subterrâneas em todo o país, sem contar com tecnologia apropriada e recursos suficientes, também é um desafio. A existência de captações subterrâneas ilegais, instaladas para contornar regulamentações ambientais e encargos financeiros, é outro problema relevante. Outros fatores que podem contribuir para essa discrepância estão relacionados a variações na definição do termo "captação subterrânea" e à possível desatualização dos dados disponíveis.



Figura 3 - Poços abandonados

Este projeto tem como ideia a captação de água de poços e pontos de água abandonados utilizando a energia solar como meio para a extrair. Este projeto tem um duplo propósito: combate a incêndios e suporte à agricultura, ambos elementos-chave na luta contra os efeitos de escassez de água na rede pública. Nos últimos anos, temos testemunhado um acentuado aumento das interrupções no abastecimento de água a nível nacional, forçando os bombeiros a transportar água para as barragens e reservatórios para garantir o fornecimento de água às populações.

O fenômeno crescente da escassez de água e as interrupções frequentes no abastecimento têm provocado uma crise de segurança hídrica no nosso país. Esta crise não só coloca em risco a disponibilidade de água para o consumo humano, como também impõe uma pressão adicional sobre os serviços de bombeiros, que têm agora a responsabilidade acrescida de abastecer as barragens e reservatórios.[16] Paralelamente a este cenário, existe uma quantidade significativa de poços e pontos de água abandonados, cujo potencial está a ser desperdiçado.

Com a execução deste projeto, pretendemos enfrentar estes desafios com uma solução inovadora e sustentável. Primeiramente, a utilização da energia solar, uma fonte de energia limpa e renovável, para extrair água de poços e pontos de água abandonados, pode aliviar a pressão sobre os serviços de bombeiros, eliminando a necessidade de transporte de água. Em segundo lugar, a água extraída pode ser usada para fins agrícolas e combate a incêndios.

1.3 Energias de fontes renováveis

As energias de fontes renováveis são recursos naturais, capazes de se regenerarem num curto espaço de tempo e de um modo sustentável. Ao contrário dos combustíveis fósseis, que são recursos finitos e poluentes, as energias renováveis são mais sustentáveis e amigas do meio ambiente uma vez que não emitem grandes quantidades de gases de efeito de estufa.

Existem várias energias de fontes renováveis que têm sido cada vez mais exploradas como alternativas viáveis aos combustíveis fósseis. Essas fontes de energia têm o potencial de diminuir a dependência de combustíveis não renováveis e ajudar a diminuir o impacto ambiental[17][18].

- Energia Solar
- Energia Eólica
- Energia Hídrica
- Energia Geotérmica
- Energia das Ondas e Marés
- Energia da Biomassa

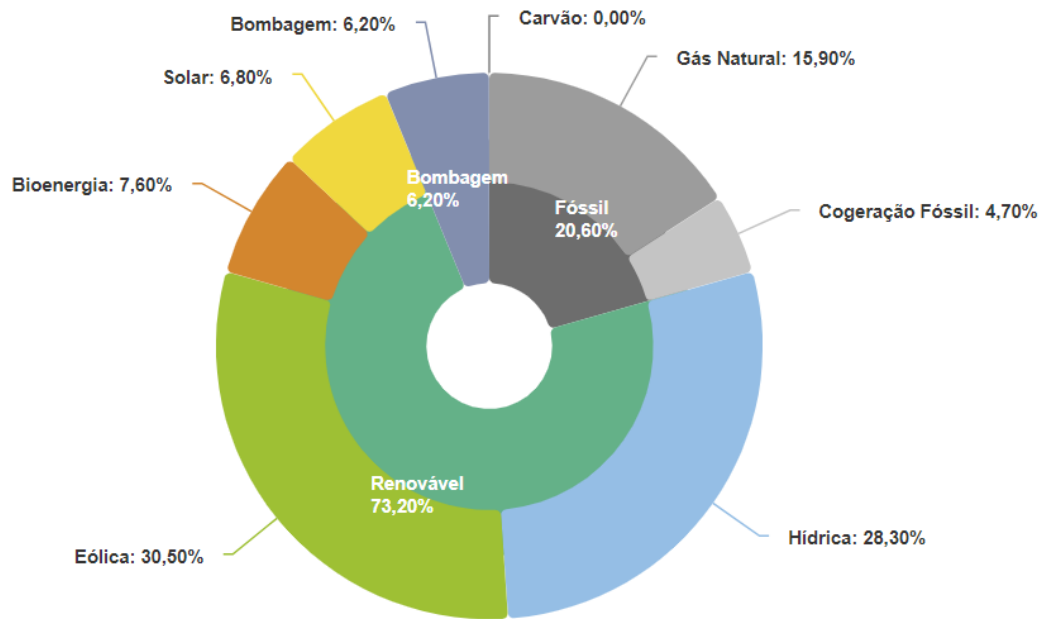


Figura 4 - Balanço da Produção de Eletricidade de Portugal Continental (Adaptado de APREN, Balanço da Produção de Eletricidade em Portugal Continental)

“Entre 1 de janeiro e 31 de maio de 2023 foram gerados 18 751 GWh de eletricidade em Portugal Continental, dos quais 73,2 % tiveram origem renovável.” (APREN, 2023)

1.3.1 Energia Solar

A energia solar é uma forma de energia associada à radiação do sol, que pode ser utilizada para gerar calor, desencadear reações químicas ou produzir eletricidade. A quantidade de energia solar disponível na Terra supera em muito as necessidades energéticas atuais e futuras do mundo. Quando aproveitada adequadamente, essa fonte de energia tem o potencial de satisfazer todas as necessidades futuras de energia.

A energia solar pode ser convertida em energia térmica ou elétrica. Ela representa a fonte de energia renovável mais limpa e abundante disponível, sendo um recurso de extrema importância a nível nacional. As tecnologias solares são capazes de aproveitar essa energia para uma variedade de usos, como a geração de eletricidade ou o aquecimento de água para uso residencial, comercial ou industrial.[19]

1.3.2 Energia solar fotovoltaica

Os painéis solares fotovoltaicos são compostos por células fotovoltaicas e podem ser utilizados em várias aplicações, edifícios, centrais de produção de eletricidade autônomas e dispositivos portáteis, como calculadoras, entre muitas outras aplicações. As células são feitas de materiais semicondutores. Quando a luz solar incide sobre as células, os elétrons são libertados dos seus átomos. À medida que os elétrons atravessam a célula, estes geram eletricidade. Esse processo permite a conversão direta da radiação solar em eletricidade, devido ao efeito fotovoltaico. Esse efeito ocorre quando uma diferença de potencial surge nas extremidades de uma estrutura de material semicondutor devido à absorção da luz.[20]

1.3.3 Distribuição da radiação solar em Portugal

Pela figura 5, é possível verificar que Portugal é um dos países da Europa com maior potencial de aproveitamento de energia.

Portugal, é sem dúvida, um país com uma radiação solar excelente (figura 6), podendo assim, com as tecnologias existentes no mercado, aproveitar esta radiação para inúmeras aplicações, de forma a diminuir o consumo energético nacional e, conseqüentemente, a dependência dos combustíveis fósseis.

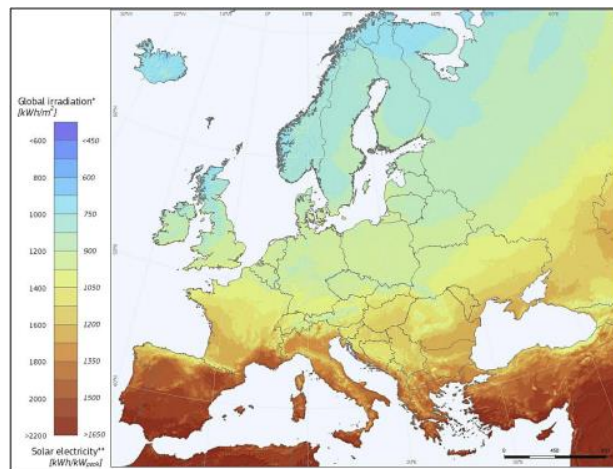


Figura 5- Radiação Solar da Europa[21] (Adaptado de SOLARGIS)

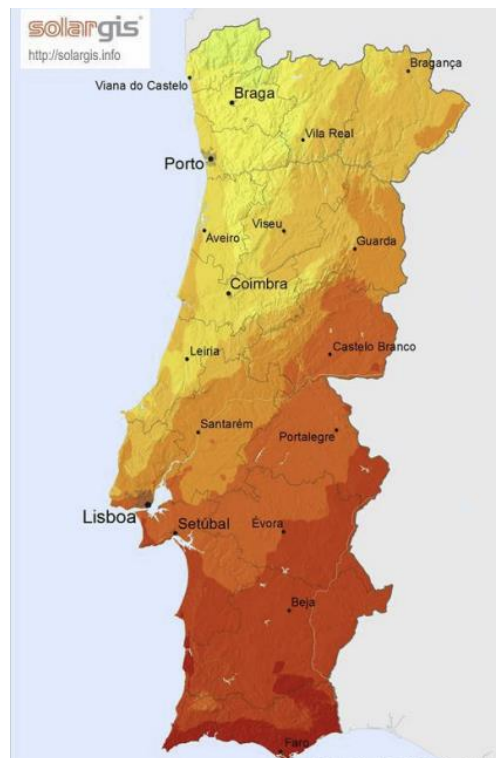


Figura 6- Radiação Solar Portugal [21] (Adaptado de SOLARGIS)

1.4.3 Orientação do PV

A ESTGV - Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu foi selecionada como o local ideal para a implementação deste projeto devido à sua privilegiada localização geográfica.(figura 7)

Coordenadas: 40°38'35.2"N 7°55'11.1"W



Figura 7 - Localização geográfica do projeto

Os painéis fotovoltaicos dependem da localização geográfica. Esta determina a quantidade de radiação solar que receberão. A disponibilidade e intensidade da luz solar ao longo do ano são afetadas pela latitude e pela posição geográfica. Ao instalar os painéis, é fundamental pensar na sua localização e modificar sua orientação e inclinação para maximizar a captação de energia solar e o desempenho do sistema fotovoltaico.

Na zona de Viseu, a orientação ideal dos painéis fotovoltaicos é semelhante à orientação geral do país, que é virada para sul. Esta orientação permite que os painéis possam extrair uma exposição máxima à radiação solar ao longo do dia .

Para obter a inclinação ideal para a época do Verão, Inverno ou para o ano inteiro deve fazer o seguinte[22]:

- Inclinação ideal no Verão: latitude -15°
- Inclinação ideal no Inverno: latitude +15°
- Inclinação ideal para o ano inteiro: latitude -5°

Tendo como objetivo do presente projeto funcionar durante todo o ano e para a localização de Viseu, através de um cálculo teórico a inclinação do painel para maior eficiência é de 35°.

De acordo com o programa PVsyst, a inclinação ideal para o painel funcionar o ano inteiro seria de 35.91° e um azimute de 0°, nesta inclinação pode ser concluir que o painel solar irá funcionar na sua máxima potência como se pode ver na figura 8 e 9, as perdas em relação ao ótimo são de 0%.

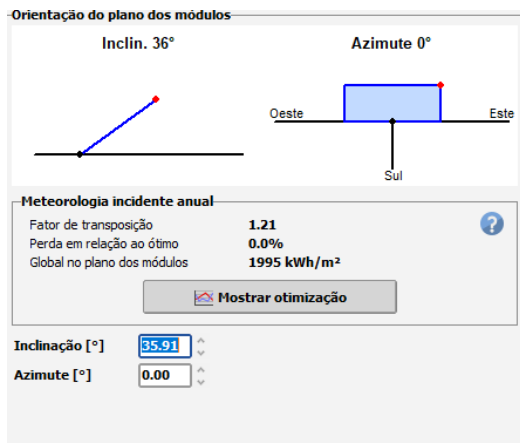


Figura 9 - Programa PVsyst



Figura 8 - Ângulo inclinação do painel fotovoltaico

Na figura 10, pode-se ver as várias altitudes do sol durante os vários meses do ano, o ponto mais alto que o sol consegue atingir é em 22 junho e o mínimo em 7 de dezembro.

Este tipo de gráfico é importante para compreender como a luz solar incide sobre a Terra em diferentes épocas do ano, o que tem implicações para a produção de energia solar, o clima e muitos outros fenômenos.

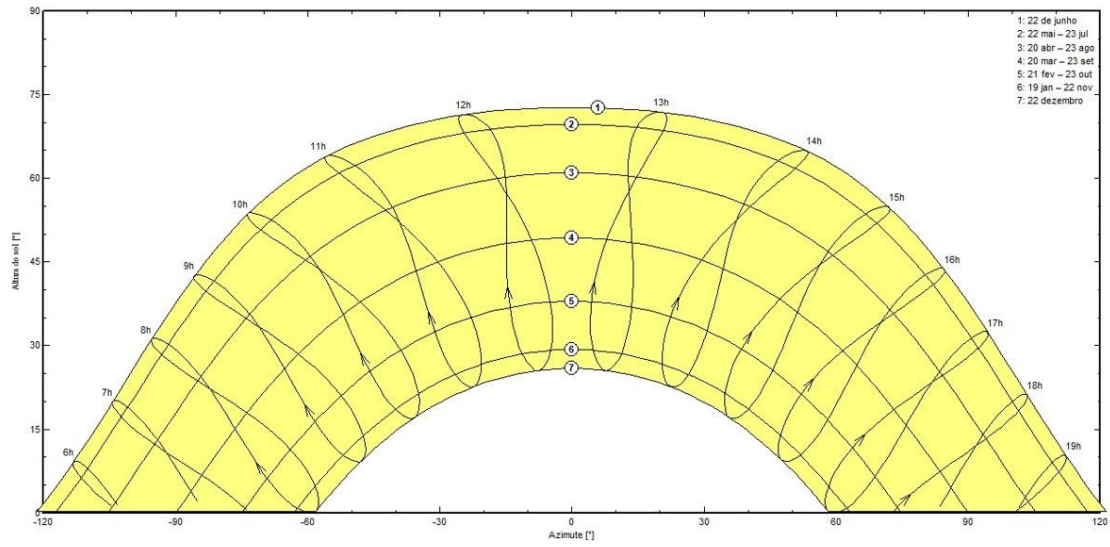


Figura 10 - Trajetória do sol ao longo do ano

2. Metodologia e concepção

Ponto de Água Solar na Rede do Combate aos Incêndios Florestais(figura 11), para a sua elaboração são necessários os seguintes elementos:

- Painel fotovoltaico (148.35 W)
- Bateria (12 V)
- Regulador de carga
- Bomba de água (12 V)
- Reservatório (150L)
- Boia de nível

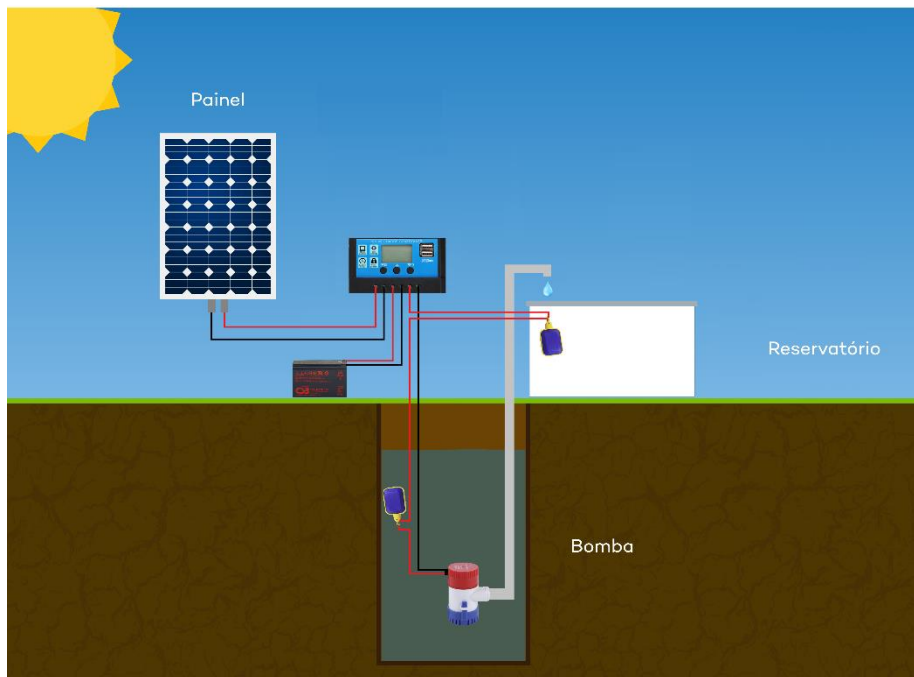


Figura 11 - Esquema do projeto

2.1 Painel fotovoltaico

Um painel fotovoltaico é composto por uma série de células fotovoltaicas, ligadas de forma a maximizar a tensão (em série) e a corrente (em paralelo). A potência de um painel fotovoltaico aumenta com o número de células, uma vez que a área disponível para captação da radiação solar se expande, resultando em uma maior produção de energia.

A célula fotovoltaica converte radiação em energia elétrica utilizando o processo conhecido como efeito fotovoltaico. Este fenômeno resulta na formação de uma diferença de potencial nas extremidades de uma estrutura semicondutora quando a luz é absorvida, gerando assim uma corrente elétrica. O silício é o material mais frequentemente utilizado na fabricação dessas células fotovoltaicas.[23][24]

A célula pode ser descrita através do circuito elétrico equivalente que se mostra na Figura 12.

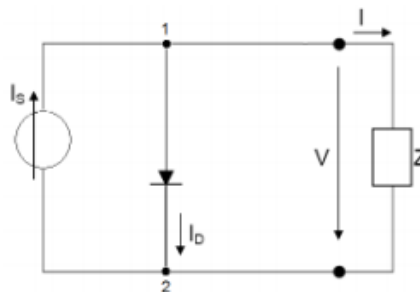


Figura 12 - Modelo célula fotovoltaica

A corrente I_s , gerada pelo efeito fotovoltaico, é representada como uma fonte de corrente. Ela é unidirecional e mantém-se constante sob uma radiação incidente.

Na célula, um diodo é atravessado pela corrente I_D , cujo esse valor é dependente da tensão V aplicada nos terminais da célula. A seguinte expressão define a corrente I_D :

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{V_{AK}}{mV_T}} - 1 \right)$$

- I_0 - Corrente inversa máxima de saturação do díodo
- V - Tensão os terminais da célula
- m – Fator de idealidade do díodo (díodo ideal: $m=1$; díodo real: $m>1$)
- V_T – designado por potencial térmico $V_T = KT/q$
 - K : constante de Boltzmann ($K = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)
 - T : temperatura absoluta da célula em K ($0^\circ\text{C} = 273,16 \text{ K}$)
 - q : carga elétrica do eletrão ($q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

A corrente que passa pela carga é:

$$I = I_S - I_D = I_S - I_0 \left(e^{\frac{V_{AK}}{mV_T}} - 1 \right)$$

2.1.1 Corrente e tensão

A expressão da corrente I_D reflete o comportamento típico de um díodo, resultando numa curva não linear entre a corrente e a tensão. A Figura 13 demonstra esta curva não linear.

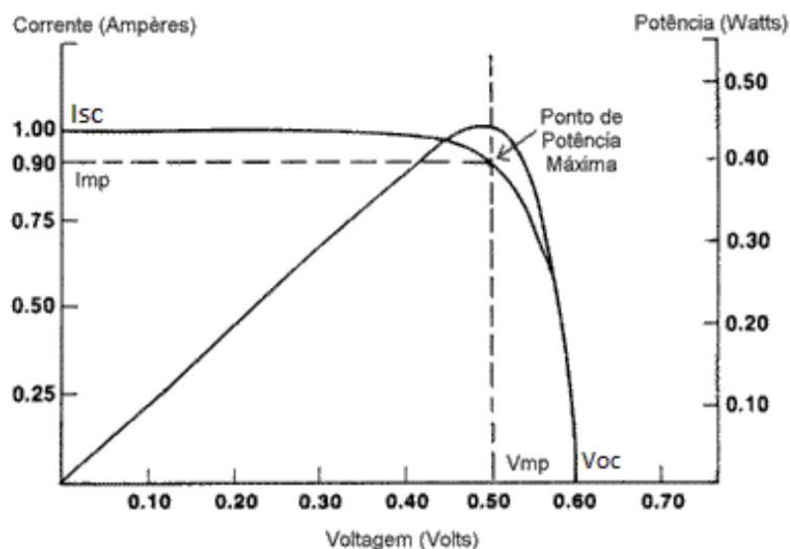


Figura 13-Curvas características I-V e P-V das células fotovoltaicas

A corrente de curto-circuito (I_{sc}) representa o valor máximo da corrente que pode ser fornecida pelo painel. Esta é equivalente à corrente produzida pelo efeito fotovoltaico e neste, a tensão é reduzida a zero.

$$V = 0; I_D = 0; I = I_S I_{sc}$$

O outro ponto de operação é a tensão em circuito aberto (V_{oc}). Nessa situação, a tensão máxima é observada nos terminais do painel, para uma corrente nula.

$$I = 0; V_{oc} = mV_T \ln \left(1 + \frac{I_S}{I_0} \right)$$

Os valores de I_{sc} e V_{oc} são características do painel fotovoltaico, em determinadas condições de radiação incidente e temperatura, dados fornecidos pelo fabricante. Estas condições tem o nome de STC (Standart Test Condition).

- Temperatura da célula, $\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- Irradiância incidente na célula, $G = 1000 \text{ W/m}^2$

2.1.2 Fator de Radiação

A radiação que incide no painel fotovoltaico, tem influência na corrente e por consequência, na potência debitada. A variação na radiação pode ser causada por mudanças ambientais tais como:

- Chuva;
- Nuvem passageira que faz uma sombra no painel fotovoltaico;
- Sombreamento (ex: arvores, edifícios, ...);

Logo, quanto menor a radiação incidente, menor a corrente gerada pelo efeito fotovoltaico (I_s), provocando uma diminuição da corrente de curto-circuito (I_{sc}), já que o valor de tensão de circuito aberto (V_{oc}), pouco varia com a variação da radiação de acordo com a figura 14.

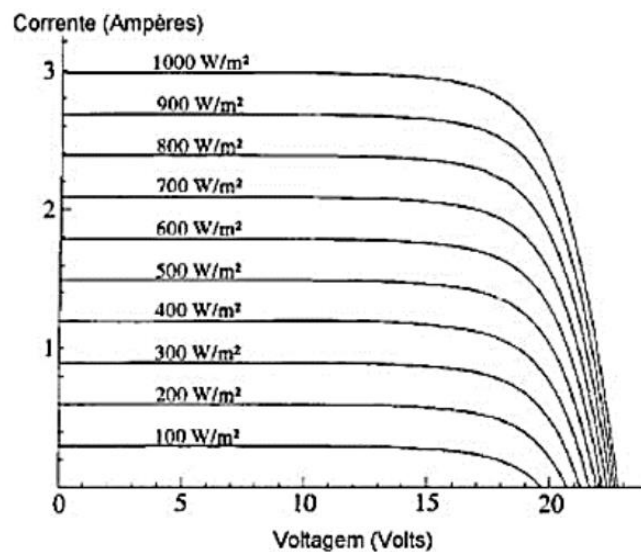


Figura 14-Efeito causado pela variação de intensidade luminosa

2.1.3 Fator de Temperatura

A temperatura das células que integram um painel fotovoltaico exerce um impacto considerável nas suas características elétricas. O aumento térmico dessas células está

relacionado com a temperatura ambiente, o que permite uma troca térmica entre ambos. Contudo, à medida que a temperatura ambiente aumenta, essa troca térmica torna-se cada vez mais difícil, resultando no aumento da temperatura da célula. A célula fotovoltaica geralmente apresenta uma temperatura superior à temperatura ambiente, uma vez que uma parte da radiação solar captada é convertida em calor.

A expressão seguinte permite relacionar a temperatura das células fotovoltaicas com a temperatura ambiente.

$$\theta_c = \theta_{amb} + \frac{G(NOCT-20)}{800}$$

Em que :

- G, é a radiação incidente na célula
- θ_{amb} é a temperatura ambiente em graus Celsius
- NOCT a temperatura de operação normal da célula.

Assim, é possível compreender o comportamento das grandezas elétricas do painel fotovoltaico, em função do aumento da temperatura das células fotovoltaicas, ilustradas na figura 15

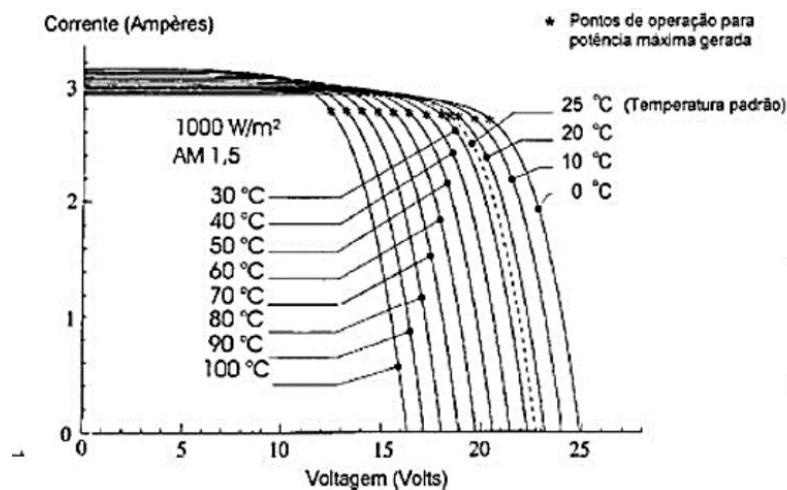


Figura 15-Efeito causado pela temperatura na célula

2.1.4 Rendimento

O rendimento ou eficiência de um painel fotovoltaico traduz-se na eficácia com que o painel consegue converter a energia solar que recebe em energia elétrica. É normalmente expresso em percentagem e pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$\eta = \frac{P_{\text{máx}}}{A \times G}$$

Em que:

- A – área em m²
- G – Radiação solar em W/m²
- P_{máx} – Potência máxima obtida numas determinadas condições de um dia, em W.

Tabela 1 - Características Painel fotovoltaico

Painel Fotovoltaico M 145P	
Pmax	148.35 W
Vmp	18.7 V
Imp	7.93 A
Voc	24.5 V
Isc	8.23 A

2.3 Regulador de Carga

Os controladores de carga (figura 17), são instalados entre o painel solar e a bateria, com a finalidade de regular a tensão que entra na bateria. Este dispositivo ajuda a prevenir sobrecargas e descargas excessivas, aumentando assim, a durabilidade da bateria. O painel fotovoltaico produz energia consoante a quantidade de luz solar que recebe e as baterias não suportam essas oscilações. Para contrariar este problema e otimizar o processo de carregamento das baterias, recorre-se ao uso dos reguladores de carga.



Figura 16 - Regulador de carga

2.4 Boia de nível

Uma boia de nível (figura 18), desempenha o papel de um interruptor em sistemas de controle de depósitos de água. Quando o nível de água no reservatório estiver abaixo do ponto desejado, a boia permite a passagem de corrente elétrica para o motor associado, acionando-o. No entanto, assim que o nível de água atingir o valor pretendido, a boia interrompe a passagem da corrente elétrica, resultando na interrupção do funcionamento e no corte de fornecimento de energia ao motor (figura 19). Essa ação da boia de nível permite o controle preciso do nível de água num depósito, garantindo sua manutenção dentro dos limites desejados.



Figura 17 - Boia de nível

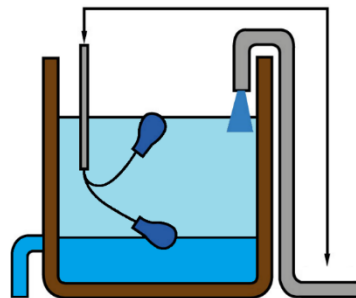


Figura 18 - Esquema funcionamento boia

2.5 Bomba de água

A bomba submersa (figura 20), é um equipamento elétrico utilizado para bombear água de poços, nascentes, poças e outras mãos de água ou de outras estruturas subterrâneas. Esse tipo de bomba é projetado para o bombeamento de água, extraindo-a para abastecer cisternas, caixas de água e outros reservatórios.

Tabela 2 - Características Bomba de água

Bomba de água			
Marca	Tensão nominal	Fluxo máximo	Altura máxima
Natflow	12V	4200L/h	4 metros



Figura 19 - Bomba de água

3. RESULTADOS

Foram realizadas, durante um período de quatro dias, medições de caudal, radiação, temperatura e potência, e analisada a relação entre as diferentes variáveis.

A tabela 3, apresenta os valores médios registados desses quatro dias no mês de julho. Os valores podem variar consoante a altura do ano e as condições climáticas.

Tabela 3 - Média dos dias analisados para uma altura máxima de funcionamento de 3.18m

Horário	Corrente(A)	Tensão(V)	Potencia(w)	Temp.(°C)	Radiação(w/ m ²)	Caudal(L/h)
06:00	0,003	12,34	0,03	13	2,2	290,8
07:00	0,184	12,52	2,31	14	19,0	297,5
08:00	0,494	12,69	6,56	15	29,8	595,4
09:00	1,203	13,04	16,14	18	101,8	996,8
10:00	2,300	14,00	27,48	21	348,7	1075,5
11:00	5,270	16,16	87,17	23	731,9	1301,7
12:00	6,270	17,21	107,95	25	991,4	1343,5
13:00	6,770	17,82	119,79	27	1135,3	1361,3
14:00	6,460	17,73	112,61	28	1208,9	1354,9
15:00	6,680	17,64	115,37	29	1147,8	1318,0
16:00	6,150	17,05	105,94	29	932,9	1320,4
17:00	5,425	16,55	90,93	28	681,3	1313,6
18:00	3,785	13,25	52,03	27	368,0	1223,8
19:00	1,890	13,24	25,30	25	129,0	1065,2
20:00	0,310	12,73	4,04	23	32,9	497,2
21:00	0,024	12,35	0,34	21	4,9	423,2
21:30	0,000	12,12	0,01	21	0,0	402,1

Ao longo do dia, observa-se um aumento progressivo na radiação (figura 22), atingindo seu pico entre meio-dia e as três da tarde, seguida de uma redução gradual até ao final do dia. Esta dinâmica influencia diretamente a potência gerada (figura 23), que, por sua vez, afeta o volume de água que a bomba consegue extrair (figura 24), assim, o caudal varia ao longo do dia, de acordo com as mudanças na potência. Contudo, durante a noite, na ausência de energia solar e conseqüente ausência de potência gerada pelo painel, a bomba opera exclusivamente com a energia armazenada na bateria.

No caso da bateria carregada com uma tensão de 12.69 V e 3.14 A aos seus terminais, o tempo medido para a descarga total foi de 43 minutos e 19 segundos e após esse período mediu-se aos terminais da bateria uma tensão de 11.18 V e uma corrente de 5mA. Este intervalo de tempo foi utilizado como referência para medir a quantidade de água que a bomba foi capaz de extrair apenas com a energia fornecida pela bateria até à sua descarga total. Esta quantidade foi então comparada com a água extraída no mesmo período, porém com a energia fornecida pelo painel solar na altura do dia mais favorável.(Tabela 4)

Foi realizada outra medição com uma bateria igual à primeira, mas nova, e foi registado desta vez um tempo de descarga de 1 hora, 23 minutos e 36 segundos. Para a altura de 3.21m foi extraído nesse período aproximadamente 980 litros de água. As medidas da tensão e da corrente aos terminais da segunda bateria registadas com a bateria carregada: 12.59 V, e para a bateria descarregada 11.74 V onde o regulador de carga cortou a saída para a bomba de forma a proteger a bateria.

Tabela 4 - Volume de água extraído pela bomba para o reservatório

Altura	Com Painel Fotovoltaico	Sem Painel Fotovoltaico
1 m	2354 L	1701,9 L
3,21 m	966 L	506,3 L
4,18 m	159 L	X

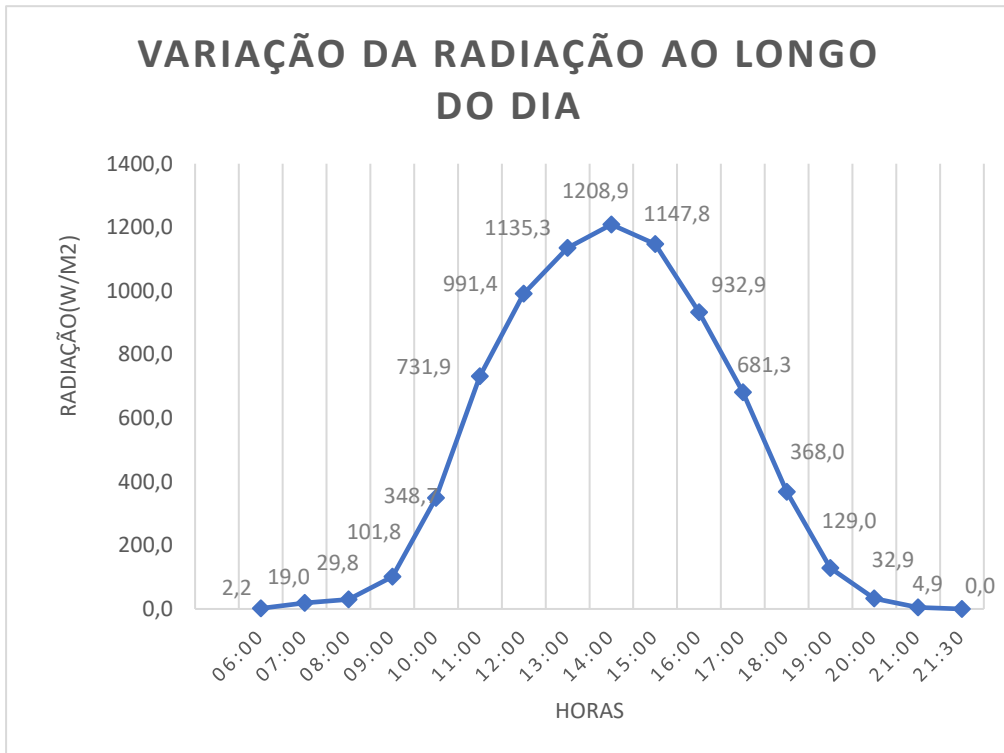


Figura 20 - Variação da radiação ao longo do dia



Figura 21 - Variação da potência ao longo do dia

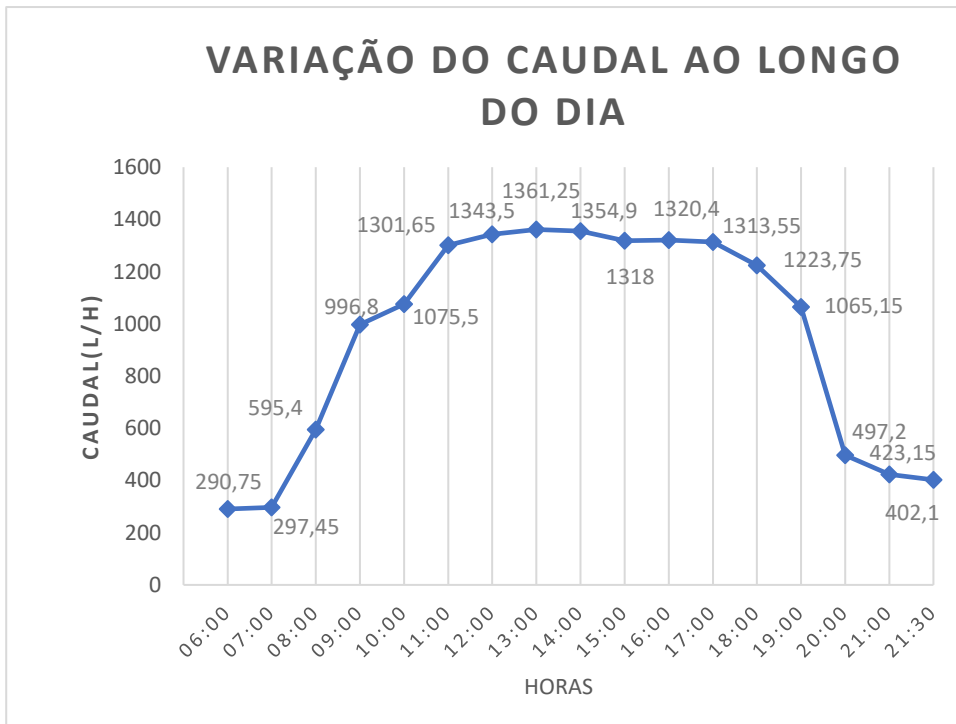


Figura 22 - Variação do caudal ao longo do dia

3.1. Discussão de resultados

Durante os testes realizados, foi observado que a altura máxima de funcionamento da bomba varia dependendo da fonte de alimentação utilizada. Quando alimentada exclusivamente pela bateria, registou-se uma altura máxima de 3,21 metros. Por outro lado, quando alimentada pelo painel solar em conjunto com a bateria, a bomba apresentou uma altura máxima de 4,18 metros. Com base nessas observações, consideramos o valor de 3,21 metros como a altura máxima da bomba. Essa escolha é motivada pelo fato de que, em situações em que seja necessário operar a bomba durante a noite ou em dias com baixa radiação solar e, conseqüentemente, menor produção de energia, ela irá operar apenas com a energia armazenada na bateria, garantindo o seu funcionamento adequado.

Segundo as especificações fornecidas pelo fabricante, o painel fotovoltaico apresenta uma potência máxima (P_{max}) de 148.35W, uma tensão de máxima potência (V_{mp}) de 18.7 V e uma corrente de máxima potência (I_{mp}) de 7.93 A. No entanto, a eficiência do painel está comprometida devido a um segmento do mesmo que se encontra danificado. Portanto, ao calcular a eficiência, não se deve considerar a área total do painel, mas apenas dois terços dela. Para o cálculo do valor do rendimento vamos considerar apenas dois terços da área:

$$\eta = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A * \frac{2}{3} * G} = \frac{148.5}{1.6072 * \frac{2}{3} * 1000} = 0.1385$$

Foram registados os tempos de descarga das duas baterias iguais, sendo uma nova e outra já com algum uso. Ao comparar os tempos de descarga entre a primeira e a segunda bateria, constatou-se que o tempo de descarga da segunda bateria quase duplicou em relação à primeira. A partir desta comparação, é possível concluir que a primeira bateria sofreu uma redução da sua capacidade ao longo dos ciclos de carga e descarga aos quais foi submetida. Essa diminuição de capacidade pode ser atribuída ao desgaste natural e ao envelhecimento da bateria decorrente da sua utilização contínua, alterando assim as suas propriedades.

4. Conclusão

Em conclusão, este projeto de uma bomba de água solar é uma solução viável e economicamente acessível para poços e outros pontos de água que não estejam a grande profundidade. Utilizando a energia solar, uma fonte renovável, o projeto apresenta uma resposta prática em áreas onde o acesso à energia elétrica é limitado ou inexistente.

Consideramos que a nossa solução é relevante tanto para a escassez de água durante os períodos de seca intensa, como no combate a incêndios rurais.

O potencial deste projeto poderia ser significativamente promovido com o apoio do governo, através de benefícios e subsídios financeiros, incentivando assim a população a aderir e a desenvolver este projeto. Esta iniciativa poderia transformar-se numa ferramenta eficaz em todo o país para o combate imediato a fogos e períodos de seca.

Se o estado apoiasse financeiramente este projeto, seria necessário que as pessoas registassem os seus poços ou pontos de água para serem elegíveis para os apoios correspondentes. Este registo permitiria também obter uma perceção mais completa do número real destes recursos hídricos existentes no país.

Reconhecemos que ainda existem desafios a serem superados e pontos a melhorar, tais como a eficiência da bomba sob condições de pouca luz solar e aumentar a capacidade de armazenamento de energia na bateria.

Em suma, mesmo com desafios a serem superados, acreditamos que a nossa bomba de água solar de baixo custo é uma solução promissora para um futuro mais sustentável.

5. Trabalhos Futuros

Numa perspectiva de melhorias para futuros projetos, pode-se desenvolver uma aplicação de monitorização à distância. Este sistema permitiria não só aos utilizadores verificar o desempenho e o estado da bomba a partir de qualquer localização, como também facultaria às autoridades locais, como bombeiros e câmaras municipais, informações em tempo real sobre os níveis de água nos reservatórios. Assim, em situações de emergência, como incêndios, poderia ser assegurado um abastecimento imediato e eficaz.

Adicionalmente, um passo promissor para trabalhos futuros poderia passar pela implementação de uma instalação experimental piloto, visível e acessível ao público. Este espaço funcionaria como uma demonstração prática da nossa bomba de água solar, permitindo a potenciais interessados, desde o cidadão comum até aos membros do governo, a observar diretamente o funcionamento e benefícios desta tecnologia. A visibilidade e interatividade proporcionada por tal instalação, permitiria aumentar a consciencialização, incentivar a adoção desta solução e recolher feedback direto dos utilizadores, o qual seria extremamente valioso para a melhoria contínua do projeto.

Referências

- [1]- PEFC, A Floresta Portuguesa, <https://www.pefc.pt/o-que-fazemos/porque-e-importante-cuidar-da-floresta/a-floresta-portuguesa>
- [2]- PORTUGAL GOV, <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc23/comunicacao/noticia?i=menos-incendios-menos-area-ardida-e-zero-vitimas>
- [3]- Regimes de fogo em Portugal Continental, CEF, <https://www.agif.pt/app/uploads/2022/05/Regimes-de-fogo-em-Portugal-Continental.pdf>
- [4]- FLORESTAS.pt, <https://florestas.pt/conhecer/qual-a-relacao-entre-alteracoes-climaticas-e-florestas/>
- [5]- FLORESTAS.pt, <https://florestas.pt/conhecer/fogo-a-evolucao-dos-incendios-rurais-em-portugal/>
- [6]- Comissão Europeia, Consequências das alterações climáticas, https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_pt
- [7]- Comparação das causas reais dos incêndios florestais em Portugal e a perceção da população do parque natural de Sintra-cascais, https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/21548/1/SebBarbosa%20Dissertac%C3%A7%C3%A3o_FINAL.pdf
- [8]- Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil, <https://prociv.gov.pt/pt/noticias/11072023-perigo-de-incendio-rural-medidas-preventivas/>
- [9]- Balanço 2018-2022, Portugal chama, AGIF, https://www.agif.pt/pt/balanco_2018_2022
- [10]- PORDATA, Área ardida e incêndios rurais em Portugal Continental, <https://www.pordata.pt/portugal/area+ardida+e+incendios+rurais+em+portugal+continental-1192>

- [11]- Planos de Gestão de Seca e Escassez, APA, <https://apambiente.pt/agua/planos-de-gestao-de-seca-e-escassez>
- [12]- Lei da água, APA, <https://apambiente.pt/agua/lei-da-agua>
- [13]- Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, APA, <https://apambiente.pt/agua/programa-nacional-para-o-uso-eficiente-da-agua>
- [14]- Portugal tem milhares de furos, mas ninguém sabe quanta água estamos a tirar do chão, Publico, <https://www.publico.pt/2023/06/11/azul/noticia/portugal-milhares-furos-ninguem-sabe-quanta-agua-tirar-chao-2052818>
- [15]- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 31 de maio, <https://files.dre.pt/1s/2007/05/10502/00240049.pdf>
- [16]- Bombeiros garantem abastecimento às populações da região de Viseu, TSF, <https://www.tsf.pt/sociedade/bombeiros-garantem-abastecimento-as-populacoes-da-regiao-de-viseu-8927337.html>
- [17]- APREN, Balanço da Produção de Eletricidade de Portugal Continental em 2022, <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>
- [18]- APREN. Energias renováveis, <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/>
- [19]- Energias Renováveis e Sustentabilidade, Energia solar, DGEG, <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/energia-solar/>
- [20]- Energia Solar, Solar fotovoltaico, DGEG, <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/energia-solar/solar-fotovoltaico/>
- [21]- SOLARGIS, <https://solargis.info/>
- [22]- Ecovolts, Inclinação dos Painéis, <https://ecovolts.webnode.pt/inclina%C3%A7%C3%A3o%20dos%20paineis/>
- [23]- Mascarenhas, Joana Filipa Colaço, “Comparação energética de sistemas de aquecimento a energia solar para o conforto térmico dos ocupantes de um edifício residencial”

[24]- CRESESB, “5. Módulos Fotovoltaicos,” http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=331.

Anexo 1

Tabela 5 - Total de Incêndios por ano Portugal Continental[10]

Ano	Total
2001	28.915
2002	28.993
2003	28.087
2004	27.829
2005	41.689
2006	24.243
2007	25.133
2008	18.958
2009	29.783
2010	26.113
2011	29.782
2012	25.352
2013	23.129
2014	9.388
2015	19.643
2016	16.104
2017	21.006
2018	12.273
2019	10.832
2020	9.619
2021	8.186
2022	10.390

Anexo 2

Tabela 6 - Lista de componentes do projeto

Lista de materiais		
Quantidades	Descrição	Preço
1	Painel Fotovoltaico 148.5W	85€
1	Bateria 12V	31.54€
1	Bomba de superfície NATFLOW CW 12V	25.99€
2	Boia com contrapeso 1,5 METROS	15.58€
1	REGULADOR SOLAR PWM 12/24V 10A C/ SAÍDA USB	13.90€
1	Caixa estanque	1.79€
24	FIO V (H07V-U) 1,5 mm	10.08€
1	Interruptor simples	1.99€
2	Conjunto Conectores Solares PV	9.98€
1	Mangueira 5M 25mm	9.99€
1	Reservatório 100L	24.99€
1	Estrutura de suporte Painel Fotovoltaico	59.49€
Total		279.53€

Anexo 3

Tabela 7 - Valores medidos dia 1

Horário	Corrente(A)	Tensão(V)	Potencia(w)	Temp.(°C)	Radiação(w/ m ²)	Caudal(L/h)
06:00	0.002	12.3	0.025	13	1.1	290.4
07:00	0.156	12.42	1.94	14	16	296.7
08:00	0.725	12.69	9.20	15	30	605.3
09:00	1.45	13.20	17.81	18	101	987.9
10:00	2.37	14.40	34.10	20	356.3	1079
11:00	5.18	15.81	81.8	21	706	1329
12:00	6.28	17.90	112.4	24	1017	1364.4
13:00	6.81	18.34	124.9	24	1162	1390.2
14:00	5.25	17.73	93.1	27	1098	1365.2
15:00	6.72	17.80	119.6	28	1171	1342.5
16:00	6.18	17.29	106.9	27	934	1321.1
17:00	5.45	17.01	92.7	27	688	1309.7
18:00	4.65	13.40	62.3	26	390	1114.9
19:00	1.86	13.30	24.7	23	143	1002.8
20:00	0.304	12.58	3.82	21	40.1	491.2
21:00	0.045	12.49	0.56	20	5.6	416
21:30	0.002	12.51	0.02	20	0	401.2

Tabela 8 - Valores medidos dia 2

Horário	Corrente(A)	Tensão(V)	Potencia(w)	Temp.(°C)	Radiação(w/ m ²)	Caudal(L/h)
06:00	0.002	12.41	0.025	12	1.2	286.3
07:00	0.135	12.57	1.70	12	18	298.2
08:00	0.615	12.67	7.79	13	27	531
09:00	0.939	12.63	11.9	18	93	720
10:00	0.647	12.59	8.15	20	350	606.7
11:00	5.36	17.17	92.0	22	729	1237.5
12:00	6.26	17.28	108.2	24	953	1321.6
13:00	6.82	17.57	119.8	26	1113	1372.5
14:00	7.20	18.20	131.0	27	1214	1402.4
15:00	6.80	17.90	121.7	27	1132	1323.5
16:00	6.50	17.50	113.8	26	958	1348.7
17:00	5.65	16.60	93.8	25	719	1347.9
18:00	4.07	14.28	58.1	24	403	1324.5
19:00	1.9	13.30	25.3	22	131	1125.3
20:00	0.437	12.75	5.58	22	38	572.2
21:00	0.027	12.63	0.34	21	4.3	449.1
21:30	0	7.13	0	20	0	404.9

Anexo 4

Tabela 9 - Valores medidos dia 3

Horário	Corrente(A)	Tensão(V)	Potencia(w)	Temp.(°C)	Radiação(w/ m ²)	Caudal(L/h)
06:00	0.003	12.38	0.03	14	3.5	300.6
07:00	0.238	12.56	2.98	15	22	285.4
08:00	0.354	12.77	4.52	16	32.9	603.8
09:00	1.67	13.50	22.54	19	108	1014.9
10:00	2.54	14.70	37.34	23	367.5	1092.3
11:00	5.69	16.50	93.89	27	757	1380
12:00	6.04	17.06	103.04	28	1009	1352.7
13:00	6.43	17.99	115.68	29	1154	1341.6
14:00	6.20	17.30	107.26	31	1274	1344.6
15:00	6.10	17.06	104.10	32	1160	1227.3
16:00	6.0	16.80	100.8	33	927	1319.7
17:00	5.40	16.50	89.10	33	668	1317.4
18:00	3.50	13.10	45.85	30	290	1240.2
19:00	2.04	13.18	26.89	30	123	1013.5
20:00	0.208	13.22	2.75	26	30.9	467
21:00	0.017	11.80	0.2	23	4.8	410.3
21:30	0	12.10	0	22	0	390

Tabela 10 - Valores medidos dia 4

Horário	Corrente(A)	Tensão(V)	Potencia(w)	Temp.(°C)	Radiação(w/ m ²)	Caudal(L/h)
06:00	0.004	12.21	0.049	12	2.9	291.1
07:00	0.211	12.48	2.63	13	20	299.3
08:00	0.372	12.69	4.72	15	29.1	587
09:00	0.956	12.87	12.3	17	105.3	1005.7
10:00	2.23	13.59	30.31	20	320.9	1072
11:00	5.12	15.82	81	23	735.7	1274.3
12:00	6.31	17.14	108.15	25	986.4	1334.3
13:00	6.73	17.65	118.79	27	1112	1350
14:00	6.72	17.72	119.08	28	1249.4	1328.2
15:00	6.64	17.48	116.07	28	1128.3	1312.5
16:00	6.12	16.71	102.27	28	912.4	1316
17:00	5.36	16.44	88.12	27	650	1297.8
18:00	3.21	13.04	41.86	26	388.8	1207.3
19:00	1.88	12.92	24.29	25	119	1116.8
20:00	0.316	12.70	4.01	23	22.5	503.2
21:00	0.020	12.21	0.24	21	4.8	430.3
21:30	0	12.14	0	20	0	403

Anexo 5

Powered by



UPS12360 7

UPS 123607 is specially designed for high efficient discharge application. Its characteristics are high energy density, small footprint and high discharge efficiency. It can be used for more than 260 cycles at 100% discharge in cycle service, up to 5 years in standby service.



Specification

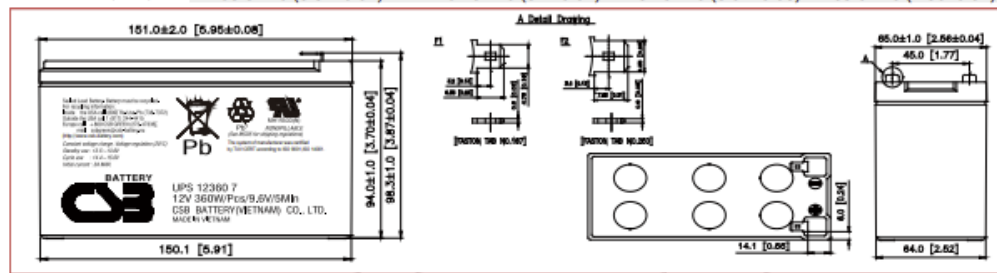
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	360W @ 5min-rate to Watt(1.60V)/pcs @25°C (77°F)
Weight	Approx. 2.00 kg(4.41 lbs)
Maximum Discharge Current	100/130A(5sec)
Internal Resistance	Approx. 22mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -15°C~50°C (5°F~122°F) Charge: -15°C~40°C (5°F~104°F) Storage: -15°C~40°C (5°F~104°F)
Nominal Operating Temperature Range	25°C±3°C (77°F±5°F)
Float Charging Voltage	13.5 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C (77°F)
Recommended Maximum Charging Current Limit	3.0A
Equalization and Cycle Service	14.4 to 15.0 VDC/unit Average at 25°C (77°F)
Self Discharge	CSB Batteries can be stored for more than 6 months at 25°C (77°F). Please charge batteries before using. For higher temperatures the time interval will be shorter.
Terminal	F1/F2-Faston Tab 187/250
Container Material	ABS(UL 94-HB) & Flammability resistance of (UL 94-V0) can be available upon request.



CSB-manufactured VRLA (Absorbent Glass Mat type) batteries are UL-recognized components under UL1989.

CSB is also certified by ISO 9001 and ISO 14001.

Dimensions :	Overall Height (H)	Container height (h)	Length (L)	Width (W)
Unit: mm (inch)	98.3±1.0 (3.87±0.04)	94.0±1.0 (3.7±0.04)	151.0±2.0 (5.94±0.08)	65.0±1.0 (2.56±0.04)



Constant Current Discharge Characteristics Unit:A (25°C,77°F)

F.V/Time	2MIN	3MIN	4MIN	5MIN	6MIN	7MIN	8MIN	10MIN	15MIN	20MIN	30MIN	60MIN	90MIN
1.60V	62.8	49.5	41.5	35.5	30.8	27.3	24.5	20.5	14.9	11.9	8.71	5.04	3.61
1.67V	55.7	46.1	39.2	34.0	29.7	26.5	24.0	20.2	14.8	11.8	8.66	5.02	3.60
1.70V	52.2	44.5	38.1	32.9	29.0	25.9	23.5	19.9	14.6	11.7	8.63	4.98	3.57
1.75V	47.1	40.8	35.0	30.7	27.2	24.3	22.4	19.1	14.3	11.5	8.50	4.95	3.56
1.80V	42.0	36.4	31.5	27.9	24.8	22.5	20.7	17.9	13.6	11.1	8.30	4.86	3.51
1.85V	36.6	31.1	27.2	24.2	21.9	20.1	18.5	16.3	12.6	10.4	7.83	4.64	3.36

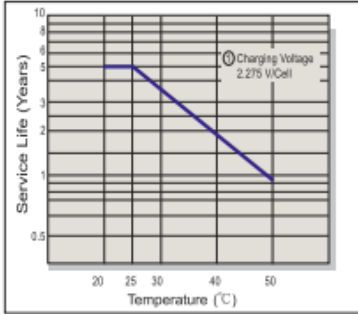
Constant Power Discharge Characteristics Unit:W (25°C,77°F)

F.V/Time	2MIN	3MIN	4MIN	5MIN	6MIN	7MIN	8MIN	10MIN	15MIN	20MIN	30MIN	60MIN	90MIN
1.60V	550	468	405	360	322	291	268	228	170	137	100.0	58.6	43.0
1.67V	522	447	390	352	315	285	263	225	169	136	99.7	58.4	42.5
1.70V	499	435	383	344	309	281	258	222	167	134	98.4	58.2	42.2
1.75V	462	407	365	326	295	270	249	214	164	132	96.8	57.8	41.9
1.80V	428	376	339	301	274	252	232	203	156	128	95.2	56.3	41.4
1.85V	374	339	298	272	248	228	211	186	144	120	91.6	54.2	39.8

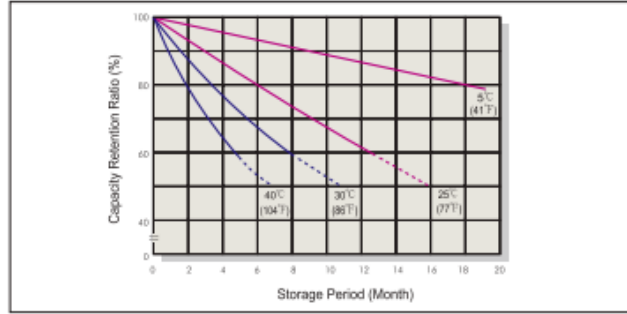
Ratings presented herein are subject to revision without notice. Please refer to www.csb-battery.com to confirm the latest version.

RA1406

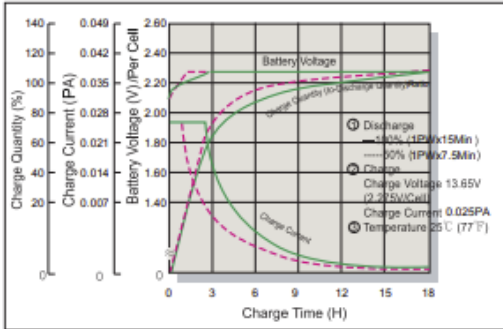
Trickle (or Float) Service Life



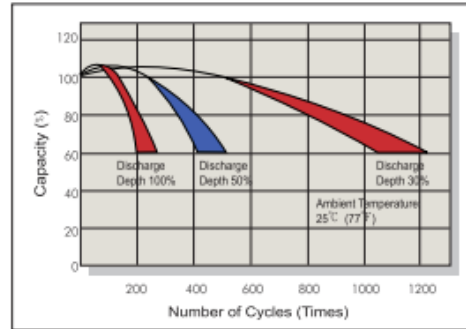
Capacity Retention Characteristic



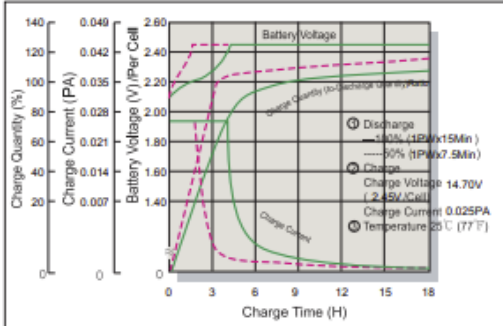
Battery Voltage and Charge Time for Standby Use



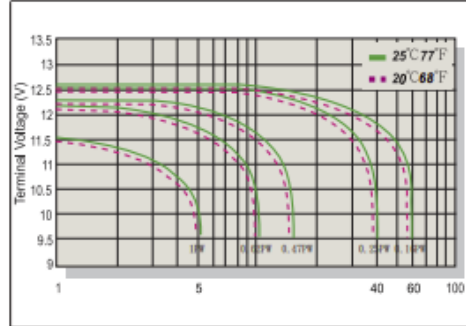
Cycle Service Life



Battery Voltage and Charge Time for Cycle Use



Terminal Voltage (V) and Discharge Time



Charging Procedures

Application	Charge Voltage(V/Cell)			Max.Charge Current
	Temperature	Set Point	Allowable Range	
Cycle Use	25°C (77°F)	2.45	2.40-2.50	0.1PA
Standby	25°C (77°F)	2.275	2.25-2.30	

Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V/Cell	1.75	1.70	1.60	1.30
Discharge Power(W)	0.1P > (W)	0.1P ≤ (W) < 0.25P	0.25P ≤ (W) < 1.0P	(W) ≥ 1.0P

P: For single cell wattage at 15 minute rate to 1.67V per cell.

Anexo 6

O seguinte QR Code é um convite para assistir ao vídeo de demonstração do trabalho realizado, bem como o seu funcionamento detalhadamente.

