



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Fábio Alexandre de Freitas Silva

Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos

Relatório de Estágio

Orientado por:

Doutor Paulo Coelho - Instituto Politécnico de Tomar
Mestre José Fernandes - Instituto Politécnico de Tomar

Júri:

Doutor Manuel Barros - Instituto Politécnico de Tomar
Doutor Mário Gomes - Instituto Politécnico de Tomar

Relatório de Estágio
apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar
para cumprimento dos requisitos necessários
à obtenção do grau de Mestre
em Controlo e Electrónica Industrial

Resumo

No contexto da energia é de notar que Portugal tem poucos recursos fósseis daí o crescente interesse da comunidade científica em soluções energéticas mais amigas do ambiente, as energias renováveis, das quais eu sou adepto, e acredito que venham a vincar futuramente na produção de energia necessária à vida humana. Dada a minha ideologia inscrevi-me no decurso da minha vida académica no Mestrado em Controlo e Eletrónica Industrial, que para além deste importante ramo também abre portas para outras áreas, tais como, automação, controlo, eletrónica, microprocessadores, entre outras. Para aumentar a minha capacidade como futuro profissional decidi realizar um estágio académico para completar o meu mestrado, Estágio esse, executado na empresa SINERGIAE.

O presente relatório pretende apresentar o trabalho desenvolvido durante os nove meses de estágio na referida empresa, os conhecimentos adquiridos a nível das energias renováveis, mais concretamente a nível da energia solar fotovoltaica, a destacar sistemas de microgeração, minigeração e sistemas isolados. Irá ser feita uma apresentação da SINERGIAE que terá como objetivo enquadrar a mesma no mercado das energias renováveis, tanto em Portugal como no mundo, para além de serem apresentados alguns componentes produzidos pela empresa, assim como, serviços prestados pela mesma.

Como suma deste estágio irei mencionar e explicar todo o processo de implementação dos vários sistemas referidos, desde a inscrição, de um particular ou empresa, para ser produtor, ao dimensionamento dos sistemas, até à inspeção e colocação em funcionamento, assim como das opções de escolha de equipamentos a utilizar nos mesmos.

Palavras-chave: Energia, Recursos, Ambiente, Fotovoltaico, Microgeração.

Abstract

In the energy context it is to note that Portugal has few fossil resources hence the rising interest of the scientific community in energy solutions more environmentally friendly. So come to light the renewable energies, which I am adept and believe that they will be successful in the future of the production of energy required to human life. According to my ideology, I enrolled in the course of my academic life in the Master in Control and Industrial Electronics, which in addition to this key branch, also opens doors to other areas such as automation, control, electronics, and microprocessors, among others. To improve my abilities as a future professional academic, I decided to undertake an internship to complete my Masters, this internship, performed in SINERGIAE.

This report aims to present the work developed during the nine-month internship in this company, the knowledge acquired at the level of renewable energy, specifically at the level of solar photovoltaic, highlight microgeneration systems, minigeneration and isolated systems. Will be done a presentation of SINERGIAE Company, which will aim to frame the same in the renewable energy market, both in Portugal as in the world, in addition of being presented some components produced by the company, as well as most of the services provided by the company SINERGIAE. As sum of this internship, I will mention and explain the whole process of implementation of the various systems described, from the enrollment of an individual or company to be producer, sizing systems, to the inspection and startup, as well as the choice options of equipment to be used in them.

Key-words: Energy, Resources, Environment, photovoltaic, Microgeneration.

Agradecimentos

Devo os meus agradecimentos sobretudo à minha namorada que me apoiou, que manteve sempre uma atitude positiva e motivadora, de modo, a manter-me confiante na procura de estágio, assim como para as respostas que viriam das empresas. Devo também agradecer-lhe todo o acompanhamento que me deu ao longo destes nove meses para a conclusão do estágio.

Gostaria também agradecer à minha Mãe e ao meu Pai por todo o suporte que me deram ao longo destes últimos seis anos. Principalmente nestes últimos nove meses, que foram, no mínimo, meses complicados numa época complicada.

Deixo, ainda também, os meus agradecimentos a todos aqueles que me perguntaram regularmente sobre o meu estágio e que se preocupam comigo.

Por fim agradeço à empresa que me acolheu carinhosamente, que me proporcionou esta oportunidade de desenvolver e, de tornar possível, a minha inserção no mercado de trabalho, assim como, de terminar o meu mestrado, gostando de salientar o Professor Paulo Coelho e o Engenheiro Ricardo Lima.

Índice

1. Introdução.....	1
2. Apresentação da Entidade Acolhedora	27
2.1. Enquadramento Geográfico.....	33
2.2. Oferta da Empresa.....	34
2.3. Organização e Gestão da Empresa	36
2.4. Caracterização física da Empresa	37
3. Estágio Curricular	38
3.1. Como ser produtor	39
3.2. Pontos principais de um projeto fotovoltaico	40
3.3. Dimensionamento de um sistema fotovoltaico	42
3.3.1. Microgeração	42
3.3.2. Minigeração	67
3.3.3. Sistemas isolados	71
3.4. Fatores importantes a ter em conta	78
3.5. Inspeção e ligação à rede.....	80
3.5.1. Microgeração	80
3.5.2. Minigeração	82
4. Integração.....	84
4.1. Atividades Desenvolvidas	85
4.2. Ações desenvolvidas ligadas ao Curso MCEI.....	86
4.3. Receção e acompanhamento.....	87
4.4. Tarefas relacionadas com outras atividades não referidas no MCEI	88
5. Reflexão Crítica do trabalho Desenvolvido	89
6. Perspectivas Futuras.....	91
7. Considerações Pessoais e Conclusão	92
8. Bibliografia.....	93
9. Webgrafia	94
10. Anexos	97

Índice de figuras

Figura 1: Sistema de aquecimento de água a partir da energia solar	5
Figura 2: Esquema ilustrativo de uma Central Hidroelétrica	7
Figura 3: Esquema de uma barragem de Fio de Água	8
Figura 4: Esquema ilustrativo de uma Central Hidroelétrica de albufeira com bombagem	8
Figura 5: Coluna de água oscilatória, sistema de aproveitamento da energia das ondas	9
Figura 6: Barragem instalada no estuário de um rio	10
Figura 7: Esquema ilustrativo de um sistema de produção de eletricidade a partir do vapor de água proveniente do interior da terra	11
Figura 8 Retrato de Alexandre Edmond Becquerel	12
Figura 9: Fotografia de Gerald Pearson, Daryl Chapin e Calvin Fuller	13
Figura 10: Cientista segurando no Vanguard I.....	14
Figura 11: Esquema ilustrativo de um típico sistema fotovoltaico	18
Figura 12: Comparação entre células de silício monocristalino e policristalino	21
Figura 13: Esquema ilustrativo da trajetória da Terra em torno do Sol.....	22
Figura 14: Esquema explicativo dos diferentes ângulos da radiação solar sobre a Terra.....	22
Figura 15: Esquema ilustrativo do referencial terrestre	23
Figura 16: Esquema explicativo de como calcular o azimute e a altura	23
Figura 17: Esquema demonstrativo de como a inclinação poderá aumentar a eficiência	24
Figura 18: Mapa com as zonas de ação do Grupo SINERGIAE	27
Figura 19: Foto do sistema fotovoltaico instalado pelo Grupo SINERGIAE na Índia	28
Figura 20: Foto do sistema fotovoltaico instalado pelo Grupo SINERGIAE na Alemanha	28
Figura 21: Esquema ilustrativo do painel SINPRIME ECO	29
Figura 22: Esquema ilustrativo do painel SINPRIME Premium	30
Figura 23: Esquema ilustrativo do painel SINPRIME Gold	31
Figura 24: Fotografia de um sistema AQS instalado pelo Grupo SINERGIAE	32
Figura 25: Print screen do programa Solterm.....	43
Figura 26: Print screen dos valores retornados pelo programa Solterm.....	44
Figura 27: Print screen dos parâmetros a definir ao inserir uma nova localização	45
Figura 28: Print screen da entrada dos valores de radiação global e difusa e temperatura média	45
Figura 29: Print screen do output dos valores de radiação para a localização referida	46
Figura 30: Print screen do passo seguinte do programa	47
Figura 31: Print screen do ponto do programa onde se referênciamos o tipo de sistema	47

Figura 32: Print screen do mapa de horizontes	48
Figura 33: Figura ilustrativa dos inversores tipicamente utilizados	49
Figura 34: Print screen do dimensionamento dos painéis	49
Figura 35: Print screen da escolha do inversor	50
Figura 36: Print screen dos valores retornados pelo programa para um determinado sistema	51
Figura 37: Print screen dos valores das perdas retornados pelo PVSYST	51
Figura 38: Imagem ilustrativa do cabo solar (FBBN)	55
Figura 39: Imagem ilustrativa do cabo XV 3x6	55
Figura 40: Imagem ilustrativa de tubo corrugado	56
Figura 41: Imagem ilustrativa de tubo VD	57
Figura 42: Imagem ilustrativa de um diferencial e um disjuntor	57
Figura 43: Imagem ilustrativa de uma ficha MC4	58
Figura 44: Imagem ilustrativa de uma caixa de derivação	59
Figura 45: Imagem ilustrativa de um kit de fusíveis solares	59
Figura 46: Imagem ilustrativa do enchimento de uma sapata	61
Figura 47: Imagem ilustrativa de uma sapata depois de terminada a sua construção	61
Figura 48: Imagem ilustrativa da abertura de uma vala	62
Figura 49: Imagem ilustrativa da uma estrutura típica de telhado inclinado	63
Figura 50: Imagem ilustrativa de uma estrutura típica de telhado plano	63
Figura 51: Imagem ilustrativa de uma estrutura típica de sistema seguidor	63
Figura 52: Imagem ilustrativa de um contador	64
Figura 53: Imagem ilustrativa de um sistema seguidor	65
Figura 54: Print Screen relativa ao tempo de retorno do investimento	65
Figura 55: Print Screen relativa à taxa TIR	66
Figura 56: Print Screen referente aos campos a preencher	72
Figura 57: Exemplo de bateria solar da Rolls	73
Figura 58: Print Screen dos parametros a dimensionar	73
Figura 59: Print Screen da escolha do tipo de painel a utilizar	74
Figura 60: exemplo de regulador de carga da Steca	74
Figura 61: Print Screen referente à escolha do regulador de carga	75
Figura 62: Print screen dos valores retornados pelo programa para um determinado sistema	76

Índice de gráficos

Gráfico 1: Dependência energética em Portugal	2
Gráfico 2: Evolução do consumo de energia primária em Portugal.....	3
Gráfico 3: Gráfico de sombreamentos	23
Gráfico 4: Representação dos dias ao longo do ano	23

Lista de abreviaturas e siglas

AQS - Águas Quentes Sanitárias

DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia

ktep - kilo tonelada equivalente de petróleo

J - Joule

K - Kelvin

PV - Solar Photovoltaics (Fotovoltaico)

GW - Giga Watt

kW - kilo Watt

MW - Mega Watt

V - Volt

GWh - Giga Watt hora

NASA - National Aeronautics and Space Administration (Aeronautica Nacional e Administração Espacial)

W - Watt

mW - mili Watt

BSF - Back Surface Field (Superfície Traseira)

€/Wp - Euro por Watt pico

MWp - Mega Watt pico

DC - Direct current (Corrente Directa)

MPPT - Maximum Power Point Tracker (Seguidor de Potência Máxima)

AC - Alternated Current (Corrente Alternada)

eV - electron Volt (Volt Eletrão)

N - Negativo

P - Positivo

cm - centimetro

mV/°C - mili Volt por grau Célcio

W/m² - Watt por metro quadrado

m² - metro quadrado

ESA - European Space Agency (Agência Espacial Europeia)

ECO-AP - Programa de Eficiência Energética na Função Pública

Km - Kilómetro

EIA - Environmental Impact Evaluation (Avaliação de Impacto Ambiental)

kVA - kilo Volt Ampere

GPS - Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)

AP - Ante-Projeto

CO₂ - Dióxido de Carbono

UV - Ultra-Violeta

A - Ampere

mA - mili Ampere

TIR - Taxa Interna de Retorno

PT - Posto de Transformação

TI - Transformador de Intensidade

RESP - Rede Elétrica de Serviço Pública

1. Introdução

Para a execução deste estágio foi proeminente possuir conhecimentos base sobre energias renováveis, em particular, produção de energia a partir de sistemas fotovoltaicos. Para melhorar a minha prestação na empresa executei algumas pesquisas para aprofundar e enriquecer o meu conhecimento. Achei pertinente, e essencial saber determinadas informações alcançadas, tanto durante o meu curso, como em investigações pessoais posteriores, como tal, irei abordar de seguida, entre outros tópicos, a necessidade do aparecimento e progresso desta tecnologia.

Portugal é um país com escassos recursos energéticos endógenos, nomeadamente, aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas da maioria dos países desenvolvidos (como o petróleo, o carvão e o gás).

A escassez destes recursos fósseis conduz a uma elevada dependência energética perante o exterior. Principalmente no que remete a importações de fontes primárias de energia de origem fóssil.

Perante tal situação, constatou-se ser essencial aumentar a produção de energia a nível Nacional. Neste contexto surgiu a ideologia, que a contribuição das energias renováveis: hídrica, eólica, solar, geotérmica e biomassa poderiam auxiliar, aumentando o número de recursos energéticos endógenos.

Segundo fontes de pesquisa (DGEG), a taxa de dependência energética atingiu um pico em 2005, registando-se o valor mais elevado da última década, situação causada pela baixa produtividade das centrais hídricas como resultado de um ano hidrológico muito seco. Desde então, verifica-se um decréscimo desde 2005, até 2011, como é possível observar no gráfico 1. A subida registada em 2011 foi devida, sobretudo, ao aumento do consumo de carvão (na produção de energia elétrica, para compensar a redução na produção hídrica).

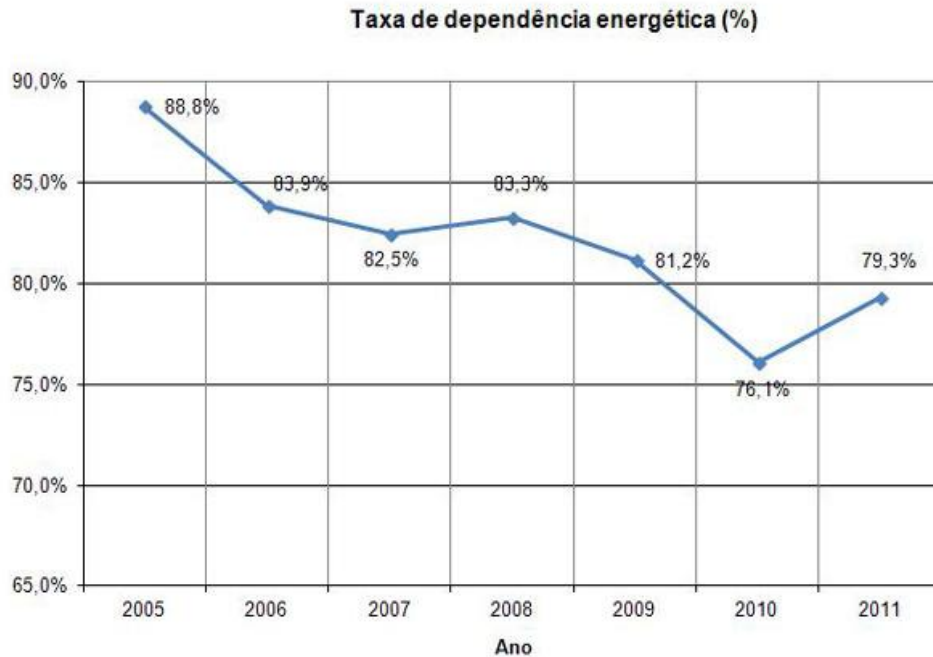


Gráfico 1: Dependência energética de Portugal, em percentagem, no que remete a fontes primárias de energia, perante o estrangeiro, desde 2005 a 2011, fonte: DGEG

O gráfico seguinte mostra a evolução do consumo de Energia Primária em Portugal, no período 2000-2011. A avaliação do consumo de energia foi estandardizada no sistema *Ktep*, ou seja, mil vezes a unidade *tep* (tonelada equivalente de petróleo), que como o nome indica é o conteúdo energético de uma tonelada de petróleo. A unidade de energia no Sistema Internacional de Unidades é o Joule (J). A relação entre as duas unidades é:

$$1 \text{ tep} = 41,86 \times 10^9 \text{ J}$$

Evolução do Consumo de Energia Primária em Portugal

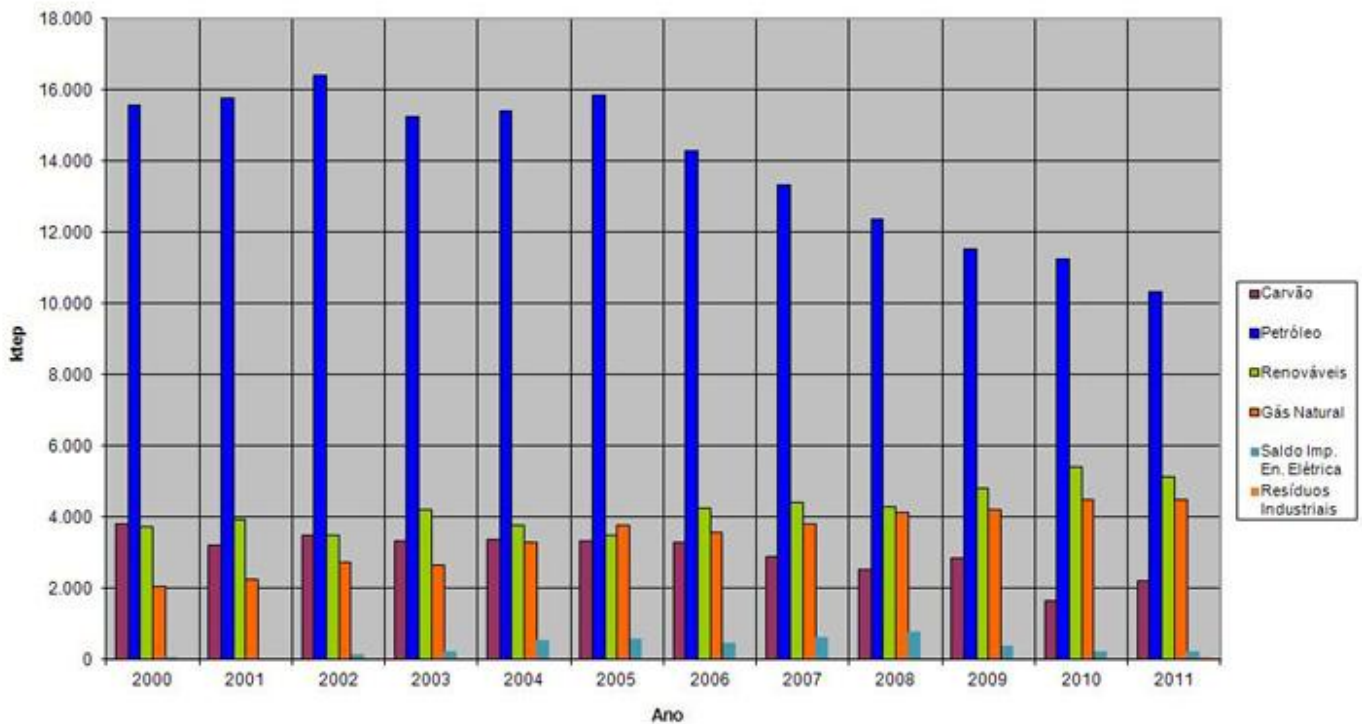


Gráfico 2: Evolução do consumo de Energia Primária (unidade de medida Ktep, 1000 toneladas equivalente de petróleo) em Portugal, de 2000 a 2011, segundo a fonte energética, fonte: DGEG

Porém, como já sabido, a tentativa do Homem em aproveitar os recursos provenientes do nosso Planeta para suprir as suas necessidades não provem apenas da última década, nem está limitada apenas a um recurso natural. Determinadas fontes têm-se demonstrado limitadas, o petróleo, o carvão e o gás natural, ou seja, as ditas fontes energéticas não renováveis, (renováveis, porém não na escala da vida humana, e por isso consideradas finitas, irão escassear num futuro relativamente próximo, apesar de ainda estarem disponíveis em larga escala). O Homem que inicialmente preferiu investir no desenvolvimento científico virado para o aproveitamento destas fontes, visto se ter apercebido do seu potencial energético, viu-se forçado a desenvolver métodos para converter a força da Natureza, em seu redor, a seu favor. Desde os tempos remotos, o Homem conseguiu usufruir da energia cinética presente no vento e nas marés através de moinhos.

A energia hídrica e a bioenergia (por exemplo: produção de energia a partir de óleo de girassol) são entre outros, dois exemplos de recursos de energias renováveis.

Isto é, segundo uma perspectiva prática, são repostos continuamente pela própria Natureza e como tal, apresentam-se vantajosos perante os combustíveis fósseis e energia nuclear. Fontes de energia renováveis são, na sua essência, fluxos de energia, ao passo que, os combustíveis fósseis e energia nuclear são essencialmente depósitos de energia.

Mundialmente tem-se verificado, nas últimas décadas, um incremento veloz no desenvolvimento e implantação de fontes de energia renováveis, não apenas pela inexistência de perigo de escassez, ao invés das fontes energéticas não renováveis, mas simultaneamente devido ao seu manuseamento se tornar mais amigo do Ambiente, uma vez que, não implica a emissão de gases de efeito de estufa (por exemplo o Dióxido de Carbono) e portanto, não contribui para as tão problemáticas alterações climáticas.

No que remete à energia solar, esta deve ser primeiramente salientada pela sua contribuição na satisfação das necessidades energéticas dos seres vivos em geral e do Homem em particular, ação muitas vezes desprezada e desvalorizada. É a energia da radiação solar, que mantém a superfície terrestre à temperatura adequada para suportar a vida, especialmente a vida humana. Apesar desta exuberante penetração energética na nossa rotineira civilização, o Sol é ignorado por Nós. Não consideramos esta fonte nos sistemas de energia nacionais e internacionais, os quais atribuímos quase por completo ao consumo de combustíveis comerciais.

O Sol tem uma temperatura superficial que ronda os 6000 K, obtidos e mantidos por consecutivas fusões nucleares entre átomos de Hidrogénio no seu interior. Estas fusões nucleares irão converter gradualmente todo o Hidrogénio em elementos mais pesados, este processo é muito lento e deverá preservar o Sol e o fornecimento de energia por mais cinco mil milhões de anos.

O Sol irradia para o meio envolvente exorbitantes quantidades de energia, contudo, apenas uma ínfima fração incide sobre a atmosfera terrestre, a 150 milhões de quilómetros de distância, mesmo assim, equivale a cerca de 15 mil vezes a energia obtida a partir dos combustíveis fósseis. Um terço da energia incidente na atmosfera é refletida para o espaço antes de atingir a superfície terrestre, a restante atravessa a atmosfera e consegue fornecer, à civilização humana, energia até 10 mil vezes superior à energia obtida a partir dos combustíveis fósseis.

A energia solar, quando incide sobre os edifícios, aquece e ilumina os mesmos numa extensão significativa. Quando os edifícios são concebidos com peculiares características (por exemplo cúpulas de vidro) têm a capacidade de extrair o máximo de

vantagens da radiação solar, e assim sendo, diminui a necessidade de implementação de sistemas de aquecimento adicional e iluminação artificial.

A energia solar pode também ser aproveitada para outros fins, como por exemplo se recorrermos a coletores é possível aquecer água, esta poderá ser utilizada na rotina doméstica (nos banhos, na cozinha) para além de, quando canalizada num sistema de aquecimento poderá aquecer os edifícios, como podemos observar ao lado na figura 1. Tais coletores são, hoje em dia, amplamente utilizados, sobretudo em países de elevada incidência solar como Israel e Grécia. Também são utilizados em larga escala nos países com menor radiação solar até mesmo em Inglaterra,

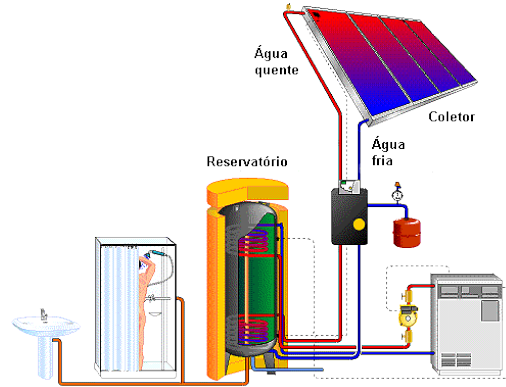


Figura 1: Sistema de aquecimento de água a partir da energia solar, fonte: [21]

zona bastante nublada onde estão instalados dezenas de milhares de sistemas de aquecimento de água nos telhados das casas.

Em regiões como o Sul da Califórnia, onde os níveis de radiação solar são mais do dobro dos registados em Inglaterra e os céus são mais límpidos, os raios solares são fortes, suficientemente fortes para tornar exequível a geração de vapor de água de elevadas temperaturas, utilizando *strings* de concentradores. Este vapor poderá ter aplicações como movimentar uma turbina que acionará por sua vez um gerador para produzir eletricidade.

Recorrer à energia solar para produzir diretamente eletricidade envolve o uso de uma tecnologia diferente e mais sofisticada designada de "*solar photovoltaic (PV)*". Os módulos fotovoltaicos são feitos por camadas de um semicondutor com características próprias (tipicamente silício), que gera eletricidade quando os fotões da luz atingem os módulos. Strings de módulos fotovoltaicos são normalmente montados nos telhados ou fachadas dos edifícios, fornecendo alguma, ou toda a sua necessidade energética.

A tecnologia fotovoltaica está a crescer aceleradamente e vários países já iniciaram desenvolvimento e demonstração de programas de grande importância. A Alemanha, por exemplo, planeia instalar 100 mil telhados e fachadas de edifícios até 2003.

Portugal também executa já há alguns anos programas de demonstração para promoção desta tecnologia, num boletim, "Projetos Portugueses de Demonstração Financiados pela Comunidade Europeia", constatei que no ano 1987 foram instalados

setenta e cinco sistemas fotovoltaicos em casas isoladas em Portugal, neste boletim, assim como nos restantes desta edição é possível observar que já nesta época a comunidade científica e política se preocupavam em demonstrar as vantagens destes avanços tecnológicos e como estes sistemas poderiam ser úteis à sociedade, (no anexo 1 é possível ver o boletim)

A tecnologia fotovoltaica irá contribuir significativamente para as necessidades energéticas mundiais nas próximas décadas, porém presentemente a sua fatia na produção energética mundial é extremamente baixa (possível observar no gráfico 2, já anteriormente apresentado). Esta situação é proporcionada principalmente pelo elevado custo dos módulos fotovoltaicos, que são correntemente produzidos em pequena escala.

Estudos demonstraram que se o número de fábricas de painéis fosse aumentado em cerca de vinte vezes, o custo dos módulos poderia diminuir de modo a tornar-se competitivo comparativamente com a eletricidade obtida a partir de fontes convencionais na maioria dos países industrializados.

A radiação solar, ao entrar na atmosfera terrestre, aquece regiões diferentes da atmosfera a diferentes extensões devido à curvatura da terra, maior extensão no equador e menor nos polos (como visível no anexo 2). O ar tende a fluir de regiões mais quentes para regiões mais frias, este fenómeno promove o aparecimento de ventos, este é aproveitado pelos moinhos de vento e turbinas de vento (aerogeradores) para produzir energia.

A energia eólica, tradicionalmente obtida e utilizada pelos moinhos de vento, na moagem do milho ou na bombagem de água, foi utilizada durante séculos. Na segunda metade do século XX, e particularmente nas últimas décadas, o uso de turbinas de vento para gerar eletricidade tem vindo a crescer. Desde 1991, a capacidade de potência instalada de aerogeradores tem vindo a duplicar a cada dois anos e meio. No final do ano de 2001 o total mundial de capacidade de potência instalada atinge os 23 GW.

Na Dinamarca, 15% das necessidades energéticas são supridas por turbinas eólicas, noutros países como a Alemanha, Espanha e Estados Unidos da América têm instalado mais que 1 GW de potência em aerogeradores por ano.

Presentemente, a maioria destas turbinas têm sido instaladas em terra, contudo, muitos países têm ambiciosos planos, nos quais pretendem instalar milhares de aerogeradores no mar. A Dinamarca, por exemplo, tem três parques eólicos no mar e pretende, a partir de 2020, aumentar a produção de eletricidade sendo o seu objetivo

obter a partir desta fonte 30% das suas necessidades energéticas. Um dos obstáculos deste plano é a aprovação política.

O Reino Unido também apresenta propostas no que concerne à construção de parques eólicos no mar. Neste país, as duas primeiras turbinas eólicas no mar foram instaladas em Blyth Harbour, Northumberland, em 2000. Posteriormente foram identificados locais de construção para 13 parques eólicos a construir na seguinte década que terão uma capacidade total instalada de 1,6 GW.

Outra área de grande interesse é a hidroelétrica, para haver produção de energia elétrica a partir da energia cinética dos rios é necessária a existência de infraestruturas apropriadas, as quais se designam por Centrais Hidroelétricas. Existem dois tipos principais de centrais. Por um

lado, as Centrais Hidroelétricas de pequenas dimensões, estas são idênticas a moinhos de água e encontram-se instaladas em pequenos rios, tendo como função produzir energia que será utilizada para alimentar uma povoação ou um complexo industrial. As suas turbinas têm potências instaladas até cerca de 10kW;

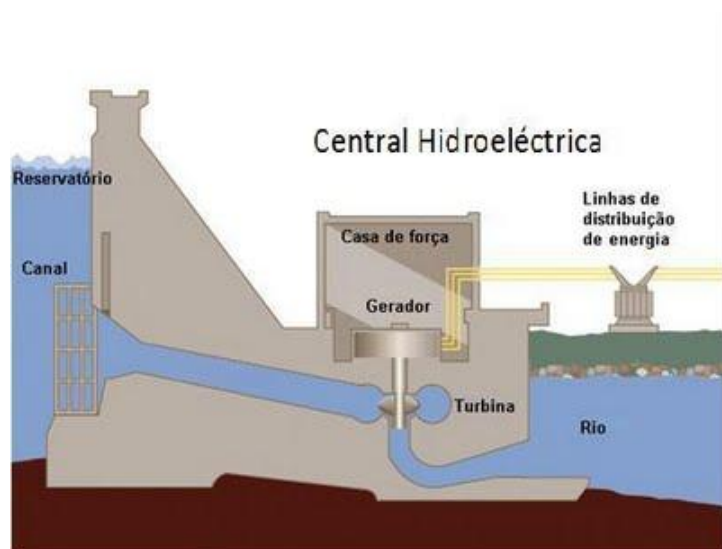


Figura 2: Esquema ilustrativo de uma Central Hidroelétrica, Albufeira sem bombagem, onde se pode visualizar a montante o reservatório de água, que ao passar pela turbina aciona o gerador que gera eletricidade que irá ser entregue à rede, fonte: [22]

Por outro as Centrais Hidroelétricas de grandes dimensões, também designadas por barragens. Estas barreiras artificiais são construídas nos cursos de água com o intuito de reter grandes quantidades dessa água. A sua construção pode ter vários fins, entre eles o abastecimento de água em zonas residenciais, agrícolas e industriais, produção de energia hídrica e regularização do caudal do rio a montante. Neste caso as potências das turbinas pode chegar aos MW.

Existem três tipos de aproveitamento dos cursos de água: a Fio de Água, de Albufeiras e de Albufeiras com Bombagem. As barragens de Fio de Água localizam-se normalmente em cursos de água

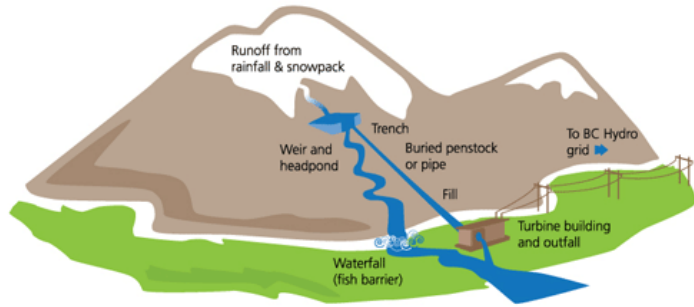


Figura 3: Esquema de uma barragem de Fio de Água, construídas com o intuito de canalizar alguma da água para produção de energia, fonte: [12]

de declive pouco acentuado. A reduzida capacidade de armazenamento faz com que as aflúências sejam lançadas para jusante (em direção à foz) quase instantaneamente, (na figura 3 podemos observar uma barragem deste tipo). Nas barragens tipo Albufeira

verifica-se a retenção de água. Estes reservatórios de água são utilizados na produção de energia e na regularização do regime dos rios. As Albufeiras com Bombagem são constituídas por barragens que retêm a água em albufeiras, porém estão equipadas com turbinas-bombas

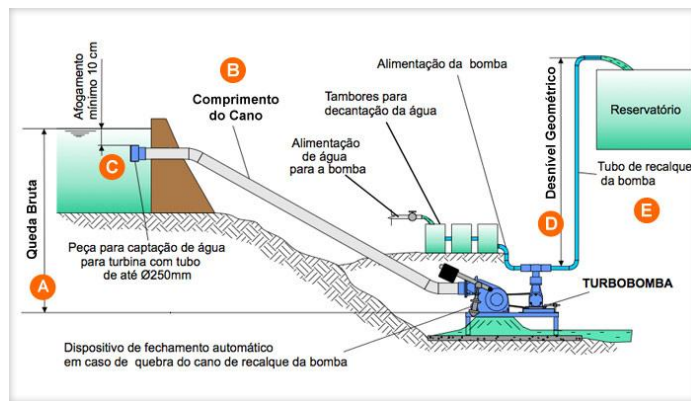


Figura 4: Esquema ilustrativo de uma Central Hidroelétrica de albufeira com bombagem, fonte: [11]

que permitem o retorno da água a montante. Durante as horas de maior consumo, a água da albufeira a montante é turbinada para jusante, produzindo-se energia elétrica; nas horas de baixo consumo, os excedentes de energia elétrica produzida são utilizados para elevar a água da albufeira a jusante para a albufeira a montante ou para um reservatório.

A produção de energia elétrica a partir da energia hídrica é das mais fáceis de explicar e entender. A água exerce uma pressão gigantesca sobre a parede da barragem. Assim, quando a água do rio entra em contacto com as pás das turbinas, será difícil estas não se moverem em torno do seu eixo. Como as turbinas se encontram acopladas a um gerador, este receberá a energia mecânica dos movimentos das turbinas e a converterá em energia elétrica.

Para que a energia elétrica produzida pelos geradores chegue a nossas casas é necessário a intervenção de um transformador, o qual tem como função aumentar a sua tensão elétrica (para 15000V ou mais). Só assim a energia elétrica ficará apta para ser transportada a longas distâncias.

Em Portugal, cerca de 40% da energia elétrica produzida é proveniente de barragens e pequenos centros hidroelétricos, embora seja um dos países europeus que menos usufrui da sua capacidade hídrica. O potencial de aproveitamento de energia hídrica está distribuído por todo o território nacional, com maior concentração no Norte e Centro do país.

Perto de Tomar pode-se encontrar a Barragem de Castelo de Bode, a qual contribui para a fatia dos 40% referidos anteriormente, com 396,5GWh de produção média anual.

Esta barragem é uma das dezoito barragens que compõem o Complexo Tejo-Mondego, juntamente com nove pequenas Centrais Hidroelétricas. Este Complexo é responsável pela produção anual de 2117GWh de energia elétrica.

A energia hídrica apresenta a vantagem de ter uma fiabilidade e resposta às variações de procura elevadas, o seu custo de produção é baixo, não polui o ambiente e é proporcionadora de desenvolvimento local (por exemplo, estabelecimento de vias fluviais, construção de vias de comunicação, fomento de atividades de lazer e de turismo).

Contudo, também apresenta desvantagens, provoca a erosão de solos, e consequentemente é afetada a vegetação local, pode provocar o deslocamento de populações ribeirinhas e o alagamento de terras, a sua construção exige a formação de grandes reservatórios de água que acabam por provocar profundas alterações nos ecossistemas, apresentam elevados custos de instalação e de desativação.

Os ventos, anteriormente referidos, ao soprem sob os oceanos do Planeta causam ondas, a energia de tais ondas pode atingir valores elevados, uma vez que se formam gradualmente ao longo de extensas distâncias. A dissipação desta energia é facilmente observável, na praia, no rebarbear das ondas.

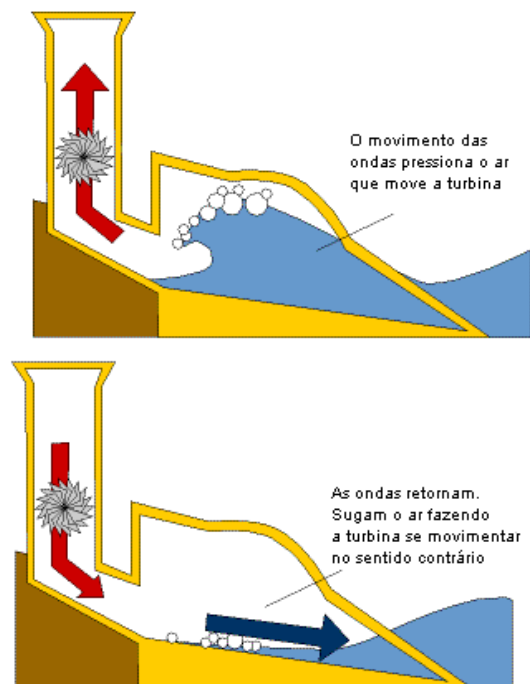


Figura 5: Coluna de água oscilatória, sistema de aproveitamento da energia das ondas, a ascensão e descensão das ondas promove o movimento de um sistema turbina-gerador e assim produzir eletricidade, fonte: [20]

Têm sido desenvolvidas várias tecnologias para aproveitar a energia das ondas nas últimas décadas, sendo a coluna de água oscilatória, talvez o modelo mais utilizado. Numa coluna de água oscilatória, a ascensão e descensão das ondas dentro de um espaço fechado, expele e suga ar alternadamente a partir de um tipo especial de turbina, que está acoplada a um gerador de modo a promover a produção de eletricidade.

A tecnologia em redor do aproveitamento da energia das ondas ainda não se encontra tão desenvolvida como a da eólica e fotovoltaica, apesar do seu potencial já ter sido evidenciado por muitos países, incluindo a Inglaterra. Avanços rápidos no desenvolvimento e demonstração da tecnologia podem ser esperados durante a próxima década.

Os oceanos apresentam mais energia do que demonstram, as ondas não são o único recurso à disposição do Homem, as marés, grandes massas de água, também apresentam energia. Esta energia promove a lenta subida e descida das marés à volta da costa, não estando envolvidas na criação das ondas.

A movimentação das marés é uma consequência da atração gravitacional da Lua para com os oceanos do Planeta. O Sol também influencia através da atração gravitacional, apesar de em pequena escala comparativamente com a Lua, exerce um efeito adicional ao ritmo das marés.

A principal tecnologia para aproveitar a energia das marés envolve a construção de uma barragem de baixa altura no estuário de um rio. Este tipo de barragens possui entradas (do lado do mar) que permitem, quando a maré está a encher, a passagem de água através de canais que contêm sistemas turbinador similares ao utilizado nos sistemas hidroelétricos. A entrada de água não promove a produção de energia, as turbinas estão imóveis. Quando o nível do mar atinge a altura máxima, as entradas fecham. Após algumas horas a maré desce e a água armazenada (do lado do rio) é libertada de forma controlada, são abertas as comportas e

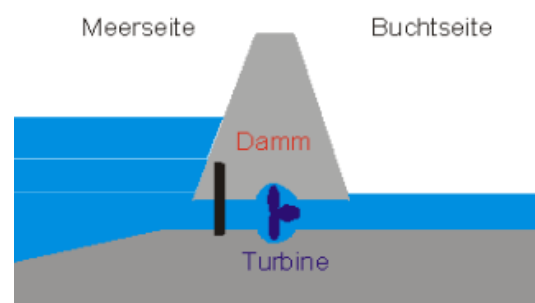


Figura 6: Barragem instalada no estuário de um rio, para aproveitamento da energia das marés, fonte: [28]

a água devido ao desnível tenderá a fluir em direção ao mar, a passagem da água movimentada as turbinas. As turbinas ao se movimentarem possibilitam a produção de energia.

O maior projeto desta tecnologia é em La Rance, França, apresentando uma capacidade de 240 MW. Além deste projeto existem outras instalações mais pequenas noutros países, nomeadamente Canadá, Rússia e China. A Inglaterra possui um dos maiores potenciais de construção a nível mundial deste tipo de instalações, um exemplo é Severn Estuary, se fosse construído aqui uma barragem no estuário, a sua capacidade seria de aproximadamente 8,6 GW, muito superior a qualquer uma conhecida e poderia alimentar cerca de 6% das necessidades energéticas de Inglaterra. No entanto até hoje ainda não foram implementadas quaisquer instalações, principalmente devido ao seu elevado custo e à preocupação com o impacto que as barragens poderiam proporcionar na vida selvagem nesse mesmo estuário.

Outra, nova tecnologia deste âmbito envolve o uso de turbinas subaquáticas para aproveitar a forte corrente das marés e oceanos que se movem em determinadas regiões costeiras. Um protótipo de 10 kW de uma turbina de correntes das marés foi testada em Loch Linne, na Escócia, em 1994, e um projeto maior, de 300 kW foi testado em Devon Coast em 2002. A tecnologia ainda se encontra em desenvolvimento, no entanto, apresenta-se como uma inovação muito promissora.

A energia Geotérmica, como o nome indica, tem como fonte o calor interno da Terra. O desenvolvimento desta tecnologia surgiu principalmente após se constatar a diminuição dos elementos radioativos.

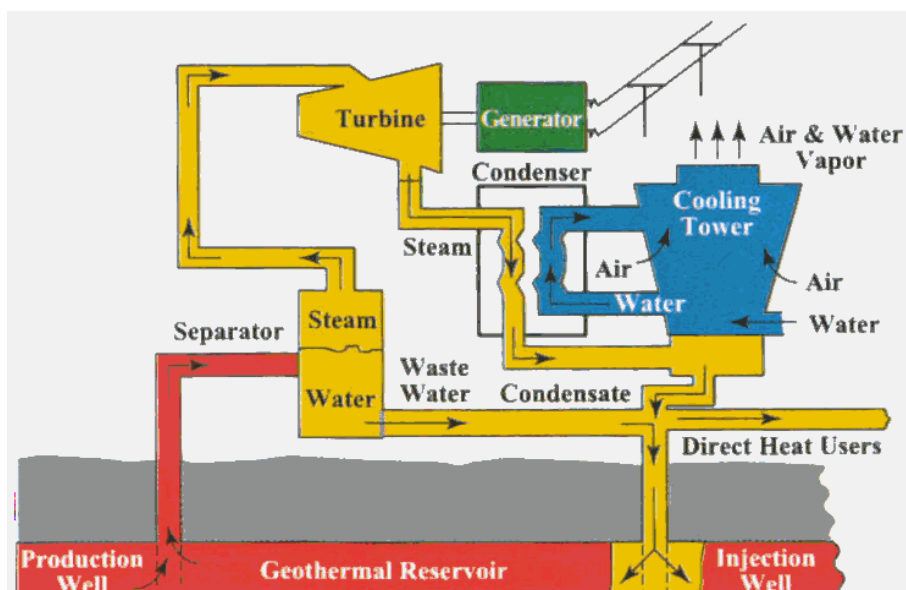
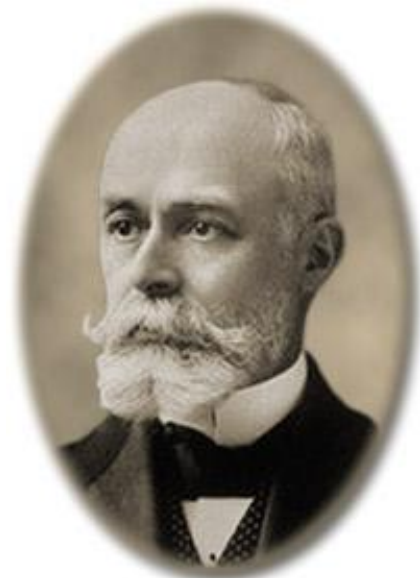


Figura 7: Esquema ilustrativo de um sistema de produção de eletricidade a partir do vapor de água proveniente do interior da terra, fonte: [36]

Os mais úteis recursos geotérmicos advêm, de corpos de água subterrâneos chamados aquíferos, estes conseguem conservar o calor, especialmente em áreas onde a atividade vulcânica e tectónica emite calor perto da superfície terrestre. A resultante água quente, ou nalguns casos, vapor de água, é utilizada para gerar eletricidade. Esta prática é exercida nalguns países como por exemplo Itália, Nova Zelândia e Filipinas e em mais de sessenta outros países, para aquecimento direto. A energia geotérmica já está a fazer uma pequena, porém útil, contribuição para alimentar as necessidades energéticas mundiais. O calor geotérmico deve ser extraído a uma velocidade que não exceda a velocidade com que ele se repõe no interior da Terra, de modo a garantir que seja um recurso renovável. Em muitos casos esta situação não é respeitada, e o calor geotérmico irá acabar localmente em talvez alguns anos ou décadas.

Devido à grande importância da energia solar tanto para a humanidade em geral como para a execução do meu estágio optei por desenvolver um pouco mais esta temática após a breve explicação das energias renováveis em questão.

Os primórdios da História da energia solar estão marcados pelo senso de observação e espírito crítico científico. Ou dito, por outras palavras, foi mais uma das invenções que surgiram “por acaso” na altura certa, observadas pela pessoa certa, que soube valorizar o seu potencial. O efeito fotovoltaico foi observado, pela primeira vez, em 1839, pelo físico francês, Alexandre Edmond Becquerel. O físico, como tantos outros seus colegas desse período, dedicou muito tempo ao estudo da eletricidade. Becquerel observou pela primeira vez o paramagnetismo do oxigénio líquido, e apesar de ainda ser muito jovem, com cerca de dezanove anos, conduzia uma série de experiências eletroquímicas, nas quais, colocava pares de placas metálicas dentro de um fluido condutor. Acidentalmente, (por acaso), o físico deixou o seu ensaio de elétrodos de platina e de prata ao sol e pôde constatar a formação de uma pequena tensão, verificou então, pela primeira vez, o efeito fotovoltaico.



**Alexandre Edmond Becquerel
(1820-1891)**

Figura 8 Retrato de Alexandre Edmond Becquerel com respetiva data de nascimento e óbito, fonte: [29]

Quase quarenta anos após os resultados experimentais de Becquerel, em 1877, o inglês Willoughby Smith descobriu que o selênio era sensível à luz. As suas descobertas estimularam o cientista William Adams e seu aluno Richard Day a investir tempo nesta área, conduzindo mais testes com selênio, desenvolveram o primeiro dispositivo sólido de foto-produção de eletricidade. Este era constituído por um filme de selênio depositado num substrato de ferro, no qual um filme de ouro muito fino servia de contacto frontal. Este dispositivo apresentava uma eficiência de conversão energética de aproximadamente 0,5%.

Ao observar o potencial industrial do trabalho desenvolvido por Adams e Richard Day, o físico Charles Frittes desencadeou os seus próprios ensaios com o selênio. Após alguns anos, em 1886, com sucesso, duplicou a eficiência, para cerca de 1%, construindo as primeiras verdadeiras células solares, dispositivos estes, constituídos por uma sanduiche de selênio entre duas camadas muito finas de ouro e outro metal.

Frittes precocemente percebeu a importância da sua descoberta e numa antecipada publicação expressou as grandes vantagens das células fotovoltaicas, “a fonte de energia solar não apresenta limites nem custos, e continuará a existir mesmo após as nossas reservas de combustíveis fósseis esgotarem”. Esta afirmação ainda hoje é verdade, a energia solar não apresenta limites, perante as fontes de petróleo, por exemplo.

Embora tenha sido Russel Ohl quem inventou a primeira célula solar de silício, considera-se que a Era moderna da energia solar teve início em 1954, quando Calvin Fuller, um químico dos American Bell Laboratories em Murray Hill, New Jersey, nos Estados Unidos da América, desenvolveu o processo de dopagem do silício. Fuller partilhou a sua descoberta com o físico Gerald Pearson, seu colega nos Bell Labs. Este, seguindo as instruções de Fuller, produziu uma junção p-n ou díodo, mergulhando num banho de lítio uma barra de silício dopado com um elemento doador eletrónico. Ao caracterizar eletricamente a amostra, Pearson descobriu



Figura 9: Fotografia dos cientistas (a partir da esquerda) Gerald Pearson, Daryl Chapin e Calvin Fuller na execução de experiências, medição da energia elétrica produzida com o primeiro dispositivo desenvolvido por eles, fonte: [24]

que esta exibia um comportamento fotovoltaico e partilhou a descoberta com ainda outro colega, Daryl Chapin, que tentava, porém sem sucesso, arranjar uma alternativa para as baterias elétricas que alimentavam redes telefônicas remotas.

As primeiras células fotovoltaicas assim produzidas tinham alguns problemas técnicos, estes foram posteriormente, superados pelo avanço da química, quando Fuller dopou silício primeiro com arsénio e depois com boro obtendo células que exibiam eficiências recorde de cerca de 6%.

A primeira célula solar foi formalmente apresentada na reunião anual da National Academy of Sciences, em Washington, e anunciada numa conferência de imprensa no dia 25 de Abril de 1954. No ano seguinte a célula de silício viu a sua primeira aplicação como fonte de alimentação de uma rede telefónica em Americus, na Geórgia.

No entanto, rapidamente se compreendeu que o custo das células solares era demasiado elevado, pelo que a sua utilização só podia ser economicamente competitiva em aplicações muito especiais, como, por exemplo, para produzir eletricidade no espaço. Recordemos que o primeiro satélite, o Sputnik, lançado em 1957, acabara, nesta altura, de inaugurar oficialmente a corrida ao espaço entre os Estados Unidos e a União Soviética.

Inicialmente, os satélites usaram pilhas químicas ou baseadas em isótopos radioativos. As células solares eram consideradas uma curiosidade, e foi com grande relutância que a NASA aceitou incorporá-las, como salvaguarda de uma pilha convencional, no Vanguard I, lançado em Março de 1958. A pilha química falhou, mas o pequeno painel com cerca de 100 cm², que produzia quase 0,1 W, manteve o transmissor de 5 mW em funcionamento muito para além de todas as expectativas: o Vanguard I manteve-se operacional durante oito anos.



Figura 10: Cientista segurando no Vanguard I, fonte: [37]

Depois desta demonstração de fiabilidade, durabilidade e baixo peso, o programa espacial norte-americano adotou as células solares como fonte de energia dos seus satélites. Também o programa espacial soviético viu nas células solares a solução para uma fonte de energia inesgotável para os seus satélites. Dois meses depois do

lançamento do Vanguard I, foi a vez do Sputnik-3. Posteriormente muitos outros se seguiram nas décadas subseqüentes.

Hoje, todos os veículos espaciais são equipados com células solares, desde a International Space Station aos Mars Rover, que ao fim de vários anos continuavam a percorrer o solo marciano. O desenvolvimento de células solares cada vez mais eficientes para utilização no espaço levou a alguns avanços tecnológicos importantes na década que se seguiu. É o caso da substituição, a partir de 1960, do contacto frontal único por uma rede de contactos mais finos mas espalhados, reduzindo a resistência em série e aumentando a eficiência.

Enquanto que nas primeiras células solares norte-americanas o substrato das células era silício do tipo n, os investigadores do programa espacial soviético escolheram substratos do tipo p, por ser mais económico de produzir. Mais tarde, verificou-se que o silício do tipo p é mais resistente à radiação pelo que, após a descoberta das cinturas de radiação de Van Allen, em 1960, o programa espacial norte-americano começou também a desenvolver células em substrato do tipo p. Outro avanço importante foi a chamada “célula violeta”, dos COMSAT Laboratories. Esta célula tinha uma zona do tipo n significativamente mais fina que as anteriores, o que permitiu eliminar a zona inativa à superfície, melhorando portanto, a resposta no azul. A célula violeta obteve uma eficiência recorde de 13,5%. Destaque-se ainda a utilização de um campo eléctrico na superfície posterior da célula (o Back Surface Field- BSF) criado a partir de uma difusão de alumínio, para melhorar a resposta da célula no vermelho, e a texturização da superfície frontal para reduzir as perdas por reflexão.

O progresso das células solares nos anos sessenta foi sobretudo motivado pela corrida ao espaço, desenvolveram-se células mais eficientes mas não necessariamente mais económicas. Nessa mesma década surgiram as primeiras aplicações terrestres. Foi o caso das células SOLAREX, uma empresa de Joseph Lindmeyer, que começou a produzir painéis fotovoltaicos para sistemas de telecomunicações remotos e boias de navegação. Este tipo de aplicações muito específicas eram então as únicas economicamente interessantes devido à inexistência de fontes de energia alternativas.

Esta situação viria a mudar de figura quando, no outono de 1973, o preço do petróleo quadruplicou. O pânico criado pela crise petrolífera de 1973 levou a um súbito investimento em programas de investigação, para reduzir o custo de produção das células solares. Algumas das tecnologias financiadas por estes programas revolucionaram as ideias sobre o processamento das células solares. É o caso da

utilização de novos materiais, em particular o silício policristalino (em vez de cristais únicos de silício, monocristais, muito mais caros de produzir) ou de métodos de produção de silício diretamente em fita (eliminando o processo de corte dos lingotes de silício, e todos os custos associados).

Outra inovação particularmente importante do ponto de vista de redução de custo foi a deposição de contactos por serigrafia em vez das técnicas tradicionais: a fotolitografia e a deposição por evaporação em vácuo. O resultado de todos estes avanços promoveu a redução do custo da eletricidade solar, de 60 €/Wp para cerca de 9 €/Wp, em menos de uma década. Do ponto de vista da eficiência de conversão das células solares, a barreira dos 20% de eficiência foi pela primeira vez ultrapassada pelas células de silício monocristalino da Universidade de New South Wales, na Austrália, aquando a equipa de Dick Swanson atingiu os 25% de eficiência em células com um concentrador.

As décadas de oitenta e noventa foram marcadas por um maior investimento em programas de financiamento e de demonstração motivados sobretudo pela consciência crescente da ameaça das alterações climáticas devido à queima de combustíveis fósseis. Exemplos destas iniciativas são a instalação da primeira central solar de grande envergadura (1 MWp) na Califórnia, em 1982, e o lançamento dos programas de “telhados solares” na Alemanha (1990) e no Japão (1993). Os poderes políticos compreenderam então que a criação de um verdadeiro mercado fotovoltaico não poderia basear-se apenas no desenvolvimento tecnológico, aumentando a eficiência das células (como na época da corrida ao espaço), ou reduzindo o seu custo de produção (como depois da crise do petróleo) mas também através de uma economia de escala: quantas mais células forem fabricadas menor será o custo unitário.

Um exemplo do impacto deste tipo de política é facilmente perceptível quando se consultam as conclusões de um estudo financiado pela Comissão Europeia, o MUSIC FM. Este mostrou que, utilizando tecnologia atual, melhorada apenas por investigação focada em resultados previsíveis, uma fábrica de painéis solares com um nível de produção da ordem dos 500 MW anuais levaria a uma redução dos custos dos painéis solares para valores competitivos com a energia convencional (1 €/Wp).

A partir de iniciativas de estímulo ao mercado fotovoltaico, como por exemplo a lei das tarifas garantidas na Alemanha, resultou o crescimento exponencial do mercado da eletricidade solar verificado no final dos anos noventa e princípios deste século: em

1999 o total acumulado de potência de painéis solares instalados, atingia a fasquia do primeiro gigawatt, para, três anos depois, o total acumulado ser já o dobro.

Entretanto, o desenvolvimento tecnológico do fotovoltaico não pára. Assim, em 1998 foi atingida a eficiência recorde de 24,7%, com células em silício monocristalino, enquanto, no ano de 2005, o grupo do Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems anunciou uma eficiência superior a 20% para células em silício policristalino. Células solares com configurações mais complexas, as chamadas células em cascata (ou tandem) que consistem na sobreposição de várias células semicondutoras, cada uma otimizada para um dado comprimento de onda da radiação, permitem atingir rendimentos de conversão superiores a 34%.

Como tecnologias emergentes nos sistemas fotovoltaicos, podemos considerar as células sensibilizadas por corante, Células orgânicas e Nano antenas. Estas tecnologias estão ainda numa fase de investigação mas apresentam elevado potencial de desenvolvimento.

Para a população em geral, censo comum, este tipo de aplicações poderá parecer fútil e sem aplicação prática, porém estas pessoas estão redondamente enganadas. Uma simples e rotineira ligação à internet, ver televisão, telefonar, são atividades que têm por base a utilização de sistemas fotovoltaicos, uma vez que dependem de satélites de telecomunicações, e estes funcionam a partir de energia fornecida por este tipo de sistemas. Outro exemplo também dependente de células fotovoltaicas são as redes de telecomunicações terrestres que constituem a base da funcionalidade da rede rodoviária, ferroviária e marítima. Na verdade, as células fotovoltaicas já beneficiam centenas de milhares de pessoas por todo o mundo.

Os sistemas fotovoltaicos são constituídos por células fotovoltaicas e componentes auxiliares, tais como, equipamentos de acondicionamento de energia e estruturas de apoio. As células fotovoltaicas são compostas por semicondutores que se comportam como díodos que convertem diretamente a luz solar em eletricidade através do efeito fotovoltaico. As células são normalmente colocadas lado a lado, e regidas por configurações tanto físicas como elétricas de modo a formar um módulo. Quando os vários módulos são montados e ligados em série e/ou em paralelo promovem a formação de tensão e corrente necessárias. A energia elétrica resultante é processada através de uma adequada unidade de acondicionamento de energia e fica disponível para responder aos requisitos das várias aplicações possíveis. A energia pode, consoante a necessidade, ser armazenada ou utilizada, o sistema pode estar ligado a uma rede

existente. O gerador fotovoltaico ou inversor, injeta na rede a máxima potência que pode produzir em cada instante. Entre o módulo e a rede existem equipamentos de regulação e interface que otimizam as condições de geração e as adaptam às condições de recepção impostas pela rede.

O valor de referência da tensão é calculado através de um modelo de simulação do comportamento do módulo fotovoltaico e constitui uma entrada de um conversor DC/DC usado para ajustar o nível de tensão de saída à tensão de entrada do inversor.

Em termos funcionais um inversor de um sistema fotovoltaico é constituído por:

- Entrada DC (corrente contínua), para ligação dos módulos fotovoltaicos;
- Unidade MPPT (seguidor de potência máxima), para obter a potência máxima;
- Conversor DC/DC (corrente contínua/ corrente contínua);
- Ponte Conversora DC/AC (corrente contínua/ corrente alternada);
- Filtros e equipamentos de monitorização e proteção.

A Figura apresenta um esquema que ilustra um sistema fotovoltaico típico, demonstrando possíveis aplicações dos sistemas fotovoltaicos.

Quanto às células fotovoltaicas, estas têm uma estrutura microscópica e macroscópica própria e específica, que consoante o modelo altera a eficiência e o custo. De um modo global são constituídas por silício.

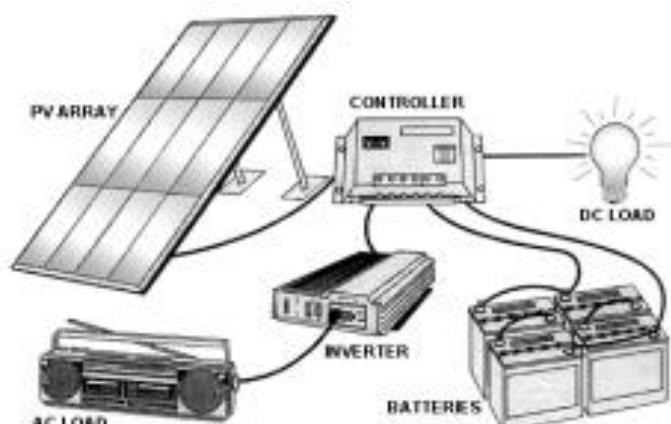


Figura 11: Esquema ilustrativo de um típico sistema fotovoltaico, com os seus diversos constituintes: células fotovoltaicas, componentes auxiliares que permitem a conversão da energia solar em eletricidade, baterias que permitem o armazenamento da eletricidade e exemplos de eletrodomésticos que podem estar ligados em rede com o sistema produtor de energia e funcionar com base na mesma, fonte: [9]

Explicando quimicamente, cada átomo de silício é formado por catorze prótons e catorze eletrões. Os prótons situam-se concentrados no núcleo tal como os catorze neutrões. Os eletrões vagueiam pela nuvem eletrónica em redor do núcleo. No nível eletrónico mais externo da nuvem eletrónica do átomo, a camada de Valência, existem quatro eletrões, o que implica que para o átomo se encontrar quimicamente estável terá de efetuar quatro ligações, para completar a sua camada de Valência (ter oito eletrões na mesma), assim sendo, na rede cristalina deste elemento cada átomo ligar-se-á a quatro

átomos vizinhos, ficando no estado estável, camada de Valência completa. Perante uma rede cristalina, para conseguir deslocar um elétron da camada de Valência para a banda de condução é necessário fazer incidir sobre o cristal, um fóton de energia, energia essa, designada por hiato (no caso do silício é necessário um hiato de 1,12 eV). O Sol emite radiação com energia suficiente capaz de mover um elétron para a banda de condução, deixando uma “lacuna”, carga positiva no lugar do elétron, o fóton criou um elétron-lacuna.

Uma célula fotovoltaica constituída apenas por cristais de silício puro não é capaz de produzir energia elétrica, os elétrons que são libertados para a banda de condução instantaneamente voltam a incorporar-se na rede cristalina nas “lacunas”, de modo a estabilizar a mesma. Os cristais de silício no seu estado íntegro não apresentam elétrons livres e como tal, não originam corrente elétrica. De modo a contornar esta questão, e ser possível formar corrente elétrica é necessário promover a formação de um campo elétrico e de uma diferença de potencial entre duas zonas da célula fotovoltaica.

A introdução de elementos estranhos, átomos de outros elementos na rede cristalina, o que altera a sua estabilidade, e propriedades elétricas (dopagem do silício) é possível criar duas zonas com propriedades elétricas distintas, uma zona com excesso de cargas positivas e outra com excesso de cargas negativas, estas zonas são designadas por camadas e respetivamente, camada P (cargas positivas) e camada N (cargas negativas), situação impossível de criar em silício puro.

Um exemplo dos elementos utilizados para dopar o silício é o Boro, uma vez ser menos eletronegativo e possuir apenas três elétrons na camada de Valência permite, na ausência de um elétron, criar uma “lacuna”, que tem a capacidade de “viajar” pelo cristal e se comportar como uma carga positiva.

Pelo motivo oposto, é utilizado o Fósforo para dopar o Silício e criar a camada N. O Fósforo possui na sua camada de Valência cinco elétrons e como tal, ao ser inserido na rede cristalina, para se tornar estável, liberta um elétron para o meio, este poderá “viajar” livremente.

A área de contacto entre as duas camadas, a junção P-N, reúne as condições necessárias para criar um campo elétrico que separa as cargas (diferença de potencial): por um lado, os elétrons (no estado excitado devido à ação de fótons provenientes da radiação solar) são acelerados para o terminal anódico (carga positiva que atrai as cargas negativas), por outro lado, as “lacunas” que são aceleradas para o terminal catódico (carga

negativa que atrai cargas positivas). Ao ligar os dois terminais a um circuito externo tornar-se-á possível circular corrente elétrica no mesmo.

Analisando a estrutura macroscópica de uma célula, a superfície ativa fotovoltaica típica de silício cristalino tem o formato de um quadrado com cerca de 10 cm de lado e pesa aproximadamente 10 gramas. É constituída, no seu interior, por uma grelha (cujos contatos frontais: em cobre, constituem os terminais positivos), uma película antirreflexo, a qual reduz a reflexão da radiação incidente para valores abaixo dos 5%.

Para além deste mecanismo de anti reflexão as células de alto rendimento apresentam uma textura especial de modo a que a reflexão se reduza para valores na ordem dos 2%, sem este revestimento (antirreflexo) a célula refletiria cerca de 1/3 da radiação. Em relação às dimensões podemos repartir as células nas suas diferentes camadas e especificar a dimensão de cada uma:

- Camada tipo N (região negativa da célula): a espessura desta camada é cerca de 300 nm.
- Camada tipo P (região positiva da célula): a espessura desta camada é cerca de 250000 nm.
- Contato traseiro (contato metálico localizado na parte posterior da célula) constitui o terminal positivo.

A corrente gerada pelo feixe de radiação luminosa ao atingir a superfície da célula é constante para uma determinada radiação incidente. A junção P-N funciona como um díodo que é atravessado por uma corrente interna unidirecional e depende da tensão aos terminais da célula.

A potência máxima varia com as condições ambientais (temperatura e radiação) bem como com a tensão aos terminais do módulo, os conversores fotovoltaicos possuem um sistema digital de cálculo da tensão à potência máxima (para cada par de valores: radiação e temperatura), designado por seguidor de potência máxima (MPPT).

A corrente de curto-circuito é o valor máximo da corrente de carga e é equivalente à corrente gerada pelo efeito fotovoltaico. A tensão em vazio é o valor máximo de tensão nos terminais da célula e ocorre quando esta está em vazio.

- A temperatura e a radiação incidente influenciam a eficiência das células:
- A potência gerada decresce com o aumento de temperatura;

- A tensão de circuito aberto decresce com a temperatura ($-2,3 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ numa célula);
- A corrente de curto-circuito varia muito pouco com a temperatura;
- A potência gerada aumenta com o aumento da radiação incidente;
- A corrente de curto-circuito varia linearmente com a radiação incidente;
- A tensão de circuito aberto varia pouco com a radiação incidente, no entanto esta variação é importante para valores baixos de radiação.

Posteriormente a esta análise podemos examinar os diferentes tipos de células, estas divergem consoante o material que as constitui. O material mais usado na composição das células fotovoltaicas é o Silício monocristalino, ostentando assim cerca de 60% da quota de

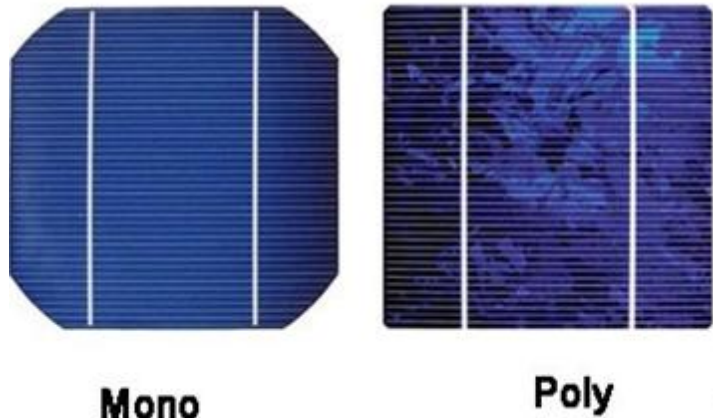


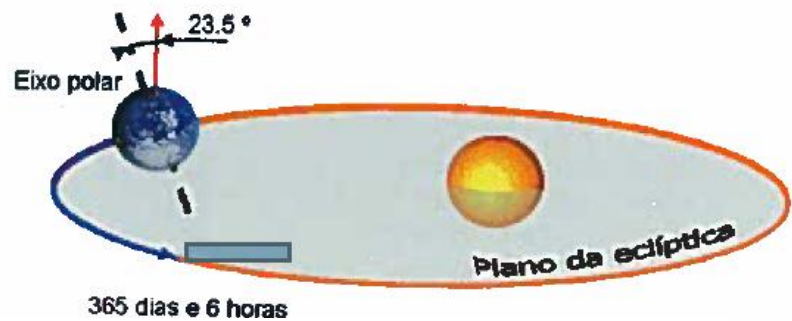
Figura 12: Comparação entre células de silício monocristalino e policristalino, fonte: [15]

mercado. A uniformidade da estrutura molecular resultante da utilização de um cristal único é ideal para potenciar o efeito fotovoltaico. A produção de silício monocristalino é onerosa. Apesar do rendimento máximo em laboratório rondar os 24%, na prática apenas atinge rendimentos na ordem dos 15%. O Silício policristalino ostenta cerca de 30% da quota de mercado de constituído por um número muito elevado de pequenos cristais com a espessura de um cabelo. As descontinuidades da sua estrutura molecular dificultam o movimento de eletrões e favorecem a recombinação com as "lacunas", reduzindo assim a potência gerada, o rendimento máximo em laboratório e em aplicações práticas rondam os 18 e 12% respetivamente. Possuem um fabrico mais barato do que o silício monocristalino. Por último o Silício amorfo, os equipamentos solares domésticos são normalmente feitos com células de silício amorfo e representam cerca de 4% da quota de mercado. O silício amorfo não possui estrutura cristalina, apresenta defeitos estruturais pelo que requer a adição de uma pequena quantidade de hidrogénio, este material absorve a radiação solar de um modo muito eficiente possibilitando o depósito de finas películas de silício amorfo sobre substratos (metal, vidro, plástico). É o processo de fabrico mais barato de todos os materiais referidos. Em laboratório é possível obter rendimentos na ordem dos 13%, porém na prática as

propriedades conversoras do material deterioram-se, sendo que com a utilização os rendimentos descem para cerca de 6%.

A potência máxima de injeção na rede depende da radiação e temperatura incidente na célula. A radiação incidente é obtida através de medições habitualmente realizadas sobre um plano horizontal, Contudo medições efetuadas e estimações realizadas para planos inclinados mostram que a maximização da potência máxima em Portugal é atingida com valores de inclinação de 50° a 60° no inverno e de 5° a 10° no verão. Ainda assim está comprovado que para Portugal o plano de inclinação que mais radiação aproveita ao longo de todo o ano é de 30° , tal como mostra a figura seguinte.

Esta situação poderá não ser diretamente perceptível, para a conseguir compreender irei aprofundar esta temática, a terra descreve uma órbita elíptica em torno do sol, este situa-se num dos focos da elipse.



365 dias e 6 horas
Figura 13: Esquema ilustrativo da trajetória da Terra em torno do Sol. fonte: [2].

O eixo, em torno do qual a terra gira sobre si própria, está inclinado em relação ao plano da órbita em cerca de 23 graus. Este eixo indica sempre para a mesma direção no espaço. Consequentemente, ao longo do ano, conforme a posição da terra na órbita, o sol ilumina o globo terrestre de modo diferente, o que determina o comprimento do dia. Define-se declinação como o ângulo entre a direção da radiação solar e o plano do equador.

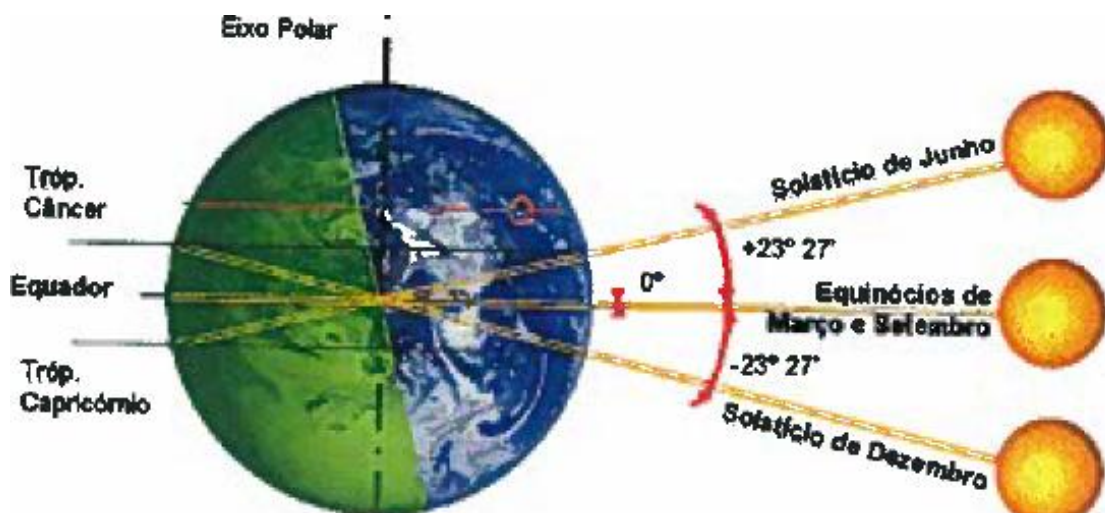


Figura 14: Esquema explicativo dos diferentes ângulos da radiação solar sobre a Terra na região equatorial, fonte: [2].

No referencial terrestre, isto é, observar o Sol como se fosse a terra o elemento fixo, a trajetória solar sugere um movimento aparentemente horizontal. A trajetória solar é expressa pela variação de dois ângulos, as coordenadas aparentes do Sol: a altura solar (o ângulo da direção do Sol acima do horizonte) e o azimute solar (o ângulo da direção do sol em relação ao sul no hemisfério norte).

Estas coordenadas solares ao longo do ano e do dia podem ser

representadas convenientemente numa trajetória estereográfica

cilíndrica. Para obter uma visão do conjunto de todas estas variações ao longo do ano, podemos representar em simultâneo a altura máxima do Sol, a declinação e a duração do dia.

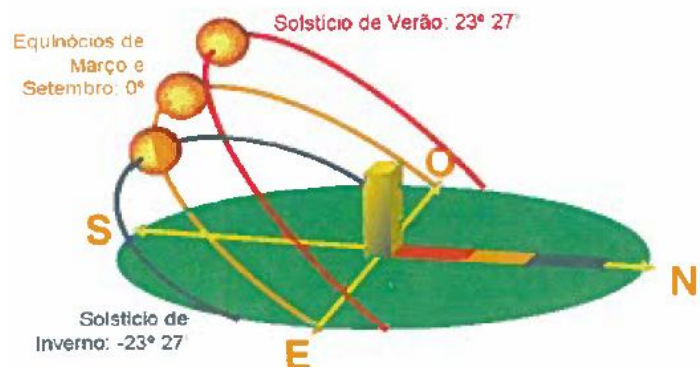


Figura 15: Esquema ilustrativo do referencial terrestre, trajetória do Sol quando imaginamos o planeta Terra fixo e o Sol a girar em torno deste, fonte: [2].

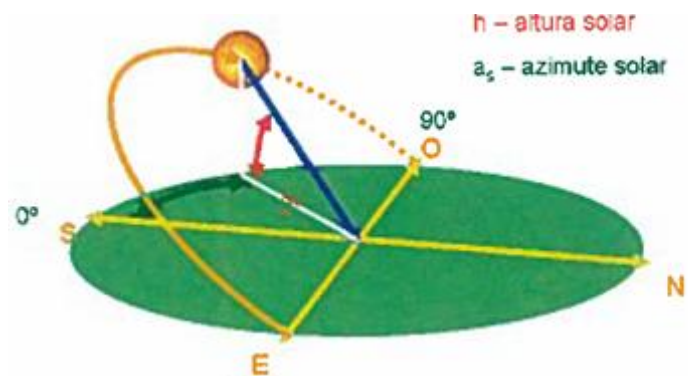


Figura 16: Esquema explicativo de como calcular o azimute e a altura, fonte: [2].

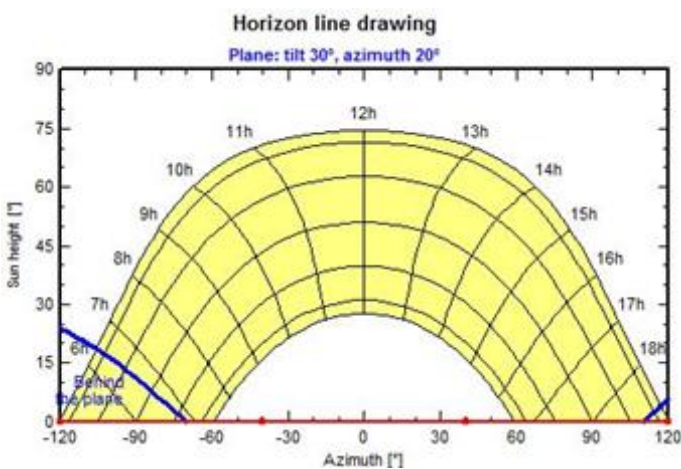


Gráfico 3: Gráfico de Sombreamentos de um determinado local no Norte do País, fonte: [33].

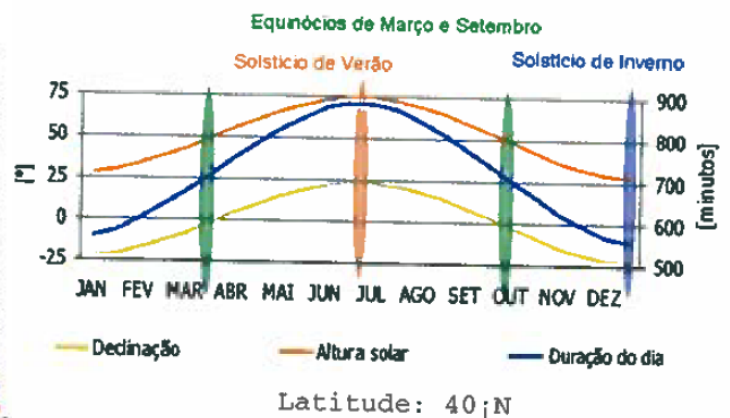


Gráfico 4: Representação em simultâneo da duração do dia, da altura solar e da declinação, fonte: [2].

As variações da posição do Sol ao longo do dia e do ano influenciam muito a energia da radiação recebida à superfície da terra. Considerando um dia com céu limpo, ao meio dia, com cerca de 1000 W/m^2 . Se o sol aparecer na vertical, então 1 m^2 de solo recebe 1000 W ; mas se a altura solar for menor, então a mesma irradiação distribui-se por uma área maior de solo.

Isto explica na sua maior parte, que a irradiação solar cresça da manhã para o meio-dia e decresça para a tarde; que seja maior no verão que no inverno; e também parte das diferenças de clima entre zonas polares, temperadas e equatoriais.

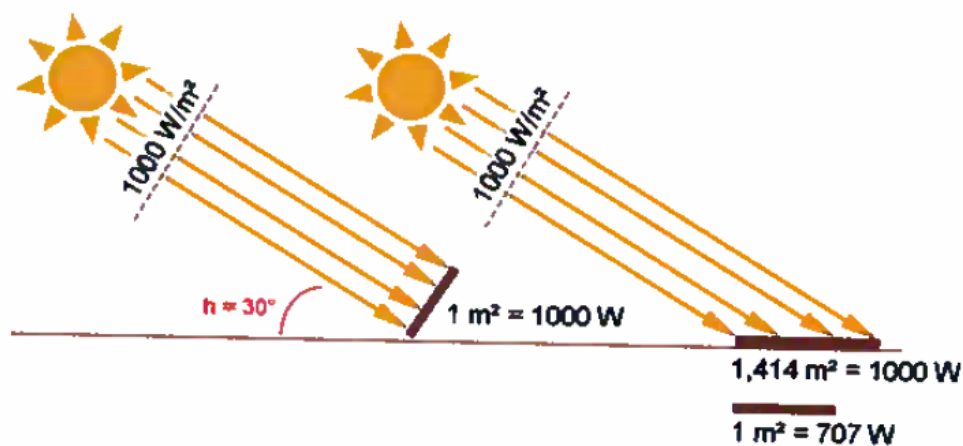


Figura 17: Esquema demonstrativo de como a inclinação poderá aumentar a eficiência, e deste modo, ser necessário uma menor área para produzir a mesma energia, fonte: [2].

Claro que existem outros efeitos importantes, nomeadamente o bloqueio da radiação pelas nuvens, diferente ao longo do dia e principalmente ao longo das estações do ano. Há ainda efeitos de muito menor grau resultantes de diferenças no percurso da radiação na atmosfera e na distância entre Sol e a Terra.

Quando temos um sistema solar queremos naturalmente captar o máximo de energia possível. Para tal, a melhor solução não é uma superfície de captação horizontal, mas sim uma superfície inclinada. De facto, ao orientar uma superfície na direção do sol, obtemos a mesma energia por metro quadrado com uma área mais pequena; ou dito de outra forma, maior rendimento e eficiência.

Existem outras razões adicionais para orientar os painéis para o Sol, por exemplo, a forma como variam as frações de energia absorvida e refletida pelo painel, a direção da radiação é um fator importante.

Por razões práticas não é conveniente seguir o Sol permanentemente com o painel, pelo que a grande maioria dos painéis são fixos. Neste caso o melhor é

orientar os painéis para Sul, deste modo a superfície permanece mais tempo a ser irradiada pelo Sol. Exceção desta regra são casos em que há grandes obstáculos ou determinados efeitos microclimáticos, nestas situações já se torna mais difícil escolher a inclinação ótima. A melhor resposta depende do clima do local e da aplicação do sistema solar. Em geral, uma inclinação um pouco inferior à latitude do lugar otimiza a energia recolhida ao longo do ano. Porém, aplicações predominantemente para o inverno ou verão pedem uma inclinação algo diferente.

Felizmente, pequenos desvios da orientação ótima não causam diminuições significativas na energia recolhida por um sistema solar, tanto no que remete à orientação como para a inclinação.

A diminuição da energia disponível num absorvedor posicionado de modo diferente do ótimo, e a percentagem de energia captável face à horizontal, são completamente traduzidas por curvas de penalização, que dependem da latitude, do clima do lugar, e do tipo de aplicação pretendida.

Como já sugerido anteriormente, sombras provocadas por obstáculos podem prejudicar muito o aproveitamento da radiação solar, é de aconselhar a mudança da orientação dos painéis, sendo que seria selecionada uma orientação que estivesse livre o horizonte. As projeções estereográficas antes mencionadas são um auxílio importante para analisar estes problemas.

De seguida ficam algumas vantagens e desvantagens desta tecnologia:

Vantagens:

- É uma energia renovável e presente em quantidade suficiente em quase todo o Mundo, permitindo assim a sua instalação rentável;
- É não poluente, não causa danos ambientais e é silenciosa (aquando da sua utilização);
- É bastante fiável;
- Os painéis têm fácil portabilidade, adaptabilidade e facilidade de instalação;
- Tem um tempo médio de vida bastante elevado (por volta dos 25 anos);
- Os custos de instalação, de operação e de desativação são baixos;

- A manutenção é quase inexistente, sendo apenas necessária no caso dos sistemas seguidores devido aos motores, sendo que os painéis não necessitam de nenhuma manutenção, salvo casos de danos físicos que impedem o seu correto funcionamento;
- Permite a incorporação de módulos adicionais em série ou paralelo no sentido de aumentar a potência instalada;
- É resistente a condições climáticas extremas.

Desvantagens:

- O fabrico dos módulos necessita de tecnologias muito sofisticadas e investimento elevado;
- O rendimento real de um painel é reduzido tendo apenas em laboratório atingido um pouco acima dos 30% para células monocristalinas, sendo que em aplicações práticas atinge por volta dos 20%;
- A resposta às variações de procura é baixa, apesar de hoje em dia estar a melhorar;
- Raramente são competitivos com outras tecnologias do ponto de vista económico, sendo que com os avanços tecnológicos obtidos nos últimos tempos tem-se aproximado de tecnologias mais maduras;
- O transporte da matéria-prima para a construção das células e a sua produção é poluente devido, por exemplo ao combustível gasto em máquinas, camiões, entre outros casos.

2. Apresentação da Entidade Acolhedora

Nascido em 2004, o Grupo SINERGIAE, sediado em Antanho, distrito de Coimbra, é uma empresa virada para diversos projetos e composta por vários sub-grupos diferentes tais como a SINERGIAE Engenharia, SINERGIAE Energias Renováveis, SINERGIAE Materiais e Exportação, SINERGIAE Espaço e Tecnologia, SINERGIAE Investimento, cada um destes com a sua vertente.

O Grupo SINERGIAE tem conquistado a preferência dos consumidores ao longo dos anos, tendo conseguido executar vendas espalhadas por todo o mundo como se pode ver na figura seguinte.

A maioria dos projetos retratam sistemas fotovoltaicos (área de maior volume de negócio da empresa). Os painéis utilizados pela empresa foram desenvolvidos em Portugal, porém são produzidos na Índia, devido ao menor custo de produção. O Grupo SINERGIAE conseguiu expandir o seu negócio e alcançou projetos de grandes dimensões tanto no país como no estrangeiro, sendo de destacar projetos executados na Suíça (durante o meu tempo de estágio) e anteriores no Brasil, Marrocos, Angola, Índia e Alemanha, apesar de não estar representado no mapa, como retratam as próximas figuras.



Figura 18: Mapa com as zonas de ação do Grupo SINERGIAE, fonte: [34]



Figura 19: Fotografia do sistema fotovoltaico instalado pelo Grupo SINERGIAE na Índia, fonte: [34]



Figura 20: Fotografia do sistema fotovoltaico instalado pelo Grupo SINERGIAE na Alemanha, fonte: [34]

Com esta estabilidade comercial o Grupo SINERGIAE decidiu iniciar a produção da sua própria marca de painéis fotovoltaicos, a SINPRIME, a marca possui modelos diferentes cujos rendimentos podem atingir os 14,8%, dotados de tecnologia policristalina, distinguem-se em:

- Painéis Sinprime Eco

Consiste no modelo de painéis de potências mais baixas da SINPRIME, com potências de 210, 220 e 225 W tendo rendimentos de 13,4, 13,6 e 13,9% respetivamente, sendo que o rendimento das suas células é de 15,05, 15,10 e 15,25% respetivamente.

SINPRIME ECO



Figura 21: Esquema ilustrativo do painel SINPRIME ECO, fonte: [34]

- Painéis SINPRIME Premium

São a gama mais utilizada pelo Grupo SINERGIAE na instalação dos seus sistemas fotovoltaicos e possuem as maiores potências e rendimentos, sendo que os seus modelos possuem potências de 230, 235 e 240 W, com rendimentos de 14,2, 14,5 e 14,8% respetivamente, em particular, os rendimentos das células são de 15,5, 16 e 16,25% respetivamente.

SINPRIME PREMIUM



Figura 22: Esquema ilustrativo do painel SINPRIME Premium, fonte: [34]

- Painéis SINPRIME Gold

São a gama menos conhecida da SINPRIME, mas merecem referência ao seu alto desempenho, com dois modelos de 230 e 235 W, rendimentos de 14,2 e 14,5% e rendimento das células de 15,5 e 16,20% respectivamente.

SINPRIME GOLD



Figura 23: Esquema ilustrativo do painel SINPRIME Gold, fonte: [34]

Outro dos serviços que o Grupo SINERGIAE instala é o AQS (águas quentes sanitárias), neste campo o grupo limita-se por realizar projetos em Portugal, mas tem conseguido estabelecer-se no mercado, alcançando já vários projetos como exemplifica a seguinte figura.



Figura 24: Fotografia de um sistema AQS instalado pelo Grupo SINERGIAE, fonte: [34]

Um outro setor que está com grande desenvolvimento por parte do Grupo é a investigação, na qual a empresa participa em projetos espaciais, tendo mesmo já fabricado uma peça, a Zephyr, tendo sido 100% concebida pelo Grupo para a ESA (European Space Agency - Agência espacial Europeia), será utilizada na missão espacial PILOT.

O grupo possui além disso uma vasta gama de serviços a nível financeiro tais como crédito ao investimento, consultoria em projetos, análise financeira e de investimento e gestão de investimentos em centrais fotovoltaicas, a nível de parcerias energéticas tais como parcerias em centrais de minigeração fotovoltaica, em parques fotovoltaicos ligados à rede e para municípios ao abrigo do protocolo ECO-AP e a nível de consultoria energética tal como auditorias energéticas, análise de projetos arquitetónicos, investimento, plano de negócios, plano estratégico de desenvolvimento energético, ECO-AP e Investigação.

2.1. Enquadramento Geográfico

A sede da empresa SINERGIAE fica situada na localidade de Antanhol, na freguesia de Antanhol, Concelho de Coimbra.

Está situada a cerca de 180 km da cidade de Lisboa e a 120 km do Porto, possui assim bons acessos a ambas as cidades assim como a outros pontos importantes próximos da sua localização, tais como, Figueira da foz, Aveiro, Leiria, Pombal, Condeixa-a-Nova, Viseu, Seia, entre outros.

Uma das suas filiais está situada em Algueirão - Mem Martins, estando assim situada num grande centro urbano que engloba Sintra, Cascais, Loures, Lisboa, Amadora, Odivelas, Sacavém, Algés, Oeiras, entre outros, e ainda localizações da margem sul tais como Setúbal, Almada, Alcochete, Corroios, Sesimbra, Barreiro, Palmela, Pinhal Novo, assim como outras localidades um pouco mais distantes mas ainda assim a distâncias acessíveis e com bons acessos, o que facilita a deslocação para a instalação dos sistemas. A Filial do Norte está situada em Vila Real, ficando assim numa localização privilegiada de acesso a vários centros urbanos tais como: Porto, Braga, Bragança, Guimarães, Matosinhos, Gaia, Póvoa do Varzim, Viana do Castelo, Chaves, Fafe, Vila Nova de Famalicão, entre outros.

O grupo possui ainda vários parceiros espalhados pelo Mundo, tal como na Suíça, Brasil e Angola.

2.2. Oferta da Empresa

O Grupo SINERGIAE tem uma vasta gama de serviços para fornecer aos seus clientes, a começar pela instalação de sistemas fotovoltaicos de microgeração (até 5,75 kW), minigeração (de 5,75 a 250 kW) e sistemas isolados de qualquer ordem de potência, o Grupo efetua também instalações de sistemas de AQS pelos sistemas de Circulação forçada, termossifão, caldeiras a Pallets, o Grupo instala ainda sistemas de Piso Radiante.

Esta empresa desenvolve também projetos na área da aeronáutica, onde tem capacidade científica e técnica para construir componentes de hardware, componentes esses podem ser integrados na aviação militar ou civil. O departamento Space and Technology é responsável pela conceção de todos os elementos incorporados nos projetos de energia. O grupo possui ainda experiência na indústria a nível do cimento, indústria de celulose, e refinaria de óleo, onde a empresa pretende conseguir para estes uma eficiência energética melhorada, ou seja, produzir mais respeitando o ambiente. Ambiente esse protegido pela EIA (Environmental Impact Evaluation), um instrumento de proteção que avalia os impactos causados por projetos públicos ou privados. Esta avaliação é feita por uma equipa qualificada de experiência reconhecida, oferecendo uma vasta gama de soluções e serviços a nível do ambiente.

De seguida seguem-se uma lista um pouco mais explícita dos serviços prestados pela empresa SINERGIAE:

- Licenciamento de Energia;
- Auditorias Energéticas;
- Projetos em Energia Renovável;
- Monitorização do Consumo e Avaliação;
- Mecânica Estrutural: Realização e otimização de sistemas estáticos ou dinâmicos, com recurso a simulação;
- Mecânica de Fluidos: Realização de simulações computacionais através de métodos estáticos e dinâmicos, para compreensão da distribuição de fluxo e de parâmetros, tais como a pressão e velocidade;

- Análise Térmica: Realização isolada ou integrada com os módulos térmicos/mecânica estrutural ou térmica/mecânica de fluidos. Os estudos são efetuados em regime permanente ou transiente;
- Projetos CAD 3D: Através de software específico, são realizados modelos virtuais em 3D para posterior análise através dos diversos modelos de simulação computacional ou construção física;
- Criogenia: Área de forte especialização, a SINERGIAE possui historial na conceção de criostatos para missões espaciais;
- Avaliação de Impacto Ambiental;
- Avaliação Ambiental Estratégica;
- Incidência Ambiental;
- Medidas Ambientais;
- Projetos de energia solar fotovoltaica e térmica;
- Soluções financeiras a nível do crédito ao investimento, consultoria em projetos, análise financeira e de investimento, Gestão de investimentos em centrais fotovoltaicas;
- Parcerias energéticas em centrais fotovoltaicas e para municípios ao abrigo do protocolo ECO-AP;
- Consultorias energéticas em projetos solares, auditorias energéticas, análise de projetos arquitetónicos, investimento, plano de negócios, plano estratégico de desenvolvimento energético, ECO-AP e investigação;
- ESCO/ESE: Para empresas particulares, a SINERGIAE apresenta um modelo amplo de participação, no qual cada empresa poderá delinear o seu próprio modelo.

2.3. Organização e Gestão da Empresa

O Grupo SINERGIAE é uma empresa multinacional, com a sua sede em Antanhol, Coimbra. Os seus Sub-Grupos possuem autonomia quer de recursos, quer financeira.

A empresa possui a sua própria tecnologia de painéis e por isso mesmo tem a capacidade de fabricar os seus próprios painéis, existindo assim uma linha de montagem de painéis da marca Sinergieae na Índia, local de onde são exportados para Portugal, diretamente para a sua sede, de onde depois são encaminhados para as instalações dos sistemas.

Surpreendentemente esta empresa possui poucos postos de trabalho apesar do seu grande sucesso, a sua sede possui seis técnicos de instalação de sistemas, um comercial, um Engenheiro de realização de projetos fotovoltaicos, um Engenheiro de realização de projetos de AQS e estruturas, um Engenheiro de realização de auditorias, um responsável pelas encomendas e definição de preços dos produtos, uma secretária, um Engenheiro responsável pelo Pós-Venda e o Administrador Geral, este responsável por importantes contactos em benefício da empresa. Uma das suas Filiais, em Mem-Martins, possui apenas quatro elementos, dois técnicos de instalação de sistemas, um Engenheiro responsável pelos projetos de AQS e um administrador responsável por aquisição de clientes, projetos fotovoltaicos, entre outras tarefas. A sua efetividade de negócio só é alcançada devido à sua organização.

A SINERGIAE obtém os seus recursos financeiros maioritariamente a partir dos projetos fotovoltaicos e de AQS efetuados, recursos esses utilizados para o pagamento dos salários, serviços prestados, matérias-primas, entre outras despesas que uma empresa acarreta.

2.4. Caracterização física da Empresa

O Grupo SINERGIAE está dividido em vários ramos de negócio, assim como estudos, possuindo assim cinco grupos principais:

- SINERGIAE Engenharia;
- SINERGIAE Materiais e exportação;
- SINERGIAE Industria;
- SINERGIAE Investimento;
- SINERGIAE Ambiente.

Ainda dentro do grupo da SINERGIAE Engenharia, possui duas filiais ativas, uma em Mem Martins, e outra em Vila Real, ficando esta última responsável pela zona Norte do País (do Porto até à fronteira com a Espanha), a cada mãe, situada em Antanhol-Coimbra fica responsável pela zona de Tomar até ao Porto e a filial de Mem Martins fica responsável pela zona desde Tomar até ao Algarve.

A sede da SINERGIAE apresenta a sua componente física numas instalações de moderno design, na freguesia de Antanhol, Concelho de Coimbra. Nessas instalações é possível constatar áreas específicas para armazenamento de materiais, ferramentas e carrinhas; áreas de escritório, onde funcionários como os engenheiros, comercial, secretária executam as suas tarefas do dia-a-dia. A empresa possui três carrinhas, duas delas utilizadas no transporte dos materiais e técnicos aos locais das obras e a outra utilizada maioritariamente para encontros com clientes e ainda um pequeno automóvel destinado na sua maior parte ao comercial da empresa. Para além da sede, a SINERGIAE criou até hoje duas Filiais, uma em Mem-Martins e outra em Vila Real, a filial de Mem-Martins encontra as suas instalações em escritórios de um prédio, onde possui um pequeno armazém de material e ferramenta e possui uma carrinha de transporte de materiais e dos técnicos para os locais das obras, assim como um pequeno automóvel destinado principalmente a encontros com clientes por parte do administrador regional

3. Estagio Curricular

3.1. Como ser produtor

Para ser produtor, o cliente interessado deve possuir, no caso da microgeração uma potência mínima de 6,9kVA instalados na sua residência, com vista a preencher os requisitos mínimos de potência, e poderá instalar um sistema mínimo de 3,45kVA até 5,75kVA se possuir potência suficiente (o dobro do sistema pretendido) para regime geral, ou por outro lado, 3,45kVA ou 3,68kVA para regime bonificado. Para sistemas de minigeração o cliente pode instalar um sistema desde 5,75kVA a 250kVA se possuir também o dobro da potência do sistema pretendido.

Para instalar uma unidade de microprodução ou miniprodução, o interessado deve proceder ao seu registo no SRM (Portal de registo da microprodução), a partir do preenchimento de um formulário eletrónico a aprovar por despacho do diretor geral de Energia e Geologia. O formulário está disponibilizado no sítio da internet da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), inclui o tipo de regime remuneratório pretendido e o comercializador com o qual o produtor pretende celebrar o respetivo contrato de compra e venda de eletricidade. O registo em caso de correto preenchimento e não ultrapassar os limites de potência previstos, é aceite a título provisório até ao pagamento da taxa aplicável através de terminal Multibanco ou sistema de Homebanking no prazo máximo de cinco dias úteis, com base em informação disponibilizada pelo SRM.

Depois do registo provisório o requerente tem 120 dias para instalar a unidade de microprodução e requerer o certificado de exploração, ou seja, a inspeção, através do SRM mediante o preenchimento de formulário eletrónico.

Para casos de incumprimento de qualquer uma das obrigações previstas, o registo é automaticamente anulado. Durante o período de 120 dias para a instalação da unidade de microprodução, podem tanto a DGEG como a entidade com competência delegada por esta, solicitar ao produtor os esclarecimentos que sejam considerados necessários para se poder efetuar a inspeção.

Se o produtor pretender efetuar alguma alteração na sua instalação de microprodução deve então efetuar um novo registo aplicável à totalidade da instalação que substitui o anterior, mas mantendo-se a data da instalação inicial.

3.2. Pontos principais de um projeto fotovoltaico

São vários os pontos principais para a realização de um projeto fotovoltaico, acerca dos quais será de seguida realizada uma breve explicação.

Para começar é necessário fazer uma visita técnica ao local pretendido para a instalação do sistema previamente combinada com o agente comercial da empresa, o qual se deslocará ao local e obterá todos os dados relevantes para o dimensionamento do sistema.

Na visita técnica será necessário obter toda a informação possível e essencial tal como:

- Coordenadas GPS do local em graus, minutos e segundos;
- Inclinação e azimute do telhado em relação a Sul;
- Localização do poste mais próximo e baixada;
- Localização do contador de compra e local a instalar o contador de venda;
- Potência instalada;
- Localização de instalação de inversor e necessidade ou não de armário;
- Tipo de Cobertura do telhado;
- Distâncias entre painéis-inversor e inversor-contador;
- Variadas fotografias acerca de todas estas localizações;
- Sistema pretendido;
- Outras observações relevantes.

Depois de ter sido efetuada a visita técnica e de termos a folha de levantamento de obra preenchida, é transmitida essa mesma folha ao engenheiro para que ele possa iniciar o dimensionamento do sistema.

Para fazer o dimensionamento do sistema o engenheiro tem ao seu dispor diversas ferramentas de software que o ajudarão em todo o processo, desde ao estudo do local em questão até à realização do documento que será apresentado ao cliente.

Durante todo este processo devem ser tomados em conta os pontos referidos anteriormente para que o sistema fique o mais preciso possível tanto em termos de produções como em termos de remunerações sobre a energia produzida assim como no seu investimento inicial entre outros fatores relevantes que explicarei melhor mais a frente.

Após ser conhecido o respetivo orçamento, produções e remunerações o engenheiro comunica ao comercial, que contactará com o cliente a fim de fechar negócio e adjudicar a obra, ou por sua vez, caso o cliente não esteja inteiramente satisfeito, negociar tanto quanto possível um melhor preço para que fique a obra adjudicada.

Com a adjudicação feita, a empresa fará o início da obra o mais breve possível e terá um prazo de cento e vinte dias para terminar a obra.

Após o termo da obra será feito um pedido de inspeção ao qual será obtida uma resposta com a data e a hora da inspeção do sistema.

No dia da inspeção o engenheiro terá que se deslocar ao local a fim de guiar o inspetor pelos locais pretendidos e componentes que este pretende ver/medir.

Sendo aprovado o sistema, será marcado o dia e a hora da ligação do sistema à rede, o qual terá novamente a presença do engenheiro que acompanhará o processo de ligação do sistema.

Após a ligação o processo passará para a parte de pós venda que tratará de falar com o cliente se assim for necessário, ou seja, na maioria dos casos, se existir algum problema com o sistema ou aconteça algo anormal tal como ter o sistema desligado da rede sem produzir devido a alguma falha no inversor, painéis ou proteções e desta forma, a produção do sistema não estará de acordo com o projeto.

3.3. Dimensionamento de um sistema fotovoltaico

3.3.1. Microgeração

Aqui será referido passo a passo o desenvolvimento de todo o sistema assim como os programas utilizados e como são utilizados.

Este é sem dúvida o ponto mais importante de todo o processo, é neste ponto que será decidido todo e qualquer equipamento a ser instalado no sistema, é neste ponto que será trabalhado por forma a ser o mais exato possível nas produções, rendimento, retorno de investimento e orçamento para se poder proporcionar ao cliente uma opção acertada em todos os sentidos.

Como já referido anteriormente, terá que ser efetuada uma visita técnica previamente combinada com o comercial que irá ao local e recolherá toda a informação anteriormente referida e será comunicada ao engenheiro que começará então o seu trabalho.

Assim sendo, deverá começar-se por analisar todos os dados presentes na folha de levantamento, iniciando assim o estudo do projeto pela sua localização que será obtida através das coordenadas GPS retiradas no local, localização esta que será o ponto de partida para começar a trabalhar no software de dimensionamento de projetos, neste caso é utilizado o programa PVSYST, no qual terá todas as localizações necessárias à realização de projetos em qualquer ponto do país, o mais exato possível.

Caso este programa não possua, ou não tenham sido adicionadas as localizações necessárias será necessário um outro software de obtenção de dados climatológicos (o Solterm 5.0 neste caso), que serão guardados e a partir deles será possível introduzir a nova localização no PVSYST, as figuras seguintes retratam a obtenção de dados climatológicos a partir do programa Solterm 5.0.

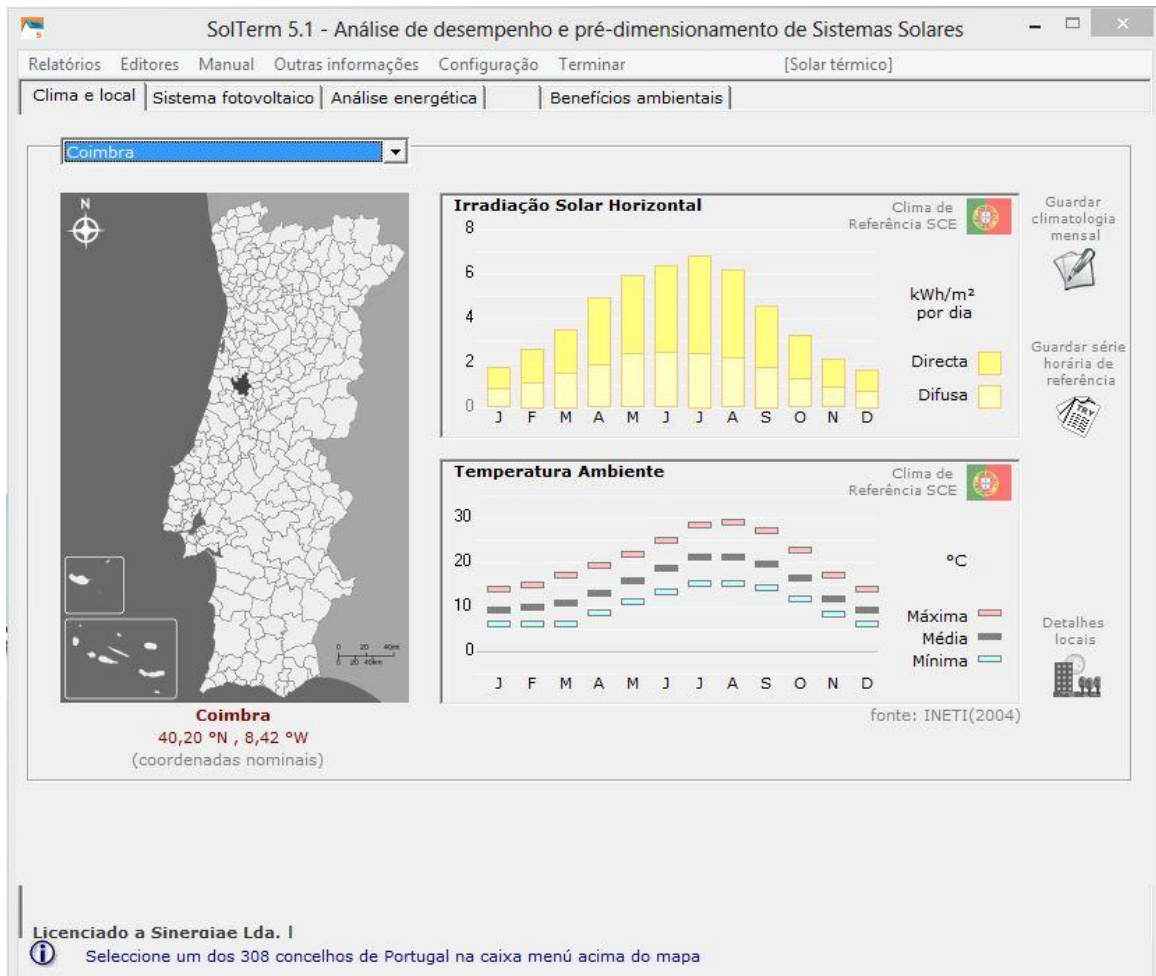


Figura 25: Print screen do programa Solterm, onde podemos seleccionar a localização do sistema fotovoltaico por Concelho, podemos ainda ver o gráfico da radiação direta e difusa e da temperatura ambiente, estes dados podem ser guardados num documento txt guardando a climatologia mensal (à direita), Fonte [39]

SolTerm 5.1

Climatologia mensal associada aos Regulamentos Energéticos para Edifícios
(DLs 78, 79 e 80 / 2006 de 4 de Abril)

Propriedade: LNEG(2009).
Utilização licenciada a: Sinergiae Lda.
()

Centro nominal do concelho de Coimbra
Latitude 40,2°N - Longitude 8,4°W

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM
fonte: INETI(2004)

	Irradiação Solar Diária Horizontal (kwh/m²)			Temperatura Ambiente (°C)			Humidade relativa (%)
	Global	Difusa	Directa	Mínima	Máxima	Média	Média
Janeiro	1,8	0,9	0,9	6,0	13,8	9,2	79
Fevereiro	2,6	1,2	1,5	6,2	14,8	9,8	78
Março	3,5	1,6	1,9	6,2	17,0	10,8	76
Abril	4,9	1,9	3,0	8,5	19,2	13,1	74
Maio	5,9	2,4	3,5	11,0	21,7	15,7	72
Junho	6,4	2,5	3,8	13,3	25,0	18,6	71
Julho	6,8	2,5	4,4	15,2	28,4	21,1	67
Agosto	6,2	2,2	4,0	15,1	28,8	21,1	67
Setembro	4,5	1,8	2,7	14,2	27,0	19,6	70
Outubro	3,3	1,3	2,0	11,8	22,7	16,3	74
Novembro	2,2	0,9	1,3	8,2	16,9	11,8	77
Dezembro	1,7	0,8	0,9	6,0	14,0	9,3	79

	Índice de claridade	fracção difusa (%)	Amplitude térmica (°C)
Janeiro	0,43	49	7,8
Fevereiro	0,46	44	8,7
Março	0,44	46	10,8
Abril	0,49	39	10,6
Maio	0,51	41	10,7
Junho	0,51	40	11,7
Julho	0,57	36	13,2
Agosto	0,58	36	13,7
Setembro	0,52	41	12,8
Outubro	0,50	40	10,9
Novembro	0,47	42	8,8
Dezembro	0,45	47	8,0

Figura 26: Print screen dos valores retornados pelo programa Solterm depois de guardada a climatologia mensal, os valores de radiação global e difusa e ainda da temperatura média são essenciais à continuação do dimensionamento do projeto, Fonte [39]

Depois de obtidos e guardados em ficheiro txt, os dados no programa Solterm 5.0, será então introduzida a nova localização no PVSYST como demonstram as imagens seguintes:

Geographical Coordinates | Monthly meteo

Location

Site name Please define the site name.

Country Region

Latitude * (+ = North, - = South hemisph.)

Longitude * (+ = East, - = West of Greenwich)

Altitude M above sea level

Time zone Corresponding to an average difference

Legal Time - Solar Time = 1h 0m

Figura 27: Print screen dos parâmetros a definir ao inserir uma nova localização, desde o nome do site fonte, país, região, latitude e longitude em decimal ou graus e minutos, altitude, e horário da zona, em relação a uma dada referência, habitualmente GMT, Fonte [33]

Geographical Coordinates | Monthly meteo

Site **0**

Data source

	Global Irrad. kWh/m ² .day	Diffuse kWh/m ² .day	Temper. °C	Wind Vel. m/s
January	0.00	0.00	0.0	
February	0.00	0.00	0.0	
March	0.00	0.00	0.0	
April	0.00	0.00	0.0	
May	0.00	0.00	0.0	
June	0.00	0.00	0.0	
July	0.00	0.00	0.0	
August	0.00	0.00	0.0	
September	0.00	0.00	0.0	
October	0.00	0.00	0.0	
November	0.00	0.00	0.0	
December	0.00	0.00	0.0	
Year	0.00	0.00	0.0	

Required Data

Horizontal global irradiation

Average Ext. Temperature

Extra data

Horizontal diffuse irradiation

Wind velocity

Irradiation units

kWh/m².day

kWh/m².mth

MJ/m².day

MJ/m².mth

W/m²

Clearness Index Kt

Figura 28: Print screen da entrada dos valores de radiação global e difusa e temperatura média, tal como mostra nos separadores da direita (Required Data e Extra Data), valores obtido da climatologia mensal do programa Solterm, assim como as unidades para a radiação, e definição da fonte dos dados, Fonte [33]

Após guardada a nova localização na base de dados do programa será feito um projeto preliminar que tem por objetivo obter um gráfico de valores de radiação na localização pretendida como é mostrado no exemplo da figura seguinte.

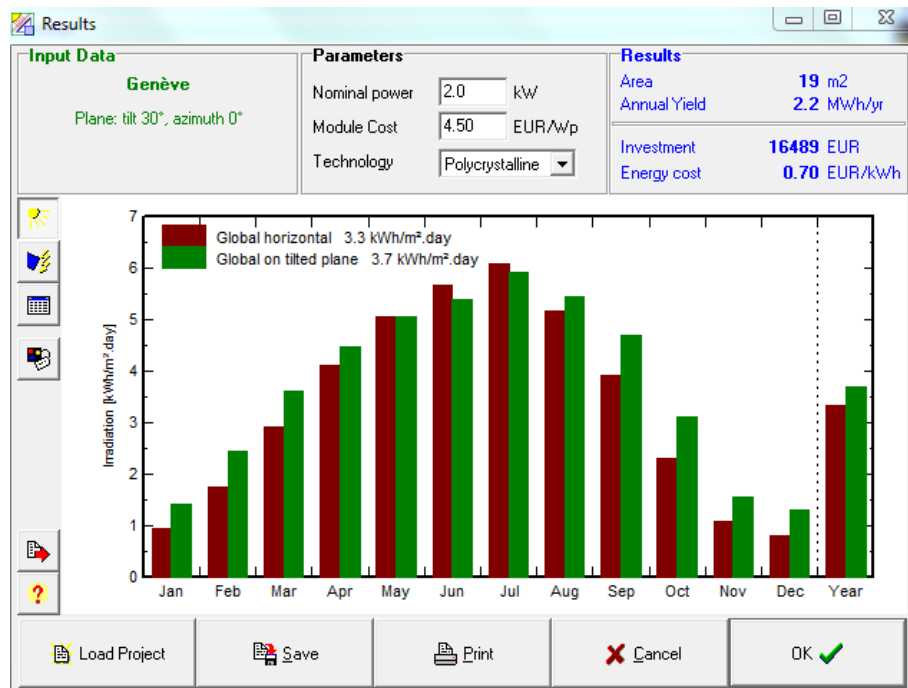



Figura 29: Print screen do output dos valores de radiação para a localização referida, neste caso o programa mostra o global horizontal ou para um plano inclinado a 30°, podemos ver a diferença existente entre plano horizontal e inclinado, Fonte [33]

Sendo que já temos o nosso gráfico de radiação iremos então iniciar o projeto que nos dará todos os outros dados necessários posteriormente á composição correta da folha de cálculo que mais a frente será explicado.

Como inicio do nosso projeto teremos que escolher novamente a localização pretendida e posteriormente selecionar o tipo de sistema que pretendemos, fixo ou seguidor, se for fixo iremos escolher a nossa inclinação e azimuth conforme explicitado na folha de levantamento. Caso seja seguidor teremos que escolher os ângulos limite de inclinação e azimuth, neste caso tipicamente os valores são de 0° a 90° para a inclinação e de -135° a 135° para o azimuth, e, para ambos os sistemas temos que ter em consideração a existência de objetos passíveis de causar sombras nos painéis, ponto este tratado no próprio gráfico de sombreamentos, para que possamos obter o gráfico correto, que terá posteriormente influência nas produções do sistema, as imagens seguintes demonstrarão o descrito neste parágrafo.

Project's designation
 The Project includes mainly the geographic SITE definition, and the associated METEOD hourly file 

Project's name: DEMO - Stand alone system at Dakar Date: 30-09-1999

Customer: _____ Phone: _____

Address: _____ Fax: _____

City: _____ Email: _____

Country: _____

System Variant
 A system version includes all Parameters required for a simulation, the Results of the simulation, and an eventual Economic Evaluation. Within a project, you may construct as many System versions as desired.

Variant n°: VCO : Basic simulation: 6 modules - 360 Wp


Figura 30: Print screen do passo seguinte do programa, inserção dos dados referentes ao cliente, como por exemplo, nome e morada, Fonte [33]

Field type: Fixed Tilted Plane

Field Parameters

Plane Tilt: 15
 Azimuth: 0.0

Optimisation by respect to:

- Yearly irradiation yield 
- Summer (Apr-Sep)
- Winter (Oct-Mar)

Winter meteo yield

Transposition Factor FT	1.11
Loss By Respect To Optimum	-4.4%
Global on collector plane	1160 kWh/m ²

Figura 31: Print screen do ponto do programa onde se referencia primeiramente o tipo de sistema pretendido pelo cliente, posteriormente é definida a inclinação e azimute, tanto para sistema fixo como seguidor e por fim escolhe-se a época do ano sobre a qual se pretende ter como referência (inverno para o pior caso e verão para o caso mais favorável) , Fonte [33]

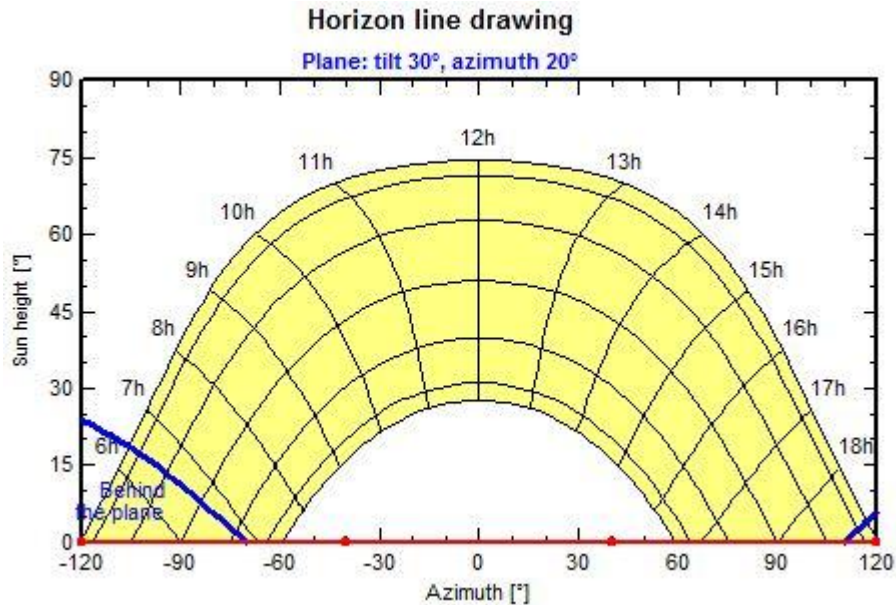


Figura 32: Print screen do mapa de horizontes onde são mostrados os limites do plano que escolhemos, em cima temos a inclinação e azimuth do nosso sistema, à esquerda a altura do sol ao longo do dia, podemos ainda considerar o inverno como sendo as linhas mais interiores e o verão as mais exteriores, caso existam obstáculos adicionais, a linha vermelha pode ser movimentada para nos dar um panorama mais acertado, Fonte [33]

Depois de termos os sombreamentos passamos à parte mais importante, o dimensionamento do sistema, para isso necessitamos de saber qual o sistema pretendido pelo cliente, sendo que para regime bonificado da microgeração o máximo admissível é 3,68kW (tendo como potência instalada mínima de 6,9 kVA) e para regime geral é 5,75kW (sendo que ainda assim não pode nunca ultrapassar metade da potência contratada).

Habitualmente para o regime bonificado opta-se pela opção de 3,45 ou 3,68kW, sendo que para os 3,45kW existem duas opções diferentes de inversor com número de painéis diferentes (dezoito ou vinte painéis de 235W), e para 3,68kW tipicamente é utilizado sempre o mesmo inversor com a mesma configuração de painéis (vinte painéis de 235W). É importante referir que em qualquer destas situações a potência de pico de painéis instalada é sempre o mais próximo possível do limite de potência de entrada do inversor, com isto conseguimos ter mais horas durante o dia com o inversor a funcionar à potência máxima, o que resultará numa produção de energia mensal superior ao invés de termos uma potência de pico de painéis igual à potência de saída do inversor.

As seguintes imagens mostram um exemplo de inversor e demonstram de forma geral como é dimensionado o sistema.



Figura 33: Figura ilustrativa dos inversores tipicamente utilizados num sistema de microgeração, à esquerda o inversor Kaco 4200 de 3,45kVA, à direita o inversor SolarMax 4200S de 3,45 ou 3,68kVA, Fonte [26], [38]

Global System configuration

1 Number of kinds of sub-fields

Simplified Schema

Global system summary

Nb. of modules	700	Nominal PV Power	49.0 kWp
Module area	441 m ²	Maximum PV Power	46.7 kWdc
Nb. of inverters	13	Nominal AC Power	35.8 kWac

Homogeneous System

Presizing Help

No Sizing Enter planned power kWp, ... or available area m²

Select the PV module

Sort modules Power Technology Manufacturer All modules

70 Wp 14V	Si-mono	BP270L	BP Solar	Manufacturer	
70 Wp 14V	Si-mono	BP270L	BP Solar	Manufacturer	
70 Wp 13V	Si-mono	BP370	BP Solar	Manufacturer	
70 Wp 15V	Si-mono	CS6D - 70M	Canadian Solar Inc.	Manufacturer 201	
70 Wp 14V	Si-mono	PM 70	Central Electronics	Photon DB 2006	
70 Wp 14V	Si-mono	HF70/5/16	Enecom Italia	Photon Maq. 2006	
70 Wp 15V	Si-mono	MN 8/70	EniTechnologie	Photon Maq. 2006	
70 Wp 15V	Si-mono	GB-Sol 70	GB-Sol	Photon Maq. 2006	
70 Wp 16V	Si-mono	GB-Sol Flexi-70	GB-Sol	Photon Maq. 2006	
2.8 kW	268 - 480 V	50/60 Hz	Sunny Boy SB 3000	SMA	

Nb. of inverters Operating Voltage: **268-480 V** Global Inverter's power **35.8 kWac**
 Input maximum voltage: **600 V**

Design the array

Number of modules and strings

Mod. in series should be between 19 and 25

Nbre strings

Overload loss **1.6 %**

Phom ratio **1.37**

Nb. modules 700 Area 441 m²

Operating conditions

Vm_{pp} (60°C) 363 V
 Vm_{pp} (20°C) 439 V
 Voc (-10°C) 600 V

Plane irradiance **1000 W/m²** Max. in data STC

Im_{pp} (STC) 115 A Max. operating power **44.2 kW**
 at 1000 W/m² and 50°C

Isc (STC) 127 A


Isc (at STC) 125 A **Array nom. Power (STC) 49.0 kWp**

User's needs Detailed losses Cancel OK

Figura 34: Print screen do ponto do dimensionamento onde escolhemos a potência de painéis pretendida, o modelo do painel e conseqüentemente a área é automaticamente calculada, assim como o número de painéis, Fonte [33]

Global System configuration

1 Number of kinds of sub-fields

 Simplified Schema

Global system summary

Nb. of modules	700	Nominal PV Power	49.0 kWp
Module area	441 m ²	Maximum PV Power	46.7 kWdc
Nb. of inverters	13	Nominal AC Power	35.8 kWac


Homogeneous System

Presizing Help

No Sizing Enter planned power kWp, ... or available area m²

Select the PV module


Sort modules: Power Technology Manufacturer All modules

70 Wp 14V	Si-mono	BP270L	BP Solar	Manufacturer	
-----------	---------	--------	----------	--------------	---

Sizing voltages: V_{mpp} (60°C) **14.5 V**
V_{oc} (-10°C) **24.0 V**


Select the inverter

Sort inverters by: Power Voltage (max) Manufacturer All inverters

2.8 kW	268 - 480 V	50/60 Hz	Sunnv Bow SB 3000	SMA	 35.8 kWac
2.8 kW	250 - 500 V	50 Hz	PS3000op/HV	Centrosolar	
2.8 kW	250 - 500 V	50 Hz	PS3000ip/HV	Centrosolar	
2.8 kW	260 - 500 V	50/60 Hz	ULX 3000 HV	Danfoss	
2.8 kW	200 - 500 V	50 Hz	PS 3000i-HV	SolarStocck	
2.8 kW	200 - 500 V	50 Hz	PS 3000i-HV	SolarStocck	
2.8 kW	250 - 550 V	50 Hz	CICLO-3000	Atersa	
2.8 kW	156 - 585 V	50/60 Hz	SUNWAY M XR 3600E	Santerno	

Mod. in series: should be between 19 and 25

Nbre strings:

Overload loss: **1.6 %**  Show sizing

P_{nom} ratio: **1.37**

V _{mpp} (60°C)	363 V
V _{mpp} (20°C)	439 V
V _{oc} (-10°C)	600 V

Plane irradiance: **1000 W/m²** Max. in data STC

I_{mpp} (STC): 115 A Max. operating power: **44.2 kW**

I_{sc} (STC): 127 A at 1000 W/m² and 50°C

I_{sc} (at STC): 125 A **Array nom. Power (STC) 49.0 kWp**

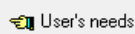
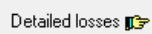


 User's needs
 Detailed losses
 Cancel
 OK

Figura 35: Print screen da escolha do inversor, neste caso é escolhido um inversor que tenha potência de entrada superior à potência de pico dos painéis, é dimensionado o número de inversores a utilizar, o número de strings por inversor e o número de painéis por string, Fonte [33]

Depois de dimensionado o sistema é hora de correr o programa e obter resultados, estes resultados dirão não só o quanto os painéis produziram mas também o que foi realmente injetado na rede, que é inferior devido às perdas, entre outros parâmetros, a simulação do sistema oferece também um relatório detalhado sobre todas as perdas do sistema, quantidades e onde ocorreram essas quantidades. As imagens seguintes ilustrarão o descrito no parágrafo anterior.

New simulation variant
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%	%
January	62.0	10.70	92.4	89.6	1382	1348	12.81	12.49
February	81.2	11.40	110.7	107.5	1657	1618	12.82	12.52
March	117.8	12.50	139.9	136.0	2068	2019	12.67	12.36
April	153.0	14.10	162.4	157.6	2380	2321	12.55	12.24
May	192.2	16.50	186.7	181.0	2711	2647	12.44	12.15
June	198.0	19.00	185.1	179.4	2648	2587	12.26	11.97
July	213.9	20.80	203.8	197.7	2901	2835	12.20	11.92
August	201.5	21.20	207.5	201.5	2954	2886	12.20	11.92
September	144.0	20.30	164.0	159.3	2340	2285	12.23	11.94
October	105.4	17.40	135.7	131.6	1979	1933	12.50	12.20
November	72.0	13.40	108.7	105.5	1610	1571	12.69	12.38
December	58.9	11.00	94.0	91.1	1415	1380	12.90	12.58
Year	1599.9	15.72	1790.9	1737.8	26045	25428	12.46	12.17

Figura 36: Print screen dos valores retornados pelo programa para um determinado sistema, começando da esquerda para a direita temos a produção que os painéis iriam conseguir estando na horizontal em kWh/m², depois temos a temperatura média ambiente em °C, a produção dos painéis no plano escolhido em kWh/m², depois temos a produção dos painéis entregue á rede em kWh/m², de seguida temos a produção de energia das strings de painéis em kWh, temos ainda a energia entregue à rede em kWh, por fim temos a eficiência das strings de painéis em percentagem e a eficiência global de todo o sistema em percentagem, Fonte [33]

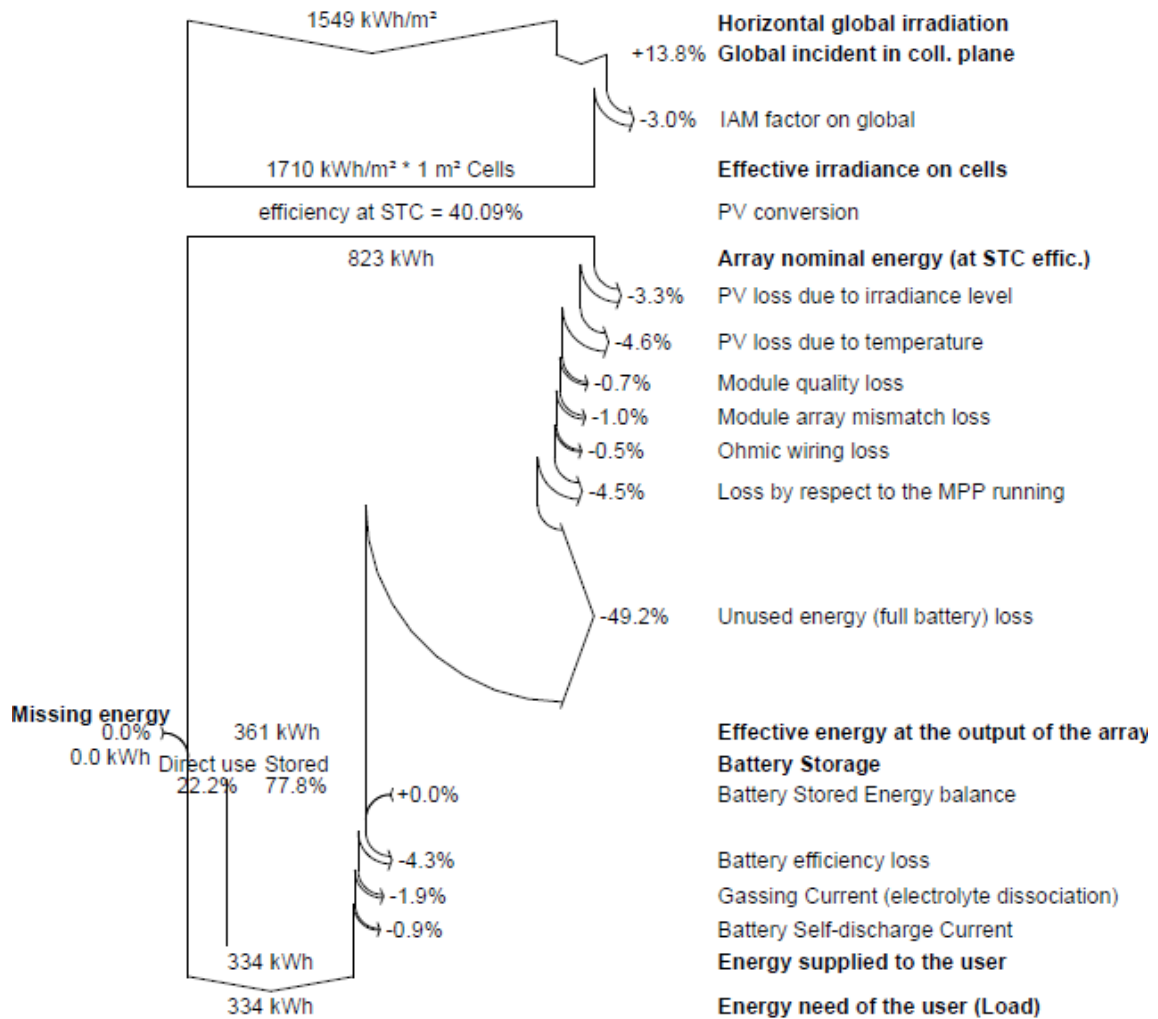


Figura 37: Print Screen referente aos valores retornados pelo programa PVSYST no que diz respeito às perdas, aqui podemos observar onde existiram as perdas, e respectivas quantidades em %, se retirarmos o que diz respeito às baterias, podemos constatar que o valor de perdas do sistema é compensado pelo facto de termos escolhido um plano inclinado, Fonte [32].

Depois de obtidos os resultados de que necessitávamos podemos passar para a folha de cálculo (anexo 3), onde iremos utilizar estes mesmos resultados para podermos realizar o nosso orçamento e obter novos resultados importantes para a realização do nosso documento de apresentação ao cliente (AP - Anteprojecto).

Primeiro que tudo teremos que passar os valores das produções que injetámos na rede, obtidas no PVSYST, para a folha de cálculo o que por sua vez nos dará as emissões de CO₂, o número de árvores que pouparemos por ano ao instalar o sistema e o gráfico de produção do nosso sistema em cada mês, depois teremos que confirmar a tarifa que utilizaremos (regime bonificado ou geral), para que consigamos obter o gráfico do rendimento durante vinte e cinco anos (tempo médio de vida útil do sistema)

e também o dinheiro que receberemos até ao ano oito, quinze e vinte e cinco com o sistema.

Após estes passos prosseguiremos para a parte do orçamento, onde não só orçamentamos todas as parcelas do sistema como dimensionamos determinadas destas parcelas, tais como:

- Inversor;
- Tipo e número de painéis;
- Cablagens a utilizar e comprimentos;
- Tubagens a utilizar e comprimentos;
- Caixas e aparelhagens de corte e proteção;
- Logística;
- Diversos;
- Engenharia;
- Instalação;
- Sapata (se necessário);
- Vala (se necessário);
- Estrutura (se necessário);
- Contador;
- Alteração de baixada (se necessário);
- Seguidor (se necessário).

Inversor - Este componente já está definido à partida quando foi feita a simulação do sistema no programa PVSYST, basta apenas orçar o componente em questão.

Tipo e número de painéis - Tal como o inversor, este componente já haveria sido dimensionado quando foi feita a simulação do sistema no programa PVSYST, e basta orçar o número total de painéis a utilizar.

Cablagem a utilizar e comprimento - Depende do sistema que iremos instalar e da localização de painéis, inversor e contador devido às distâncias entre estes elementos. Primeiro o sistema será tanto mais caro quanto maiores forem as distâncias entre os elementos principais do sistema, sendo que pode mesmo chegar a valores bastante elevados nesta parcela se as distâncias apenas permitirem a utilização de cablagens de grande secção, o tipo de cablagens depende ainda de como o sistema vai ser instalado (fixo ou seguidor) e se os cabos serão instalados ao ar ou enterrados. Por exemplo, se considerarmos um sistema fixo com os cabos ao ar (painéis - inversor) teremos que utilizar cabo solar (FBBN), cabo este que está preparado para aguentar as radiações UV (ultravioletas), será ainda necessário algum cabo XV para cablagem que passe em paredes, se ao invés disso optarmos por cabos enterrados, então teremos que utilizar cablagem tipo XV que necessitará de tubagem apropriada. Se pretendermos um sistema seguidor, então para além da cablagem referida para ligar os elementos principais, necessitaremos também de cablagem adicional para os motores do sistema que habitualmente é cablagem tipo XV e irá enterrada com a tubagem apropriada.

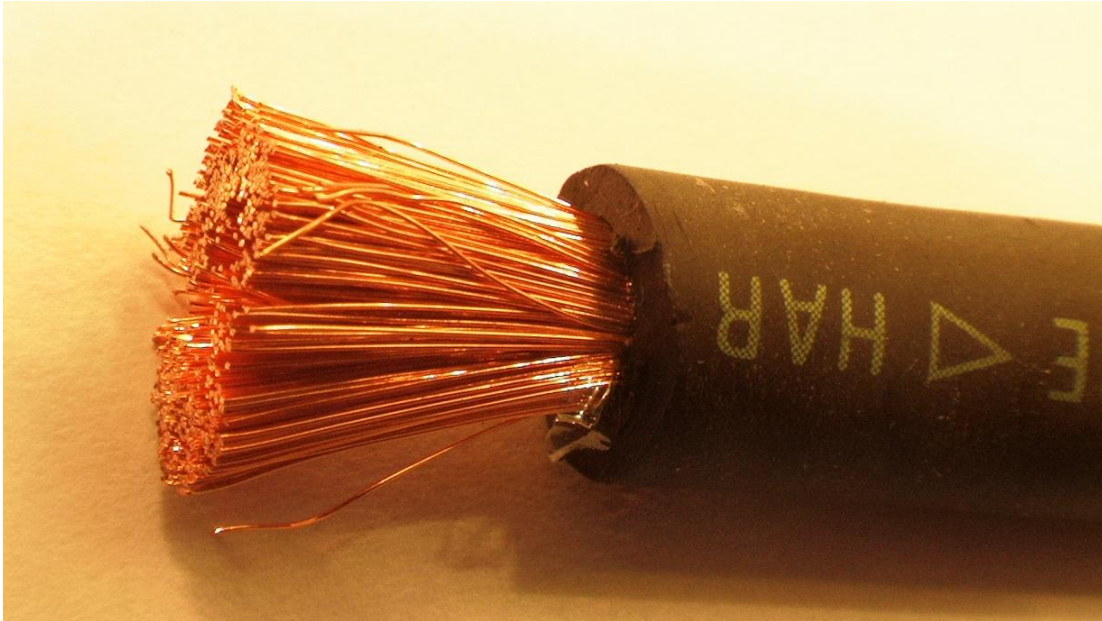


Figura 38: Imagem ilustrativa do cabo solar (FBBN) , Fonte [35]

Para fazer a ligação Inversor - contador habitualmente é utilizado cabo XV enterrado com tubagem apropriada isto para sistemas seguidores, para sistemas fixos dependendo da localização do contador poderá ser usado cabo XV ao ar ou enterrado com tubagem apropriada.

Para estes sistemas (microgeração), normalmente as cablagens a utilizar são de menor secção devido às baixas potências e geralmente não ultrapassam os 16mm^2 , o cabo solar é geralmente de 4mm^2 ou 6mm^2 visto o inversor estar habitualmente próximo da localização dos painéis, o cabo XV como dito não deverá ultrapassar os 16mm^2 e será do tipo XV 5x6/10/16 para ligação painéis - inversor para a solução de vinte painéis tanto fixo como seguidor na opção enterrado, podendo ser cabo solar direto para as opções fixas ou XV 3x6/10/16 para a solução de dezoito painéis, podendo ser cabo solar para as opções fixas e será XV 3x6/10/16 para ligação inversor-contador.

Tipicamente na ligação inversor - contador para distâncias inferiores a quarenta metros utilizamos XV 3x6, entre os quarenta e os sessenta metros XV 3x10 e distâncias superiores a sessenta metros usamos XV 3x16 isto tanto para fixo como seguidor e dezoito ou vinte painéis, estes cabos podem ser facilmente calculados através de uma folha de cálculo própria que nos dá a queda de tensão, sendo que não poderá nunca

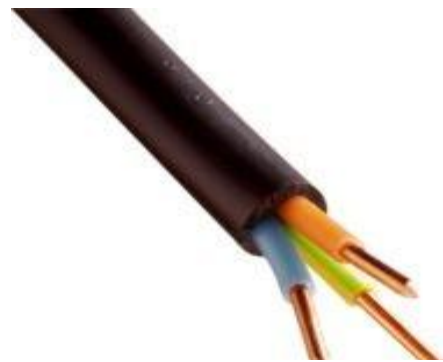


Figura 39: Imagem ilustrativa do cabo XV 3x6, Fonte [13]

ultrapassar os 3% e onde tipicamente tentamos sempre ficar abaixo de 1% (excetuando casos em que o aumento de secção do cabo aumente muito o custo da instalação).

Em termos de correntes admissíveis, para este tipo de instalações não faz muito sentido dimensionar os cabos a partir desse ponto, visto as correntes de saída serem relativamente baixas, para um sistema 3,68kW no regime bonificado temos uma corrente de 16A, para o qual um cabo XV 3x6 pode aguentar até 64A e 53A enterrado e ao ar respetivamente, mesmo para regime geral onde podemos ir até aos 5.75kW a nossa corrente de saída será de 25A, o que torna perfeitamente lógico o dimensionamento da cablagem tendo em conta não a corrente da instalação mas sim a queda de tensão para o sistema que vai ser instalado.

Tubagens a utilizar e comprimentos - Como referido anteriormente algumas das cablagens terão que seguir enterradas visto ser a melhor solução para casos como é o dos seguidores, em que á volta não poderão estar obstáculos que possam causar sombras nos painéis e por isso terão que ficar um pouco mais longe da localização do contador, nestes, tal como em quaisquer outros casos será necessário assegurar que nada venha a danificar os cabos garantindo assim o bom funcionamento do sistema. Para isso será necessária tubagem que proteja os cabos, habitualmente para instalações com cabos enterrados é utilizado tubo corrugado de 40mm ou 50mm que assegura que qualquer dos cabos utilizados fique protegido e também que qualquer das secções de cabos utilizados cabe dentro deste tubo.



Figura 40: Imagem ilustrativa de tubo corrugado, Fonte [18]

Para cabos que passam nas paredes das habitações é também necessário utilizar tubos de proteção, tipicamente é utilizado tubo VD de diâmetro apropriado



Figura 41: Imagem ilustrativa de tubo VD, Fonte [14]

Caixas e aparelhagens de corte e proteção - quanto a este ponto o fator de dimensionamento é para o caso que estamos a estudar, dependente do tipo de sistema, e um pouco do inversor que vamos utilizar, sendo que para sistemas fixos apenas é necessário um disjuntor de 20A e um diferencial de 25A 30mA, referentes aos painéis do nosso sistema. Para sistemas seguidores é necessário ter dois disjuntores, um de 20A para os painéis e o outro de 16A para os motores e dois diferenciais ambos de 25A 30mA devido aos motores que fazem movimentar o sistema e uma caixa de proteção onde irão ficar alojados estes elementos, tanto fixo como seguidor com a diferença que para seguidor será maior que para fixo devido ao maior número de proteções. Será necessário também um armário onde irá ficar o inversor mas apenas caso a habitação não tenha nenhum sitio onde ele possa ficar resguardado das intempéries, é também necessário uma portinhola caso não exista na instalação já existente da habitação, é também preciso ter uma caixa de contador onde ficará o nosso contador de venda à rede.



Figura 42: Imagem ilustrativa de um diferencial e um disjuntor, à esquerda e à direita respetivamente, Fonte [25], [41]

No caso das caixas de derivação, habitualmente para sistemas seguidores são sempre utilizadas duas caixas de derivação, tanto para a opção de dezoito como de vinte painéis, apesar das diferenças de inversor, para sistemas fixos é necessário fazer distinção entre o inversor que vamos utilizar e ainda se a ligação é direta ou enterrada, ou seja, direto com cabo solar ou enterrado com cabo XV. Sendo sistema direto não serão necessárias caixas de derivação para nenhuma das hipóteses, nem dezoito nem vinte painéis, se o sistema for de dezoito painéis enterrado então será necessária uma caixa de derivação devido ao sistema possuir apenas uma string de dezoito painéis para ligação ao inversor, se o sistema for de vinte painéis serão necessárias duas caixas de derivação visto este sistema possuir duas strings de dez painéis cada, para ligação ao inversor. Em termos de fichas MC4 apenas existe a diferença do inversor, sendo que o inversor que precisa de vinte painéis necessita de oito fichas e o inversor que utiliza dezoito painéis necessita de apenas duas fichas. Será também necessário em qualquer caso um kit de fusíveis.



Figura 43: Imagem ilustrativa de uma ficha MC4, este componente, constituído por duas partes, macho e fêmea, esquerda e direita respetivamente, é utilizado para fazer a ligação dos painéis, e também dos painéis ao inversor, Fonte [30]



Figura 44: Imagem ilustrativa de uma caixa de derivação, Fonte [10]



Figura 45: Imagem ilustrativa de um kit de fusíveis solares, Fonte [31]

Logística - Esta parcela é dimensionada tendo em conta a distância da empresa ao local da instalação e também tendo em conta o tamanho da instalação, e assim sendo, temos que, para distâncias curtas este custo é relativamente pequeno pois não é necessário recorrer ao aluguer de quartos para a estadia dos técnicos, ao invés disso os técnicos fazem as curtas viagens de ida e volta, para distâncias maiores é essencial recorrer ao aluguer de quartos para a estadia dos técnicos visto em alguns casos ser

impensável percorrer distâncias enormes. Para sistemas maiores são contabilizadas mais viagens/estadias e para sistemas mais pequenos são contabilizadas menos viagens/estadias.

Diversos - Aqui é onde estão inseridos todos os pequenos materiais utilizados para realização da instalação tais como parafusos, porcas, anilhas, entre outros e neste ponto não existe muito em que pensar, isto porque já se tem uma ideia geral do quanto certa instalação vai gastar destes pequenos equipamentos e assim sendo a parcela tem um preço fixo e consoante o tamanho da instalação contabiliza-se um, dois, três ou mais, sendo que para instalações típicas de microgeração o número é sempre o mesmo à exceção do regime geral que por ser um sistema maior necessitará de um pouco mais (caso tenhamos um sistema de 5.75 kW).

Engenharia - Outro ponto de dimensionamento que depende do tamanho da instalação, sendo que neste caso o que dita o valor da parcela é a complexidade do sistema, o tempo que se demorou a dimensionar, simular, orçamentar, basicamente é o assunto de que trata este presente relatório que dita esse valor, assim sendo no que toca a microgeração não existe muito por onde escolher visto que são sistemas praticamente sempre da mesma ordem de potência e complexidade, sendo este valor geralmente fixo.

Instalação - Este ponto do orçamento é dimensionado também devido ao tamanho de cada sistema, é calculado tendo em conta o numero de técnicos que se deslocaram à obra, número de horas diárias que trabalharam na obra, preço por hora e numero de dias que trabalharam nessa obra, assim sendo calculamos o custo de instalação do sistema que pode ter pequenas alterações entre fixo e seguidor mas que geralmente segue um padrão comum de custo igual entre todos os sistemas fixos e igual entre todos os sistemas seguidores, sendo diferente entre estes.

Sapata - Esta parcela apenas depende do tipo de sistema que vamos instalar, sendo que para sistemas seguidores é necessário a colocação de sapata como base de suporte do sistema, para sistemas fixos não é necessária a instalação de sapata. Este ponto é calculado segundo um valor base acrescido de um valor variável consoante a distância até à instalação.



Figura 46: Imagem ilustrativa do enchimento de uma sapata, Fonte [19]



Figura 47: Imagem ilustrativa de uma sapata depois de terminada a sua construção, Fonte [19]

Vala - Para sistemas seguidores habitualmente é necessário uma vala para passagem dos cabos de ligação de painéis - inversor exceto em casos em que o inversor fica junto ao seguidor (por baixo dele) e para inversor - contador é sempre necessário a existência de uma vala para a cablagem/tubagem visto este sistema se encontrar isolado da habitação, para sistemas fixos não é necessária vala para ligação painéis - inversor exceto casos pontuais de instalações no solo, onde o cliente não quer o inversor naquele local e para a ligação inversor - contador será necessária vala consoante a localização do

contador. Esta parcela é calculada segundo o numero de metros de vala que queremos e o preço por metro.



Figura 48: Imagem ilustrativa da abertura de uma vala necessária à passagem das cablagens, Fonte [19]

Estrutura - É aplicada em sistemas fixos e seguidores, existem várias alternativas no caso de sistemas fixos, em que a estrutura será escolhida segundo as características do telhado da habitação, assim sendo, a primeira opção existente (construída em barras de alumínio), é a ideal para telhados inclinados e virados a sul, esta estrutura é a mais simples e mais fácil de instalar visto o telhado possuir por si só tudo o que é necessário para um bom aproveitamento da radiação solar. A segunda opção é um pouco mais complexa que a primeira e consiste em triângulos de alumínio que farão a inclinação pretendida, ou seja, esta estrutura é ideal para telhados planos, a terceira e ultima opção é a mais complexa de todas, esta estrutura normalmente é utilizada em telhados com orientação nascente - poente e em alguns casos raros é também utilizada em telhados planos tendo em consideração a existência de placa ou não. Para sistemas seguidores o tipo de estrutura é tipicamente sempre o mesmo, ou seja, sapata de fixação, poste e estrutura no topo do poste, tipicamente construída em barras de alumínio.



Figura 49: Imagem ilustrativa da uma estrutura típica de telhado inclinado, Fonte [32]



Figura 50: Imagem ilustrativa de uma estrutura típica de telhado plano, Fonte [27]



Figura 51: Imagem ilustrativa de uma estrutura típica de sistema seguidor, Fonte [19]

Contador - Aqui existe pouco a dizer, o contador tem obrigatoriamente que ser orçamentado para que a energia produzida possa ser vendida através desse mesmo contador.



Figura 52: Imagem ilustrativa de um contador, Fonte [19]

Alteração de baixada - Depende do tipo de baixada existente na habitação, caso a habitação possua baixada subterrânea não é necessário realizar nenhuma alteração, apenas tem que se saber onde passam os cabos para realizar as ligações, caso a habitação possua baixada aérea é necessário realizar alteração de baixada para subterrânea para que possam ser realizadas as ligações. Pontualmente será necessário também instalar um novo poste caso a baixada existente venha de um poste que esteja localizado do outro lado da estrada.

Seguidor - Apenas é aplicável a instalações de sistemas seguidores tal como o nome indica, este seguidor possui duas opções de poste com alturas diferentes que serão aplicados em casos específicos, caso na envolvente do sistemas não existam obstáculos que possam causar sombreamentos nos painéis opta-se pelo poste mais baixo, caso contrário opta-se pelo poste mais alto para que os sombreamentos causados pelos obstáculos sejam retirados ou pelo menos que sejam minimizados, para que as produções sejam as melhores possíveis.



Figura 53: Imagem ilustrativa de um sistema seguidor depois de terminada a sua montagem, Fonte [19]

Em casos onde a altura máxima do poste do seguidor não consegue resolver o problema (muitas vezes devido à existência de árvores altas nas imediações do sistema), o cliente deve optar pelo corte dessas mesmas árvores ou no mínimo pelo deslastre da ramificação das mesmas, caso os obstáculos não possam ser removidos o cliente deve optar por uma outra melhor localização para o sistema ou por outro lado, por uma outra melhor opção de sistema para o seu caso.

Depois de orçamentados todos estes pontos do sistema obteremos o valor final do nosso orçamento, que por sua vez nos irá dar o tempo de retorno do investimento (valor a partir do qual o cliente começa a ter lucro com o sistema) e a TIR (Taxa Interna de Retorno) como retratam as imagens seguintes, (no anexo 3 é possível observar de uma forma mais concreta como é preenchida a folha de cálculo assim como os pontos a dimensionar.

				Acumulado 9 Anos	Acumulado 10 Anos	Acumulado 11 Anos
	Rendimento Acumulado em 8 anos	11.012,75 €		12.493,52 €	14.048,33 €	15.680,89 €
Com IVA	Investimento no Sistema	14.171,85 €				
	Tempo de Retorno ou PAYBACK	0,0		0,0	0,0	10,1

Figura 54: Print Screen relativa ao tempo de retorno do investimento, aqui, depois de realizados os cálculos na folha de excel podemos observar que o cliente terá um tempo de retorno do investimento de cerca de 10 anos, Fonte [17]

CENARIO	ANOS	15	20	25
		NPV (€)	8.897,36\$	20.410,55\$
1	TIR	6,3%	9,1%	10,5%

Figura 55: Print Screen relativa à taxa TIR de um determinado cliente, podemos observar que o cliente terá uma TIR de 6,3%, 9,1% e 10,5% a 15, 20 e 25 anos respetivamente, Fonte [17]

Por fim podemos realizar o nosso AP (Anteprojeto), passo final antes de novo contato com o cliente, este é o documento que será apresentado e representará o sistema que será instalado, neste documento estão os dados principais do cliente assim como da localização da habitação, apresentação da legislação em vigor para o seu caso, gráficos obtidos no programa PVSYST e gráficos obtidos da folha de cálculo, produções obtidas no programa PVSYST e transcritas para a folha de cálculo que por sua vez nos dará as remunerações que também estarão presentes no documento. Estarão também neste documento todos os equipamentos a instalar, preços e quantidades, investimento inicial do projeto, tempo de retorno do investimento, TIR (Taxa Interna de Retorno), emissões de CO₂ e número de árvores poupadas ao abate, prazos a cumprir e metodologia de pagamento.

O documento é então apresentado ao cliente e ficará, se o cliente assim o entender, adjudicado.

3.3.2. Minigeração

No que toca aos sistemas de minigeração, gostaria de referir um pouco mais sobre sistemas de potência na ordem dos 100kW e acima, do que sistemas na ordem dos 10/20kW, pois sistemas destes prendem-se um pouco com o que é feito na minigeração, sendo apenas um pouco maiores.

Em sistemas maiores existem algumas diferenças para com os mais pequenos, caso do PT (Posto de Transformação), geralmente encontrado em empresas grandes que necessitam de potências contratadas bastante elevadas e que por isso mesmo necessitam de um posto de transformação próprio, neste caso é necessário saber a localização do posto de transformação ao invés do poste e baixada. Todos os outros pontos aplicados para a microgeração são válidos para sistemas de minigeração de potências mais elevadas.

O dimensionamento destes sistemas é também ele feito a partir dos dados da visita técnica, e todos os passos referidos nos programas PVSYST e Solterm são válidos para sistemas de potências mais elevadas, ainda que seja necessário para estes casos dimensionar previamente o número de painéis, inversores, número de strings e número de painéis por string, sendo que assim será quase imediato fazer a simulação acertada do sistema para obter a produção do mesmo.

Depois de obtida a produção do sistema o que se segue é transcrever para a folha de cálculo os valores obtidos, que nos irão por sua vez fornecer todos os dados que são também obtidos na minigeração.

Por sua vez podemos passar para a parte do orçamento onde iremos orçamentar para este caso os seguintes pontos:

- Cablagens a utilizar e comprimentos;
- Tubagens a utilizar e comprimentos;
- Caixas e aparelhagens de corte e proteção;
- Logística;
- Diversos;
- Engenharia;

- Instalação;
- Estrutura;
- Contador;
- Alvenaria;
- Intervenção no PT (se necessário);

Tal como na microgeração, nestes pontos não estão incluídos os inversores e os painéis visto já estarem definidos aquando da simulação em PVSYST e como tal não serão para já referidos.

Cablagem a utilizar e comprimento - Ao invés da microgeração, este ponto tem especial importância na minigeração, pois em sistemas de maior potência podemos chegar a necessitar de vários quilómetros de cabo, e assim sendo, um pequeno erro no cálculo dos comprimentos das cablagens pode significar um erro bastante grande no orçamento e por sua vez, um desfavor para a empresa ou para o cliente.

Para casos de potências acima de 100kW geralmente os sistemas são sempre fixos, o que significa que as cablagens a utilizar são principalmente em FBBN para fazer as ligações de todas as strings de painéis, logo necessitaremos de imenso cabo deste tipo. Para termos uma maior noção do comprimento necessário deste tipo de cabo suponha-se um exemplo: Imaginemos então um sistema de 200kW de potência de saída de inversores, com seis inversores, e nove strings por inversor, ou seja, 54 strings no total, se cada string estiver a cerca de 40 metros do inversor necessitaremos de cerca de 4320 metros deste tipo de cabo, 80 metros para cada string (positivo e negativo).

Com isto podemos ver a importância de bem projetar este ponto, ainda que não é apenas este cabo o único a ser importante no orçamento, pois o cabo que faz a ligação dos inversores ao contador e ao PT é extremamente grosso, podendo chegar a ser XV 3x120 + 2G70 que é extremamente caro, e que por sua vez, com algumas dezenas de metros pode atingir vários milhares de Euros, onde mais uma vez não pode existir erro ao calcular a distância.

Existem ainda outros cabos a ser dimensionados como os de ligação da junção das strings ao inversor, onde apenas são necessários alguns metros, e ainda os cabos de

terra de várias secções para os diferentes pontos do sistema, ou seja, menor secção a montante e maior secção a jusante, também estes com a sua fatia importante no orçamento.

Tubagens a utilizar e comprimentos - Em termos de tubagens a importância é relativamente reduzida, visto que a maior parte da cablagem não necessitar de tubos (caso do FBBN), e por isso apenas será necessário orçamentar alguns metros de tubo VD e de corrugado 50 e 120mm, o tubo VD aplica-se às ligações mais próximas dos inversores (habitualmente as que descem pelas paredes do edifício, e o corrugado aplica-se à ligação de inversor a contador e contador a PT.

Caixas e aparelhagens de corte e proteção - Neste tipo de sistemas e ainda mais do que na microgeração, este ponto depende muito do sistema que vai ser instalado, sendo que em termos de proteções para o inversor, habitualmente necessitamos de um disjuntor de 4 polos e de um diferencial de 4 polos por cada inversor instalado, a isto junta-se como é de esperar uma caixa de proteção por cada grupo disjuntor + diferencial. Ainda se acrescentam mais caixas de proteção para os descarregadores de sobretensão do lado AC (tipicamente 1 por inversor).

Terão que ser orçamentados também vários descarregadores de sobretensão do lado DC, onde geralmente se utilizam caixas Weidmuller de três entradas, que estão preparadas para ligar as strings de cada entrada de cada inversor, ou seja, 3 destas caixas por inversor. Terá eventualmente que ser orçamentada portinhola caso não exista previamente no local, fusíveis gG NH2 para cada fase do sistema, uma caixa de contador trifásico.

Será necessário também orçamentar uma caixa e um piquete de terra por cada inversor do sistema, assim como uma caixa de derivação, ainda será orçamentado WDU e fichas MC4 suficientes para realizar todas as ligações das strings dos inversores, por fim é orçamentado o quadro de barramentos, quadro de TI's (Transformador de intensidade) e interruptor de corte em carga de 4 polos, não sendo no entanto estritamente necessário o quadro de barramentos, TI's e interruptor de corte em carga para sistemas de pequena potência, ou apenas quadro de TI's para potências intermédias.

Estrutura - Este também é um ponto muito importante do orçamento, pois é um dos que tem maior peso no orçamento final, tipicamente para não haver falhas orçamenta-se uma estrutura do tipo apropriado para o telhado por cada 20 painéis a instalar, sendo este o número de painéis habitual por cada estrutura.

Contador - Neste caso o contador terá que ser trifásico e por isso é um pouco mais caro que o utilizado na microgeração.

Logística, diversos, instalação, engenharia e alvenaria - Aqui, como em outros pontos anteriores, o peso destas parcelas é definido de acordo com a potência do sistema, sendo que para sistemas maiores os valores das parcelas serão mais elevados como é de esperar, e tendo especial atenção na parcela da instalação por ser a parcela de maior peso.

Intervenção no PT - Este ponto é apenas orçamentado quando o PT existente não se encontra preparado para realizar a ligação do sistema ao mesmo e necessite de ser alterado.

3.3.3. Sistemas isolados

Neste campo de sistemas fotovoltaicos, também há que ter em conta fatores que são relevantes para a construção de um sistema corretamente, o seu dimensionamento terá que estar prevenido para suprir as faltas maiores de radiação solar em determinadas alturas do ano, como é o caso do inverno, e manter os equipamentos em funcionamento.

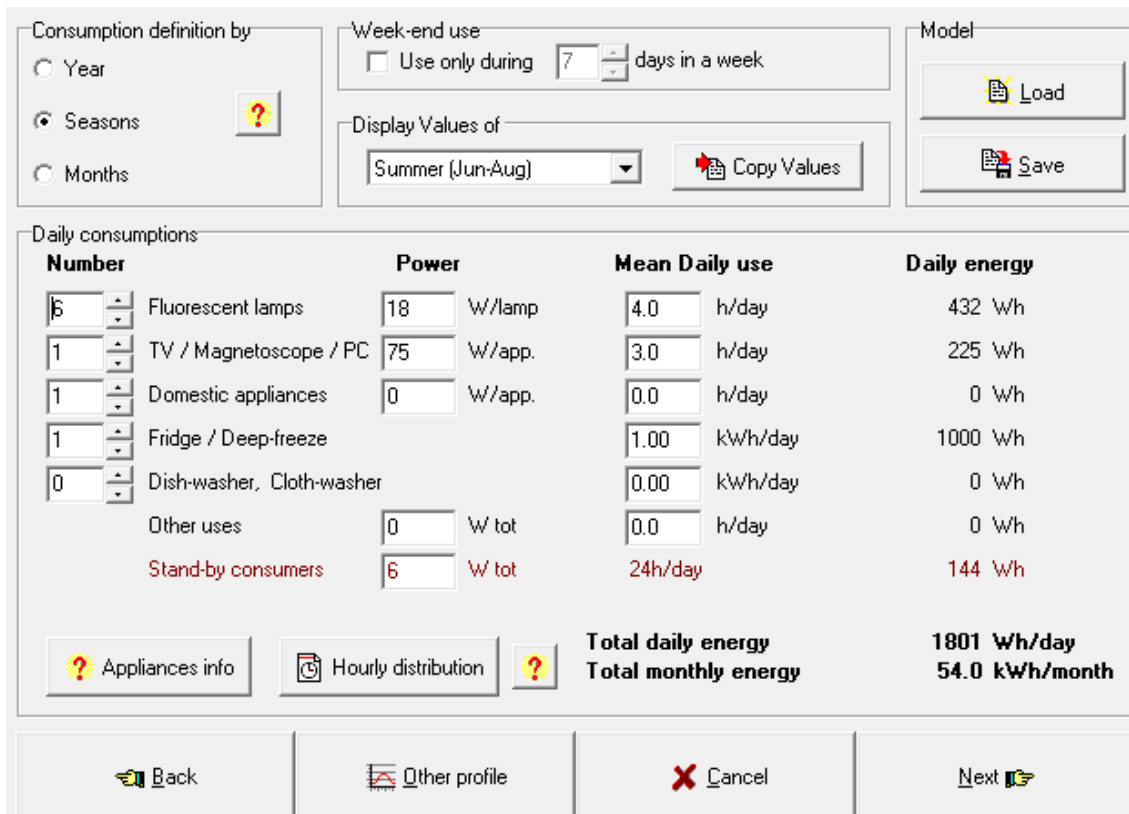
Por isso mesmo teremos que ter em conta os seguintes fatores:

- Potência dos equipamentos e o tempo de funcionamento diário, o que é extremamente importante para podermos ter uma ideia aproximada da quantidade de energia que vai ser necessária por dia para manter todos os equipamentos em funcionamento sem existirem quaisquer falhas, e igualmente importante para os próximos pontos.
- Número de painéis a instalar, que terão que ter a capacidade não só de produzir energia para os equipamentos, mas também capacidade de fornecer energia às baterias para que durante o período noturno exista energia armazenada suficiente para fornecer aos equipamentos.
- Tipo de bateria a utilizar e quantidade, onde terá que existir capacidade suficiente para armazenar energia que será fornecida posteriormente aos equipamentos no período da noite.

Sendo estes os pontos essenciais, de seguida será feita uma breve explicação do procedimento a tomar aquando do dimensionamento do sistema.

Tudo começa na altura em que tomamos conhecimento da potência dos equipamentos e do tempo de funcionamento diário, com isto, iremos calcular a energia necessária para alimentar diariamente todos os equipamentos. De seguida começa-se por dimensionar em papel aproximadamente o número de painéis e de baterias que irão ser necessários para alimentar os equipamentos em questão, apenas para termos uma ideia de que sistema estamos a tratar. E por fim passamos para o PVSYST onde iremos então dimensionar corretamente estes equipamentos.

Começamos por escolher a localização do nosso sistema tal como fizemos para os sistemas ligados à rede, de seguida escolhemos a orientação e inclinação que os painéis terão em relação ao sul, e posteriormente iremos inserir as necessidades energéticas do sistema, onde serão completos determinados campos com o equipamento, potência e número de horas de funcionamento diário, a figura seguinte exemplifica como são preenchidos os campos.



Consumption definition by

Year

Seasons

Months

Week-end use

Use only during 7 days in a week

Display Values of

Summer (Jun-Aug)

Model

Load

Save

Daily consumptions

Number		Power		Mean Daily use		Daily energy
6	Fluorescent lamps	18	W/lamp	4.0	h/day	432 Wh
1	TV / Magnetoscope / PC	75	W/app.	3.0	h/day	225 Wh
1	Domestic appliances	0	W/app.	0.0	h/day	0 Wh
1	Fridge / Deep-freeze			1.00	kWh/day	1000 Wh
0	Dish-washer, Cloth-washer			0.00	kWh/day	0 Wh
	Other uses	0	W tot	0.0	h/day	0 Wh
	Stand-by consumers	6	W tot	24h/day		144 Wh
Total daily energy						1801 Wh/day
Total monthly energy						54.0 kWh/month

Appliances info

Hourly distribution

Back

Other profile

Cancel

Next

Figura 56: Print Screen referente aos campos a preencher, podemos dimensionar o sistema para vários tipos e quantidades de equipamentos, assim como diferentes tempos de utilização diária, assim como o tempo e potência gasta em stand-by, Fonte [33]

De seguida passamos para o dimensionamento das baterias, tendo em conta alguns parâmetros como por exemplo:

- A taxa de auto-descarga que as baterias terão no período de não funcionamento, tipicamente fica em 0%, isto porque o período de não funcionamento é muito reduzido ou nulo, sendo que durante o dia as baterias são carregadas até ao máximo, e durante a noite irão estar a fornecer energia aos equipamentos.
- A autonomia das baterias para o sistema, que é normalmente sobredimensionado devido a períodos de inverno de clima menos favorável à produção de energia

por parte dos painéis, o que leva a dimensionar este ponto normalmente para 4 dias.

- A tensão de baterias com que iremos trabalhar, importante para sabermos que tipo de baterias vamos utilizar, fazer as séries e paralelos necessários a obter a tensão desejada, tensão essa que também teremos que ter em conta para a escolha do regulador de carga e inversor (se necessário).

Depois de termos isto dimensionado basta escolher a bateria que queremos utilizar, e o programa fará automaticamente a escolha da quantidade necessária a utilizar, claro que poderemos sempre alterar este número caso seja necessário. Na figura abaixo está uma representação dos parâmetros a dimensionar, assim como um exemplo de baterias utilizadas à direita.



Figura 57: Exemplo de bateria solar da Rolls, série 4000, Fonte [16]

Presizing help

Av. daily needs : Enter accepted LOL % Battery (user) voltage V

1.7 kWh/day Enter requested autonomy day(s) Suggested capacity **332 Ah**
Suggested PV power **459 Wp (nom.)**


Select battery set

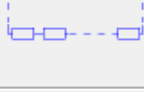
Sort Batteries by voltage capacity manufacturer

12V	56 Ah	PVS Block 12V 1 PVS 70	BAE Secura	<input type="button" value="Open"/>
12V	56 Ah	PVS Block 12V 1 PVS 70	BAE Secura	
12V	57 Ah	Block Solar 12V 1 PVV 70	BAE Secura	
12V	59 Ah	6Y5 - Starting	Electrona	
12V	61 Ah	PVX-690T	Concorde	
12V	61 Ah	6B70 - Starting	Electrona	
12V	61 Ah	MK 8G24 Gel	MK Battery	
12V	65 Ah	Compact Power	Oerlikon	
12V	66 Ah	Solar Block SB 12/75A	Sonnenschein	

Sort modules by: power technology manufacturer

60 Wp 14V	Si-poly	MSX-60	Solarex	Manufacturer	<input type="button" value="Open"/>
-----------	---------	--------	---------	--------------	-------------------------------------

Modules in serie 

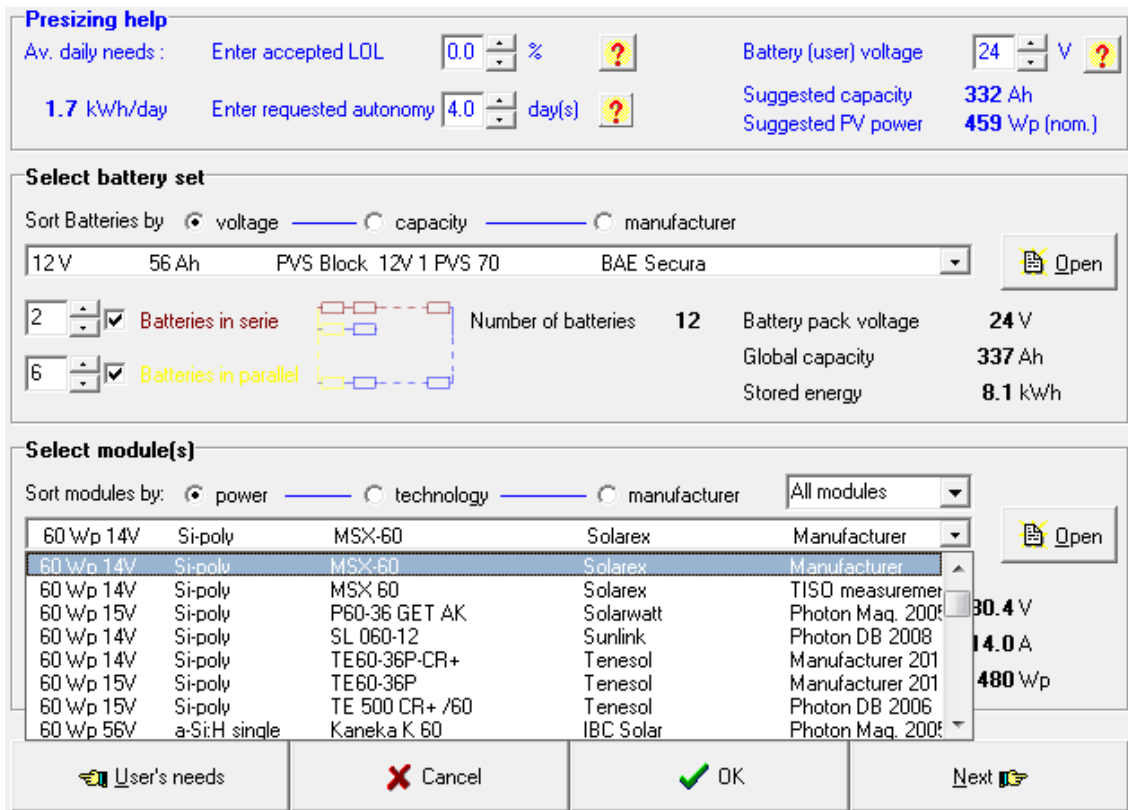
Modules in parallel 

8 Modules



Array voltage at 50°C **30.4 V**
Array current **14.0 A**
Array nom. power (STC) **480 Wp**


Figura 58: Print Screen dos parâmetros a dimensionar, na parte de cima da figura temos o dimensionamento da taxa de auto-descarga (Enter accepted LOL), o dimensionamento da autonomia (Enter requested autonomy), e o dimensionamento da tensão de baterias com que vamos trabalhar (Battery (user) voltage), depois temos o dimensionamento das baterias, onde podemos escolher qual a bateria que será mais exata na potência requerida, Fonte [33]

Depois de termos as baterias dimensionadas passamos para a questão dos painéis, aqui acontece o mesmo que acontece com as baterias, pois tendo já inserido os dados referentes ao equipamento a alimentar, e depois de escolher qual o tipo de painel que vamos utilizar, o programa fará automaticamente a escolha do número de painéis, séries e paralelos necessários. A figura seguinte representa a escolha dos painéis.





Presizing help

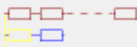
Av. daily needs : Enter accepted LOL %  Battery (user) voltage V 


1.7 kWh/day Enter requested autonomy day(s)  Suggested capacity **332 Ah**
Suggested PV power **459 Wp (nom.)**

Select battery set

Sort Batteries by voltage capacity manufacturer

Batteries in serie  Number of batteries **12** Battery pack voltage **24 V**

Batteries in parallel  Global capacity **337 Ah**
Stored energy **8.1 kWh**

Select module(s)

Sort modules by: power technology manufacturer

Power	Technology	Model	Manufacturer	Manufacturer
60 Wp 14V	Si-poly	MSX-60	Solarex	Manufacturer
60 Wp 14V	Si-poly	MSX-60	Solarex	Manufacturer
60 Wp 14V	Si-poly	MSX-60	Solarex	TISO measurement
60 Wp 15V	Si-poly	P60-36 GET AK	Solarwatt	Photon Maq. 2006
60 Wp 14V	Si-poly	SL 060-12	Sunlink	Photon DB 2008
60 Wp 14V	Si-poly	TE60-36P-CR+	Tenesol	Manufacturer 201
60 Wp 15V	Si-poly	TE60-36P	Tenesol	Manufacturer 201
60 Wp 15V	Si-poly	TE 500 CR+ /60	Tenesol	Photon DB 2006
60 Wp 56V	a-Si:H single	Kaneka K 60	IBC Solar	Photon Maq. 2006





  Cancel  OK 

Figura 59: Print Screen da escolha do tipo de painel a utilizar, depois de escolhido o tipo de painel, o programa automaticamente faz as suas séries/paralelos necessários a atingir a potência sugerida pelo programa em cima (Suggested PV power). Já para as baterias o procedimento é o mesmo, o programa automaticamente faz as séries/paralelos das baterias (à esquerda da imagem), para que as baterias atinjam o recomendado pelo programa no canto superior esquerdo da imagem (suggested capacity) e (battery (user) voltage) , Fonte [33]

De seguida iremos escolher o regulador de carga adequado ao carregamento das baterias, esse regulador de carga terá que ter a capacidade de funcionar à mesma tensão de funcionamento da tensão de funcionamento das baterias depois de feitas as séries e paralelos das mesmas. Terá também de ser dimensionado de modo a aguentar a potência total do banco de baterias. Na figura seguinte está representado o local onde iremos escolher o regulador de carga.



Figura 60: exemplo de regulador de carga da Steca, modelo Tarom 4545, Fonte [40].

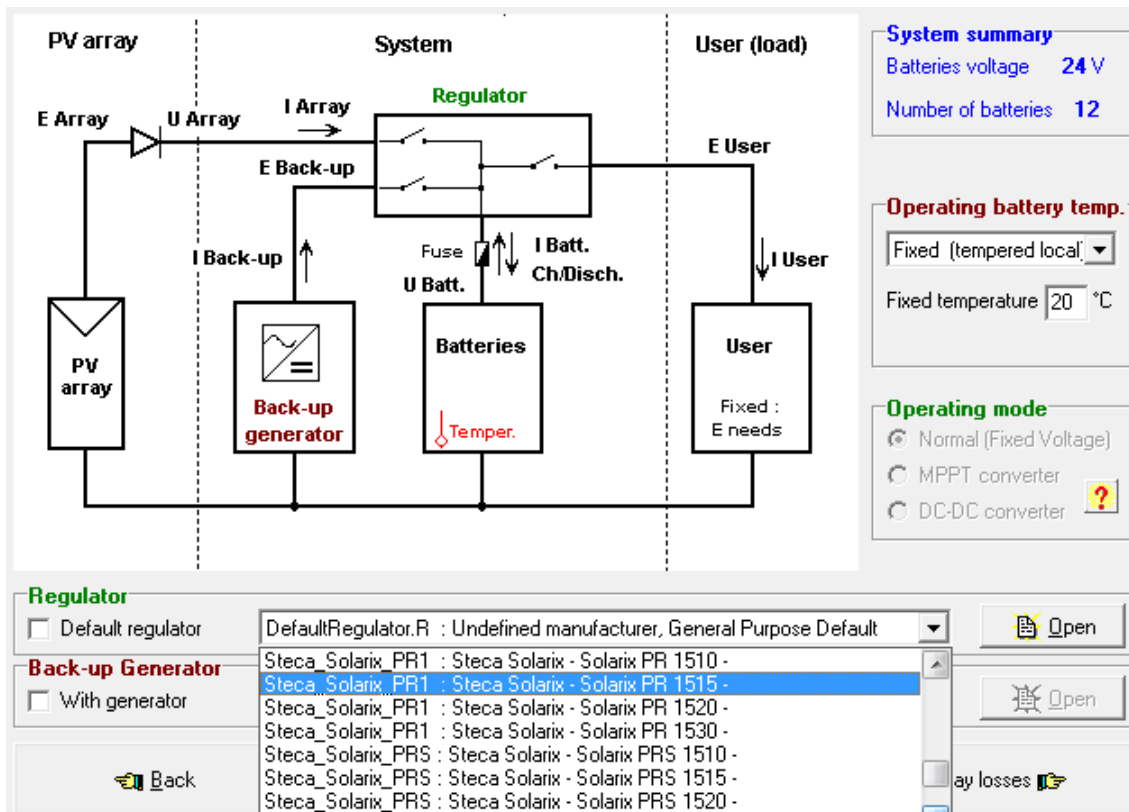


Figura 61: Print Screen referente à escolha do regulador de carga, aqui é necessário saber a potência do sistema para uma escolha acertada do regulador, também para sistemas isolados de uma ordem de potência mais elevada, é necessário realizar previamente o estudo do regulador de carga e da quantidade de reguladores necessários, isto porque o programa não tem a capacidade de neste caso deixar o operador escolher a quantidade de reguladores de carga a utilizar, sendo que para estes casos o estudo prévio é uma inevitabilidade, para posteriormente podermos fazer uma divisão do sistema para a parte apenas de um regulador, com vista a podermos realizar aqui a simulação dessa parte, se tudo bater certo, então todo o sistema estará também ele certo, Fonte [33]

Assim é altura de correr o programa e fazer a simulação do sistema para verificarmos se tudo está correto, e se assim for aparecerá no ecrã uma tabela com energia produzida, consumida, excedente, entre outros tal como mostra a figura seguinte.

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Avail kWh	EUnused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
January	61.0	93.9	38.38	5.74	0.000	28.36	28.36	1.000
February	73.0	96.4	39.53	12.47	0.000	25.62	25.62	1.000
March	129.0	155.0	65.49	34.40	0.000	28.36	28.36	1.000
April	140.0	145.9	60.43	31.49	0.000	27.45	27.45	1.000
May	179.0	168.6	70.28	39.52	0.000	28.36	28.36	1.000
June	195.0	176.3	73.14	42.38	0.000	27.45	27.45	1.000
July	209.0	193.0	79.65	49.50	0.000	28.36	28.36	1.000
August	195.0	197.6	82.59	51.44	0.000	28.36	28.36	1.000
September	147.0	168.1	69.93	39.87	0.000	27.45	27.45	1.000
October	104.0	136.2	57.18	26.38	0.000	28.36	28.36	1.000
November	63.0	91.5	37.53	7.58	0.000	27.45	27.45	1.000
December	54.0	87.5	36.03	8.39	0.000	28.36	28.36	1.000
Year	1549.0	1710.0	710.16	349.16	0.000	333.97	333.97	1.000

Figura 62: Print screen relativa aos valores retornados pelo programa PVSYST, onde podemos observar respectivamente da esquerda para a direita, energia que seria produzida no plano horizontal, energia produzida para este plano, energia disponível, energia não utilizada, energia em falta, energia necessária ao utilizador, energia consumida pelas cargas do utilizador e fração solar, Fonte [32].

Depois iremos passar para a folha de cálculo, onde iremos dimensionar todos os outros componentes necessários ao sistema com vista a obter um orçamento correto, esses componentes serão neste caso o número de painéis total a utilizar, quantidade e tipo de baterias a utilizar, pois neste caso terá um impacto grande no orçamento final, o que requer habitualmente a realização de pelo menos dois orçamentos, um com baterias de boa qualidade e durabilidade, e outro com baterias de menos qualidade e durabilidade. Outros equipamentos como fusíveis, que normalmente será dimensionado um fusível por painel, tipo e quantidade de reguladores de carga a utilizar, tipo e quantidades de inversores a utilizar (caso necessário, em sistemas DC não é necessária a utilização de inversor). Cablagem e tubagem a utilizar, nas cablagens para sistemas maioritariamente enterrados serão apenas necessários alguns metros de FBBN, e tudo o resto será utilizado cabo XV 2x6, XV 2x10 ou outro maior ou menor, dependendo da distância e tamanho do sistema, nas tubagens será utilizado tubo VD para os cabos que passam acima do solo e tubo currogado para as cablagens que passam abaixo do solo. Nas instalações maioritariamente de cablagens ao ar, será utilizado cabo FBBN e tubo VD praticamente em todo o sistema, sendo que o cabo do tipo XV será apenas necessário para efetuar algumas pequenas ligações em componentes como é o caso do inversor, caso exista.

Os outros pontos a dimensionar serão a engenharia, logística, diversos, instalação, que serão dimensionados tendo em conta o tamanho do sistema, tal como feito nos projetos de micro e minigeração.

Estando o orçamento concluído, passamos para o documento a apresentar posteriormente ao cliente, neste caso um pouco mais simples, pois não entramos em conta com o retorno do investimento, produção mensal, TIR, mas sim com o tempo que as baterias irão durar, onde irá ser explicado ao cliente qual a opção mais vantajosa independentemente do investimento inicial de determinado sistema. Após o cliente mostrar interesse em instalar o sistema, a obra será adjudicada e será realizada o quanto antes, para que o cliente fique satisfeito com o tempo de duração da obra, visto que neste caso não existem prazos obrigatórios a cumprir.

3.4. Fatores importantes a ter em conta

São vários os fatores que terão implicações na produção de energia do sistema do cliente, teremos que os ter em conta aquando do dimensionamento do sistema para apresentar a opção mais próxima da realidade. Estes fatores são por exemplo a localização geográfica onde será instalado o sistema pois certas zonas do país são propícias a boas condições meteorológicas que aumentam as produções ao invés de outras que são menos boas e portanto as produções são mais reduzidas.

Tomando como exemplo as localidades de Seia e Cantanhede podemos muitas vezes cair no erro de pensar que as produções seriam equivalentes ou até mesmo que Cantanhede teria uma produção superior para sistemas iguais pois situa-se mais a sul que Seia, o que não está correto, este é um dos melhores exemplos em como um sistema mesmo estando mais a norte e num sítio com temperaturas mais baixas, pode ter produções superiores a um sistema que se encontre mais a sul com temperaturas mais amenas. Isto acontece porque não devemos apenas ter em conta a latitude do local mas também todos os outros fatores meteorológicos que possam influenciar a radiação solar, é o caso da altitude em relação ao nível do mar, nevoeiro, vento e temperatura.

Tendo em conta as localizações escolhidas vamos agora tentar perceber o porquê de existirem maiores produções em Seia que em Cantanhede

Altitude - Este fator pode parecer quase irrelevante, tendo em conta a distância a que estamos do sol o que são quinhentos ou seiscentos metros a menos? Nada, na verdade não é nada, mas este fator prende-se com um outro mencionado atrás, o nevoeiro, que é impeditivo da chegada de radiação aos painéis e que é muito frequente em baixas altitudes que é o caso de Cantanhede onde o nevoeiro está presente bastantes vezes por ano, já em Seia este fator impeditivo ocorre poucas vezes por ano devido á sua elevação em relação ao nível do mar.

Vento - Outro fator importante na produção de energia, neste caso podemos relacionar o vento com a temperatura tal como fizemos com a altitude e o nevoeiro e pensar mais nos dias de verão, podemos ainda relacionar estes dois fatores com a altitude. Para as nossas localizações podemos dizer que durante o verão as temperaturas serão equivalentes e até mesmo superiores em Cantanhede, o que é bom porque significa que temos sol limpo mas é bom apenas até certo ponto, quando os painéis passam um limite de temperatura começam a perder rendimento e as produções descem,

assim sendo, entra aqui o fator vento e também a altitude, sendo que Seia está localizado a cerca de quinhentos metros de altitude em relação ao nível do mar a regularidade de existência de ventos nesse local é muito superior a Cantanhede que está localizado apenas a sessenta e cinco metros de altitude e onde os ventos são mais fracos e menos frequentes, com isto, e sabendo que o aumento de temperatura nos painéis reduz a sua eficiência chegamos à conclusão que a existência de mais vento serve como arrefecimento dos painéis, o que aumenta a produção dos mesmos.

Assim sendo, locais com condições equivalentes a Seia podem ter produções superiores a certos locais onde se esperaria o contrário, claro que é também impensável comparar locais de latitudes distantes, pois apesar dos benefícios destes fatores o fator número de horas de sol durante o ano é o principal e supera todos os outros.

Como opções possíveis para o cliente, teremos sempre que encontrar a que melhor se adapta, mesmo que o cliente esteja focado num determinado sistema num determinado local, deve ser analisada toda a envolvente e determinar se o sistema naquele local é o mais apropriado ou não, caso seja muito bem, podemos avançar para o projeto, caso contrário devemos expor ao cliente o nosso leque de opções e tentar convencer o cliente de que outra opção é mais adequada e vantajosa do que a que o cliente pensou, devemos então sugerir se se adapta melhor um sistema fixo ou seguidor, com dezoito ou vinte painéis para o regime bonificado ou se devemos partir para uma solução do regime geral de maior potência e a localização mais adequada para a instalação do sistema quer seguidor, quer fixo.

3.5. Inspeção e ligação à rede

3.5.1. Microgeração

Após o termo da obra o cliente irá requerer uma inspeção que será efetuada num prazo de 10 dias após o seu pedido, devendo o dia e a hora ser comunicados ao produtor e técnico responsável através do SRM (local de registo da unidade de microprodução), e irá ser emitido o certificado de exploração na sequência dessa mesma inspeção.

Na inspeção é verificado se a unidade de microprodução está executada de acordo com a regulamentação em vigor, se a instalação cumpre os requisitos previstos para o acesso ao regime bonificado (se for caso disso), se o respetivo contador cumpre as especificações e está corretamente instalado e devidamente selado de origem, e são efetuados os ensaios necessários para verificar o adequado funcionamento dos equipamentos como por exemplo medir o valor da terra ou confirmar o número de painéis.

Deve estar sempre presente o técnico responsável pela instalação ou seu substituto credenciado, ao serviço da entidade instaladora ao qual compete esclarecer todas as dúvidas que possam ocorrer no ato da inspeção.

Concluída a inspeção, o inspetor entrega ao técnico responsável cópia do relatório da inspeção e suas conclusões, registando-os no SRM.

Se o relatório da inspeção concluir pela existência de não conformidades, o produtor deve proceder no sentido de colmatar as deficiências indicadas, sendo que o produtor mediante resultados negativos deve solicitar reinspeção no SRM (até um máximo de três)

O produtor dispõe de trinta dias a partir da inspeção ou da última reinspeção para proceder às correções necessárias e solicitar nova reinspeção.

A ligação à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP) da unidade de microprodução não é autorizada enquanto se mantiverem deficiências que não permitam a emissão do certificado de exploração, procedendo-se após a terceira reinspeção sem concluir pela emissão de parecer favorável para início da exploração, ao cancelamento do registo da unidade de microprodução.

No prazo de dez dias após a emissão do certificado de exploração, ainda que provisório, o produtor adere ao contrato de comercialização cuja minuta deve estar

disponibilizada no sítio da internet do comercializador identificado no registo da instalação, o qual no mesmo prazo é ainda avisado da referida emissão, através do SRM, com vista à conclusão do contrato de compra e venda de eletricidade oriunda da microprodução ao respetivo produtor.

Dentro de dez dias após a adesão do produtor ao contrato de comercialização, o comercializador dá conhecimento ao SRM da conclusão deste, o contrato de compra e venda de eletricidade de seguir o modelo de contrato aprovado pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), após a comunicação de celebração do contrato, o SRM avisa o operador da rede de distribuição para proceder à ligação da unidade de microprodução à RESP.

O operador da RESP deve proceder à ligação da unidade de microprodução no prazo de dez dias após o aviso do SRM, a data de ligação à rede pública deve ser atualizada no SRM pelo Operador da rede de distribuição.

Para casos em que a inspeção ou reinspeção por motivos não imputáveis ao produtor registado não tenha ocorrido no prazo legalmente estabelecido para a sua realização, acrescido de um adiamento de três dias, a entidade responsável pelo SRM emite certificado de exploração com carácter provisório.

3.5.2. Minigeração

A inspeção é efetuada nos dez dias subsequentes ao pedido de inspeção, devendo o dia e a hora da sua realização ser comunicados ao produtor e técnico responsável através do SRMini (local de registo da unidade de miniprodução).

Na inspeção é verificado se a unidade de miniprodução está executada de acordo com a regulamentação em vigor, se a instalação cumpre os requisitos previstos para o acesso ao regime bonificado (se for caso disso), se o respetivo contador cumpre as especificações e está corretamente instalado e devidamente selado de origem, e são efetuados os ensaios necessários para verificar o adequado funcionamento dos equipamentos como por exemplo medir o valor da terra ou confirmar o número de painéis.

Deve estar sempre presente o técnico responsável pela instalação ou seu substituto credenciado, ao serviço da entidade instaladora ao qual compete esclarecer todas as dúvidas que possam ocorrer no ato da inspeção.

Concluída a inspeção o inspetor entrega ao técnico responsável cópia do relatório da inspeção e suas conclusões, registando-os no SRMini.

Se o relatório da inspeção concluir pela existência de não conformidades, o produtor deve proceder no sentido de colmatar as deficiências indicadas, sendo que o produtor mediante resultados negativos deve solicitar reinspeção no SRMini (até um máximo de duas).

Quando a inspeção não ocorra no prazo estabelecido para a sua realização, o SRMini emite automaticamente o certificado de exploração provisório. Neste caso o SRMini emite uma ordem diariamente de pagamento da quantia de 50€ a favor do requerente, até que o certificado definitivo seja emitido ou que se realize a inspeção prevista, sendo que este certificado é automaticamente convertido em definitivo se a inspeção não ocorrer nos trinta dias subsequentes ao limite do prazo previsto para inspeção.

O produtor dispõe de trinta dias para o caso de uma instalação em BT (Baixa Tensão), e de 60 dias nos restantes casos, contados da inspeção ou da última reinspeção para proceder às correções necessárias e solicitar nova reinspeção.

A ligação à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP) da unidade de miniprodução não é autorizada enquanto se mantiverem deficiências que não permitam

a emissão do certificado de exploração, procedendo-se após a segunda reinspeção sem concluir pela emissão de parecer favorável para início da exploração, ao cancelamento do registo da unidade de miniprodução.

Para casos em que a reinspeção por motivos não imputáveis ao produtor registado, implica o cancelamento do registo.

Quando a reinspeção por motivos não ocorra no prazo legalmente estabelecido para a sua realização, o SRMini emite certificado de exploração com carácter provisório de forma automática.

O certificado provisório é automaticamente convertido em definitivo se a reinspeção não ocorrer nos trinta dias subsequentes ao limite do prazo previsto para reinspeção.

4. Integração

A integração neste estágio correu bem apesar de ter sido um pouco lenta, talvez por inexperiência em termos de trabalho devido a ser a primeira vez que me encontro nesta situação, apesar disso a progressão foi boa e acabou por ser bastante rentável, não só em termos de relacionamento com outras pessoas na área de trabalho mas também quanto a conhecimentos adquiridos durante o tempo de estágio.

Na minha chegada à empresa não tardou a aparecer material de estudo para obter logo alguma informação acerca do trabalho que eu iria realizar e também começar a interiorizar-me com o trabalho em questão.

Mais tarde passou a ser-me explicado de forma mais detalhada como se processa a realização de um projeto fotovoltaico, ou no meu caso a realização do AP (Anteprojecto), assim foram-me explicados os pontos que temos que ter em conta, as opções a escolher nos mais variados casos e equipamentos a utilizar.

De seguida foi-me mostrado o software todo a utilizar na realização dos AP's, e explicado o seu funcionamento para de seguida poder começar a realizar AP's. Assim aconteceu, comecei imediatamente a praticar a realização dos AP's com supervisão do meu orientador, o que aconteceu durante algumas semanas.

Com o tempo fui ganhando experiência na realização dos AP's e por isso o supervisionamento do orientador passou a ser menor ou até mesmo inexistente, o que contribui muito para a minha independência laboral e para a obtenção de uma maior experiência.

4.1. Atividades Desenvolvidas

Neste Estágio desenvolvi diversas atividades, com ênfase principal na conceção de projetos fotovoltaicos no âmbito da microgeração, minigeração e sistemas isolados, dimensionamento de todo o sistema e simulação de produção do mesmo, realização de orçamento em folha de cálculo e análise de retorno de investimento e TIR, realização do documento de apresentação do anteprojecto, ainda, deslocação a obras para montagem dos sistemas fotovoltaicos e para ver como se fazem as inspeções dos sistemas, contatos com clientes, desenvolvimento/aperfeiçoamento das folhas de cálculo no âmbito de uma mais rápida e fácil utilização das mesmas, ou seja, maior automaticidade na realização de orçamentos e cálculo de rendimentos.

Outras atividades relacionadas com a empresa tais como, realização de inventário do armazém e dos escritórios, procura de empresas possíveis de realizar sistemas de minigeração em diversos distritos do país (Coimbra, Aveiro, Viseu, Guarda, Santarém, Portalegre e Beja),

4.2. Ações desenvolvidas ligadas ao Curso MCEI

Realização de projetos no âmbito de sistemas fotovoltaicos que começa desde a chegada da folha de levantamento com todos os dados relativos a determinado projeto, análise dos dados e estudo do sistema a simular.

Simulação de sistemas fotovoltaicos ligados á rede (microgeração e minigeração) e sistemas isolados, estudo do melhor sistema a implementar, análise de produções e realização de folha de cálculo a partir dos dados obtidos na simulação.

Análise dos resultados obtidos na folha de cálculo após dimensionamento correto de todos os parâmetros, tais como: Caixas e Aparelhagens de corte e proteção, Cablagens, tubagens, entre outros parâmetros relevantes ao orçamento do sistema, tempo de retorno do investimento do cliente e TIR.

Realização de documento referente ao projeto em questão, com todos os dados relevantes obtidos na folha de cálculo tais como: Produções, Retorno monetário mensal, Investimento inicial, TIR, Tempo de retorno do investimento inicial, todo o equipamento referente à instalação do sistema. Este documento será apresentado posteriormente ao cliente com vista a adjudicar o projeto.

4.3. Recepção e acompanhamento

Fui claramente bem recebido por todos os elementos da empresa, sempre me deixaram á vontade para perguntar e pedir o que quer que fosse.

Ao longo do tempo fui ganhando confiança com as pessoas da empresa, o que fez com que ficasse mais liberto para comunicar,

Quanto ao acompanhamento, foi bom tendo em conta o pouco tempo disponível para me transmitir a informação de que necessitava, informação essa que foi transmitida a seu tempo e com o seu devido cuidado e compreensão para comigo.

4.4. Tarefas relacionadas com outras atividades não referidas no MCEI

Contactos com clientes sobre projetos antigos que por qualquer motivo não se chegou a realizar nenhum contacto com o cliente depois da execução do projeto, e assim ficou durante tempo indeterminado. Nestes contatos foi transmitido ao cliente o nome da empresa de onde estava a ligar e o assunto em questão, geralmente saber acerca do interesse do cliente em instalar o sistema pretendido aquando do anterior ultimo contacto. Em vários casos foi necessário explicar novamente ao cliente qual seria o retorno obtido com o sistema, o que tinha alterado desde o ultimo contacto em termos de tarifas, preços de equipamentos e qual seria a melhor opção a adotar por parte do cliente com vista a uma rentabilidade máxima.

Atendimento de chamadas, nas quais era perguntado com quem ou com que empresa estávamos a falar, de que assunto se tratava, ou com quem desejariam falar, era comunicado à pessoa em questão e a chamada era passada para a linha dessa pessoa, ou então se a pessoa estivesse ocupada indicaria uma nova hora para telefonar para a empresa com vista a resolver o assunto em questão, caso o assunto fosse simples e pudesse resolver, eu próprio trataria de resolver a situação.

Elaboração de inventários, os quais tinham como objetivo a boa organização da empresa, estes inventários era relativos a material de armazém e também de todo o equipamento de escritório em posse da empresa, sendo que se algo faltasse, seria mais rápido de encomendar, ou caso algum material estivesse a chegar ao fim do stock, encomendar-se-ia de imediato para que nada faltasse nas obras a realizar.

Localização de empresas, em que me foi solicitado que procurasse via internet empresas com possibilidade de instalar sistemas fotovoltaicos, ou seja, que possuíssem instalações capazes de albergar sistemas tipicamente de minigeração, para posterior contacto por correio a partir de uma carta de apresentação da empresa, e, caso a empresa sentisse interesse, contactaria para começar a tratar de todo o processo. As zonas de pesquisa foram os distritos nos arredores de Coimbra e arredores de Lisboa (Sede e Filial).

5. Reflexão Crítica do trabalho Desenvolvido

Em termos de trabalho desenvolvido, não foi tanto como o esperado, mas aquele que foi realizado correu em geral bem, apesar de por vezes terem acontecido algumas falhas na realização dos trabalhos solicitados, mas que foram rapidamente detetadas e corrigidas prontamente por mim e pelo meu orientador.

A meu ver penso que poderia ter realizado mais trabalho, mas tendo em conta a atual situação do país e a escassez de trabalho levou a que por vezes não existisse trabalho suficiente para abranger por vezes nem por completo o engenheiro, sendo que a mim ainda menos trabalho me era solicitado.

Ainda assim a cooperação e espírito de entreaajuda da equipa da empresa levou a que houvesse sempre apoio e compreensão, não havendo por isso, espaço para críticas indesejáveis acerca do trabalho que realizei, mas sim vontade de me mostrar sempre o melhor caminho e solução nas diversas atividades desenvolvidas.

Em termos de ferramentas utilizadas, como já referido anteriormente, temos os programas Solterm, PVSYST, e Latex, todos eles essenciais à realização do projeto, mas que em alguns casos apresentavam falhas em determinado ponto de dimensionamento. Em relação ao Solterm não tenho falhas a apresentar, é um programa fácil de utilizar, simples, sem quaisquer problemas ou falhas de funcionamento. No caso do PVSYST já existiam algumas falhas, sobretudo em termos de dimensionamento de componentes, como em alguns casos em que para podermos simular um determinado sistema, teríamos que dimensionar previamente componentes que seriam normalmente dimensionados numa fase posterior. Ainda existia uma falha que não deixava simular sistemas isolados com mais que um regulador de carga, o que nos levaria a fazer uma divisão do sistema, e a simular por partes ou em casos de divisão em partes do sistema iguais, simular apenas uma parte do sistema e posteriormente fazer a relação do número de partes em que dividimos o sistema (tipicamente sempre partes iguais).

Em relação ao programa Latex, existiam algumas falhas quando se corria o programa, e que deixaria o documento resultante com uma página em branco, sem que se tivesse solicitado essa ação, situação que se resolveria simplesmente com um Enter nas proximidades de um comando das linhas de código, sendo ele o TableofContents.

Na realização dos projetos existiam ainda mais ferramentas essenciais ao seu desenvolvimento, caso das folhas de cálculo e dos softwares das marcas de inversores utilizadas pela empresa, softwares esse que no caso da SolarMax, apresenta algumas limitações no dimensionamento de possíveis soluções a determinado sistema, enquanto que o software da Kaco não apresentava essas limitações.

No caso das folhas de cálculo, existia uma folha de cálculo para cálculo da dimensão da cablagem a utilizar dependendo da distância, potência e número de fases, a meu ver foi muito bem conseguida. A folha de cálculo dos orçamentos também me pareceu muito bem conseguida apesar de necessitar de um maior número de alterações dos parâmetros aquando da realização do orçamento, e que por isso necessitaria de algumas alterações/melhoramentos a nível funcional, alterações essas que achei por bem começar a fazer, melhorando assim alguns pontos dessa folha.

6. Perspectivas Futuras

Como perspectivas futuras tenho a dizer que espero continuar a trabalhar nesta empresa, pois tenho todo o gosto em continuar a desenvolver trabalho junto dos outros elementos, desenvolver-me também a mim e tornar-me uma pessoa competente neste ramo que é tão importante e apelativo.

Caso a empresa não pretenda prosseguir com a mesma ideia que eu, então pretendo continuar no ramo da energia solar fotovoltaica numa outra empresa que me queira acolher posteriormente ao termo do curso.

7. Considerações Pessoais e Conclusão

Mais uma vez devo agradecer todo o apoio que me foi dado por uma equipa muito trabalhadora e na informação que me foi tão sabiamente transmitida.

Estes nove meses foram de uma maneira geral compensatórios pois aprendi muito, não só acerca do conteúdo informativo do estágio mas também aprendi a relacionar-me com uma equipa de trabalho, a interagir com os elementos da equipa de trabalho, e acima de tudo aprendi que numa equipa de trabalho podemos sempre contar com a ajuda de qualquer um dos elementos e que devemos estar á vontade para com esses elementos, de modo a que o relacionamento com estes seja o melhor possível, levando assim a um ambiente de trabalho excepcional.

8. Bibliografia

- [1]Boyle Godfrey et all, *Energy Systems and Sustainability*, Oxford, 2003, United States, 23-34
- [2]Concurso solar Padre Himalaya, *Guia Da Energia Solar*, Direção Geral de Energia e Geologia
- [3]Decreto-Lei n.º 118-A/2010, de 25 de outubro
- [4]Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de março
- [5]Departamento de Engenharia Eletrotécnica, *Energia sem limites*, III Jornadas de Engenharia Eletrotécnica, Instituto Politécnico de Tomar, Março de 2006, Tomar
- [6]Markqvart Tomas, *Solar Electricity Second Edition*, John Wiley, Outubro 2000, England, **5-19**
- [7]*Projetos Portugueses de Demonstração energia financiados pela Comunidade Europeia*, Instalação de Sistemas Fotovoltaicos em 75 Casas Isoladas em Portugal, nº 4, Projeto N.º SE/215/87/PO-DE-FR, Direção Geral de Energia e Geologia
- [8]Sørensen Bent, *Renewable Energy Third*, ELSEVIER ACADEMIC PRESS, 2004, England, 29-209; 339-348
- [9]WENNERBERG JOHAN, *Design and Stability of Cu(In,Ga)Se₂-Based Solar Cell Modules*, 2002, UPPSALA, 7-18

9. Webgrafia

[10]http://www.al-sa.pt/catalogo/detalhes_produto.php?id=430

[11] <http://www.bettahidroturbinas.com.br/dimensionamento>

[12] <http://www.bohnen.com.br/Noticia.aspx?NoticiaID=250>

[13]<http://www.bucosantos.com/product/cabo-xv-preto-3x6>

[14]<http://centrotorneiras.pt/print.php?id=8506>

[15]<http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=381>

[16]<http://www.ffiolar.com/>

[17]Folha Calculo Empresa

[18]<http://www.forch.pt/product.aspx?p=54ecdea5-0cf4-4512-b445-7247e4a40105&g=1280002b-e0d6-488c-9518-ec38541fb307>

[19]http://fotovoltaicos001.blogspot.pt/2011_04_01_archive.html

[20]<http://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/energiaondas.html>

[21]<http://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/solar.html>

[22]<http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1390&evento=3>

[23]<http://grupoperfeito.blogspot.pt/2010/10/energia-das-mares.html>

[24]http://www.invent.org/2008induction/1_3_08_induction_chapin.asp

[25]<http://irmaosabage.net/grupo/1>

[26]<http://kaconewenergy.com>

[27]<http://www.logismarket.pt/polivale/estruturas-fixas-para-instalacoes-fotovoltaicas/1690828534-1693176213-p.html>

[28]<http://maremotriz.zip.net/>

[29]<http://micro.magnet.fsu.edu/optics/timeline/people/becquerel.html>

[30]http://www.plurigassolar.com/index.php?route=product/product&product_id=105

[31]<http://portuguese.alibaba.com/product-gs/solar-photovoltaic-fuse-ce-tuv--287026398.html>

[32]<http://pt.dreamstime.com/imagem-de-stock-royalty-free-painel-solar-em-um-telhado-image15502406>

[33]pvsyst 5.6

[34] <http://sinergiae.com/#>

[35]http://www.sklepelektryczny.eu/kable_i_przewody/przewody_do_odbiornikow_ruchomych/os/os_35_przewod_spawalniczy,p933130421?cn=1

[36]<http://www.slideshare.net/sbshep1/appalachian-collapse-scenario>

[37]<http://www.smh.com.au/articles/2003/06/10/1055220598848.html>

[38]<http://www.solarmax.com/en/>

[39]Solterm 5.0

[40]http://www.steca.com/index.php?Solar_charge_controllers

[41]<http://utinuti.wordpress.com/2011/07/02/disjuntor/>

10. Anexos

Anexo 1



Instalação de Sistemas Fotovoltaicos em 75 Casas Isoladas em Portugal

(Projecto N.º SE/215/87/PO-DE-FR)

Objectivo do projecto

O projecto de electrificação (significando a satisfação das necessidades básicas de electricidade) através de sistemas fotovoltaicos em sítios isolados de Portugal visa demonstrar em diferentes situações (geográficas, económicas e ainda no que concerne a diversas utilizações da energia eléctrica), a possibilidade de usar estes

sistemas como uma alternativa aos processos tradicionais de electrificação, os quais apresentam custos elevados para alimentar sítios isolados devido aos custos das linhas de transporte de energia eléctrica para um sistema centralizado ou, no caso das soluções descentralizadas tradicionais, apresentam alguns problemas de manutenção e de abastecimento de combustível, bem como, por vezes, problemas ambientais.



Gerador fotovoltaico de 800 Watt pico na Serra da Estrela.

Anexo 1.1: Primeira imagem de um boletim informativo "Projectos Portugueses de Demonstração de energia Financiados pela Comunidade Europeia", que retrata a instalação de 75 sistemas fotovoltaicos em Portugal no ano de 1987, fonte: [7].

Entidades realizadoras do projecto

Coordenação e avaliação do projecto.
 Centro de Estudos em Economia da Energia, dos Transportes e do Ambiente (CEEETA)
 Rua Miguel Lupi, 20 - 1200 Lisboa, Portugal

Coordenação técnica
 SERRI-RENAULT
 BP66 - 78184 Saint Quentin en Yvelines Cedex
 France

Fabricantes
 SERRI-RENAULT
 BP66 - 78184 Saint Quentin en Yvelines Cedex
 France

AEG
 Industriestrasse 29
 D-2000 Wedel (Holstein) Deutschland

Custos do projecto

O custo total do projecto foi de 229 500 contos, distribuído da seguinte maneira:

Seleção de sítios e elaboração dos projectos	44 195 contos
Encomendas, fabricação e preparação dos sítios	122 391 contos
Instalação	40 375 contos
«Monitoring» (incluindo avaliação sócio-económica)	22 538 contos

Descrição técnica do projecto

O projecto consiste em:

- a) Seleccionar uma amostra representativa de diferentes situações de casas isoladas;
- b) Seleccionar e determinar a concepção óptima para cada situação;
- c) Realizar os projectos e efectuar o «monitoring» durante dois anos, para todas as instalações, distribuídas por 75 casas.

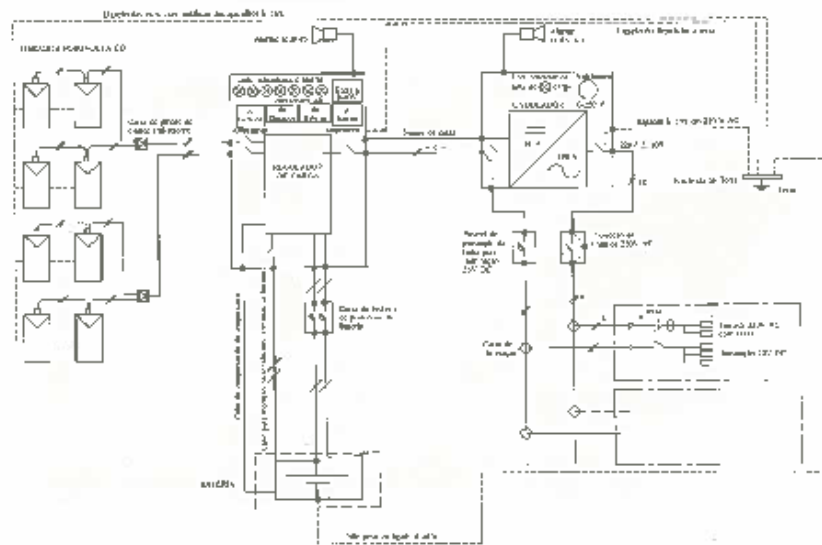
As situações escolhidas foram:

- 1 — Electrificação de casas isoladas em diferentes áreas protegidas, em cooperação com o Serviço Nacional de Parques Reservas e Protecção da Natureza.
- 2 — Electrificação de casas de abrigo e pousadas de juventude em diferentes áreas protegidas
- 3 — Electrificação de pequenos aglomerados populacionais no sul de Portugal.
- 4 — Electrificação de casas isoladas, quer do habitat rural, quer para utilizações específicas como controlo de fronteiras, etc. através do território nacional.

O projecto foi dividido em quatro fases, que incluíam as seguintes tarefas:

- Fase I: Estudos de selecção dos locais (9 meses).
- Fase II: Fabrico dos equipamentos e seu transporte para os sítios seleccionados (7 meses).
- Fase III: Construção das instalações fotovoltaicas (4 meses).
- Fase IV: Monitoring (24 meses).

DIAGRAMA GERAL DE INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA



Anexo 1.2: Segunda imagem de um boletim informativo "Projectos Portugueses de Demonstração de energia Financiados pela Comunidade Europeia", que retrata a instalação de 75 sistemas fotovoltaicos em Portugal no ano de 1987, fonte: [7].



Avaliação económica

a) Aspectos económicos

(para cada tipo de instalação fotovoltaica)

1. Dados técnicos

- Potência nominal: 400 Wp
- Produção anual: 642 kWh
- Tempo de vida útil: 15 anos

2. Custos de investimento

- Investimento: 2 958 contos (ano de 87)
- Taxa de juro: 10%
- Investimento por kWh: 357\$00/kWh

3. Custos de operação: 15 300\$00/ano

4. Preço total de custo

- Preço por kWh: 380\$00
- Preço total anual da energia: 244 474\$00

b) Elementos de custo para solução convencional

1. Tomando em linha de conta uma casa situada a 2 quilómetros da Rede, o custo da electrificação será cerca de 3 800 contos.

Para adquirir a mesma quantidade de electricidade (5x642 kWh/ano) o custo será de 388\$00/kWh (contudo o custo do kWh por consumidor ligado à Rede é de cerca de 13\$00/kWh).

2. Custo anual da energia disponibilizada: 24 884 contos.

c) Diferença entre os custos das duas soluções: 37.108\$00

* Os termos de comparação não tomam em conta que com uma solução (fotovoltaica) o utilizador tem um consumo limitado.

Para mais informações dirija-se:

Direcção — Geral de Energia
Av. 5 de Outubro, 87
1000 Lisboa

Comissão das Comunidades Europeias
Direcção — Geral de Energia (DGXVII)
200, Rue de La Loi
B - 1049 - Bruxelas

A demonstração é o estágio em que se procura testar à escala real a viabilidade económica de um projecto inovador. Considera-se *inovação*, a utilização de determinadas tecnologias suportadas por investigação e desenvolvimento. Contudo deve «dessecularizar-se» o conceito de inovação. Em muitos casos, a inovação pode alicerçar-se na reflexão e conhecimento profundos da actividade exercida, sendo certo que, por vezes, tecnologias já testadas em contextos económicos geográficos e energéticos diferentes, podem ser inovadoras se aplicadas num contexto diverso. Actualmente, o programa comunitário Thematic, apoia também a disseminação de projectos de demonstração, pelo que as oportunidades de obter apoios financeiros em projectos de «up grading» tecnológico se encontram substancialmente acrescidas.



Secretaria da Indústria e Energia



Direcção Geral de Energia

d) Período de retorno:

$$T = \frac{I}{E - M} = \frac{2\,958\,000\$00}{(388\$00 \times 642 \text{ kWh}) - 15\,300\$00} = 12.6 \text{ anos}$$

em que:

I — Investimento

E — Energia produzida anualmente, valorizada a preços de custo da alternativa de ligação à rede.

M — Custos de operação.

Perspectivas de disseminação

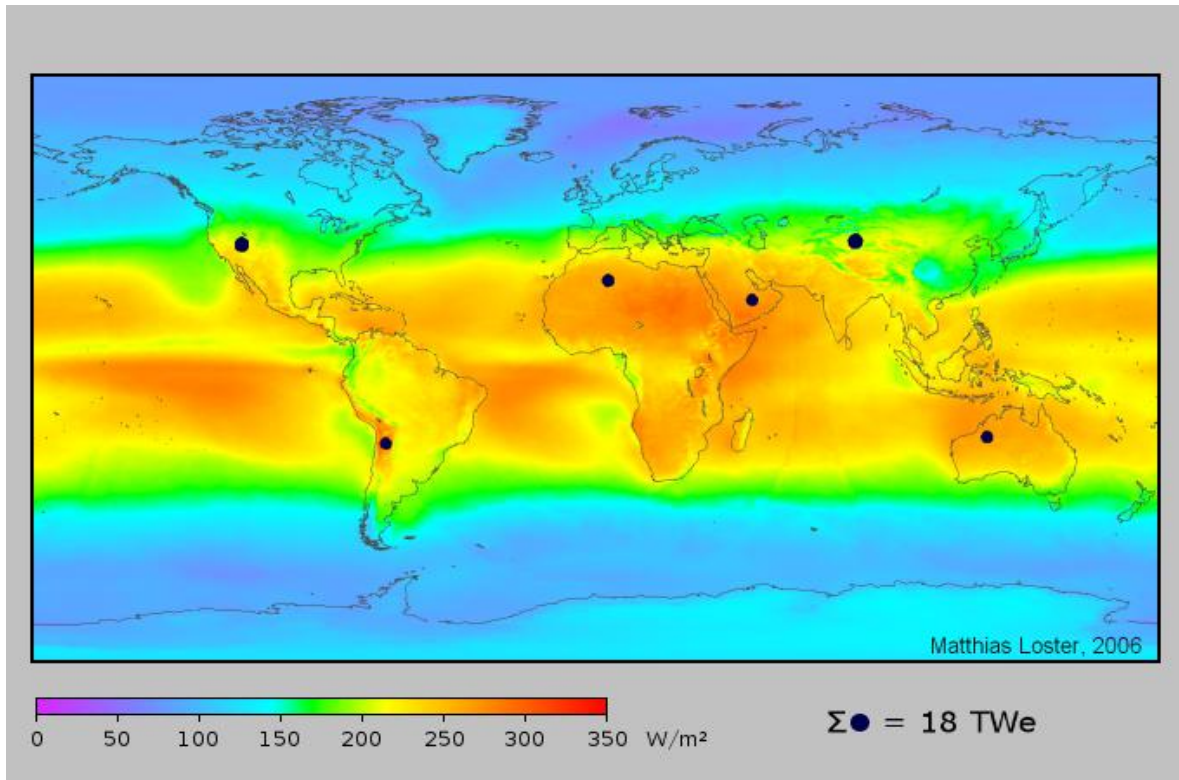
Os ensinamentos que a fase de avaliação do projecto poderão proporcionar constituirão, provavelmente, um bom suporte para o desenvolvimento de projectos similares.

Contudo, pode desde já afirmar-se que, em determinada situação de isolamento, como por exemplo, em sítios de difícil ou mesmo impossível ligação à Rede eléctrica ou com acessos difíceis, a via fotovoltaica é a única possível de materializar o abastecimento em energia eléctrica e consequentemente, o conforto por ela proporcionado aos habitantes desses lugares.

A análise deste tipo de projectos deve efectuar-se tendo em consideração os efeitos sócio-económicos da electrificação de locais remotos ou efeitos ambientais. O projecto poderá demonstrar utilizações possíveis da energia fotovoltaica com grande interesse, em países nos quais uma rede eléctrica cobrindo a maior parte do país não existe.

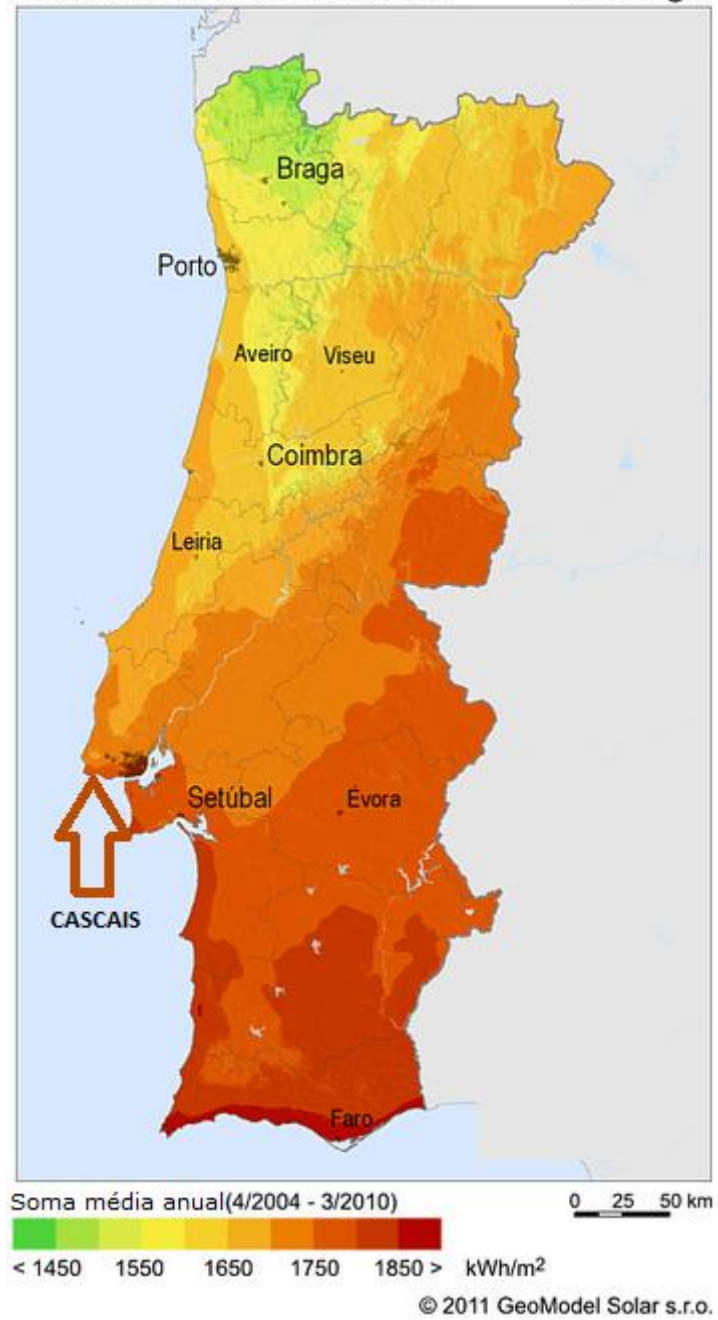
Anexo 1.3: Terceira imagem de um boletim informativo "Projectos Portugueses de Demonstração de energia Financiados pela Comunidade Europeia", que retrata a instalação de 75 sistemas fotovoltaicos em Portugal no ano de 1987, fonte: [7].

Anexo 2



Anexo 2.1: Mapa-mundo com escala de energia W/m² que resume as médias de radiação solar nas diferentes zonas, pode constatar-se que nas zonas equatorial e trópicos são as mais irradiadas e assim sendo constituem as regiões de maior potencial fotovoltaico, fonte: [18].

Global horizontal irradiation Portugal



Anexo 2.2: Mapa-Portugal da soma média anual de energia em kWh/m², de destacar a zona Sul e Centro, que representam as zonas de maior potencial fotovoltaico, fonte: fonte: [18].

Anexo 3

ENERGIA GERADA			
		(-)	(+)
Jan	358,6	340,7	376,5
Fev	416,2	395,4	437,0
Mar	536,1	509,3	562,9
Abr	621,6	590,5	652,7
Mai	727,3	690,9	763,7
Jun	744,9	707,7	782,1
Jul	826,6	785,3	867,9
Ago	825,7	784,4	867,0
Set	626,6	595,3	657,9
Out	537,7	510,8	564,6
Nov	408,5	388,1	428,9
Dez	369,1	350,6	387,6
Total	6998,9	6649,0	7348,8

Anexo 3.1: Print Screen do primeiro ponto a dimensionar na folha de cálculo, na segunda coluna preenchem-se os campos referentes aos meses de Janeiro a Dezembro, e automaticamente obtemos o total, o desvio de produção em 5% por defeito e por excesso (terceira e quarta coluna) e os totais. Os valores a preencher são provenientes do resultado da simulação do programa PVSYSY, fonte: [16].

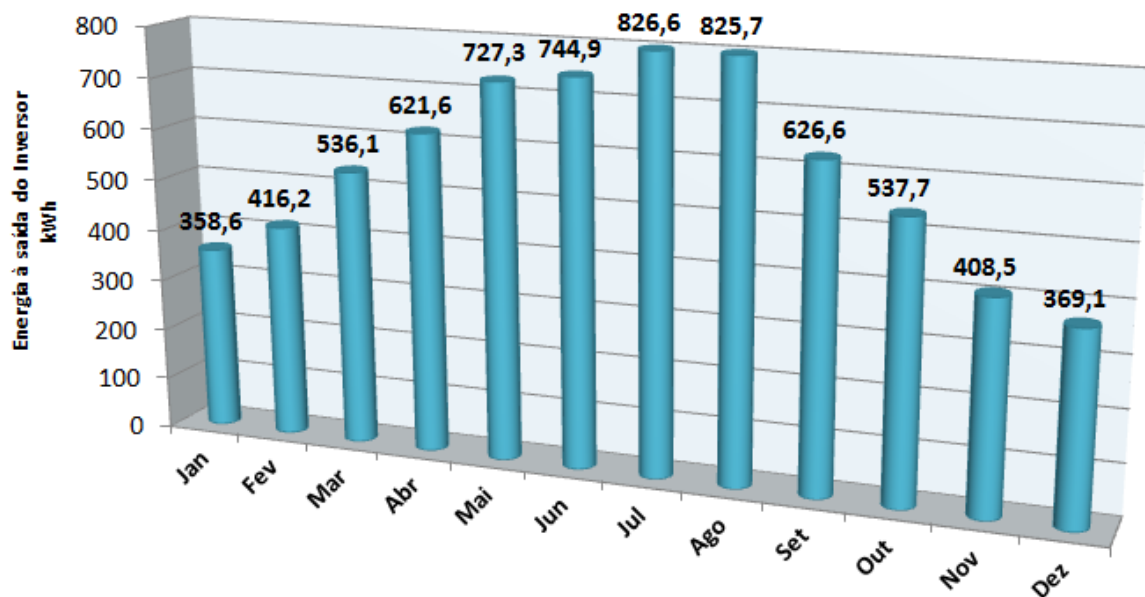
Ano da instalação	Ano	Valor pago EDP
1	2012	0,20 €
2	2013	0,20 €
3	2014	0,20 €
4	2015	0,20 €
5	2016	0,20 €
6	2017	0,20 €
7	2018	0,20 €
8	2019	0,20 €
9	2020	0,17 €
10	2021	0,17 €
11	2022	0,17 €
12	2023	0,17 €
13	2024	0,17 €
14	2025	0,17 €
15	2026	0,17 €

Anexo 3.2: Print Screen do segundo ponto a dimensionar na folha de cálculo, na última coluna preenchem-se os campos referentes aos primeiros oito anos e aos sete seguintes, isto caso a tarifa seja a de regime bonificado, onde os valores diferem, fonte: [16].

ANO 1 a 8	0,20 €
67 €	74 €
77 €	86 €
100 €	110 €
116 €	128 €
135 €	150 €
139 €	153 €
154 €	170 €
154 €	170 €
117 €	129 €
100 €	111 €
76 €	84 €
69 €	76 €
1.303 €	1.440 €
10.426 €	11.523 €

Anexo 3.3: Print Screen da remuneração obtida pelo cliente, esta remuneração é calculada tendo em conta o desvio de 5% da energia produzida já explicado no anexo 3.1, e a tarifa referida no anexo anterior, fonte: [16].

Valores estimados para a produção anual



Anexo 3.4: Print Screen do Gráfico obtido a partir dos valores de energia produzidos, que foram inseridos no passo referente ao anexo 3.1, fonte: [16]

Primeiros 15 anos				
Cenário 1				
Ano	Inflação	Rendimento (€) (-)		Rendimento (€) (+)
	5%			
1	2013	0,14 €		
2	2014	0,15 €	0 €	0 €
3	2015	0,16 €	0 €	0 €
4	2016	0,17 €	0 €	0 €
5	2017	0,17 €	0 €	0 €
6	2018	0,18 €	0 €	0 €
7	2019	0,19 €	0 €	0 €
8	2020	0,20 €	1.340 €	1.481 €
9	2021	0,21 €	1.407 €	1.555 €
10	2022	0,22 €	1.477 €	1.633 €
11	2023	0,23 €	1.551 €	1.714 €
12	2024	0,24 €	1.628 €	1.800 €
13	2025	0,26 €	1.710 €	1.890 €
14	2026	0,27 €	1.795 €	1.984 €
15	2027	0,28 €	1.885 €	2.084 €
Dez anos seguintes				
Ano	Inflação	Rendimento (€) (-)		Rendimento (€) (+)
	5%			
16	2028	0,30 €	1.979 €	2.188 €
17	2029	0,31 €	2.078 €	2.297 €
18	2030	0,33 €	2.182 €	2.412 €
19	2031	0,34 €	2.291 €	2.533 €
20	2032	0,36 €	2.406 €	2.659 €
21	2033	0,38 €	2.526 €	2.792 €
22	2034	0,40 €	2.653 €	2.932 €
23	2035	0,42 €	2.785 €	3.078 €
24	2036	0,44 €	2.924 €	3.232 €
25	2037	0,46 €	3.071 €	3.394 €

Anexo 3.5: Print Screen do valor remuneratório para vinte e cinco anos (tempo médio de vida útil do sistema), podemos observar que a partir do ano oito, devido à taxa de inflação (5%), o valor da tarifa de compra de energia ultrapassa o valor de venda da tarifa bonificada, e sendo que o cliente não pode nunca vender energia à rede abaixo do valor de compra, então o cliente passa a vender energia à rede ao mesmo preço de compra, fonte: [16].

Ano	Rendimento acumulado (€) (-)	Rendimento acumulado (€) (+)	Rendimento acumulado (valor médio) (€)
0	2012	- €	- €
1	2013	1.303 €	1.372 €
2	2014	2.606 €	2.744 €
3	2015	3.910 €	4.115 €
4	2016	5.213 €	5.487 €
5	2017	6.516 €	6.859 €
6	2018	7.819 €	8.231 €
7	2019	9.122 €	9.602 €
8	2020	10.462 €	11.013 €
9	2021	11.869 €	12.494 €
10	2022	13.346 €	14.048 €
11	2023	14.897 €	15.681 €
12	2024	16.525 €	17.395 €
13	2025	18.235 €	19.195 €
14	2026	20.031 €	21.085 €
15	2027	21.916 €	23.069 €

Anexo 3.6: Print Screen do valor acumulado de remuneração que o cliente obterá em vinte e cinco anos, este valor provém do somatório da energia vendida à rede nos primeiros quinze anos, nos primeiros sete anos é utilizado o total do anexo 3.1 e nos oito seguintes são utilizados os valores do anexo anterior, fonte: [16].

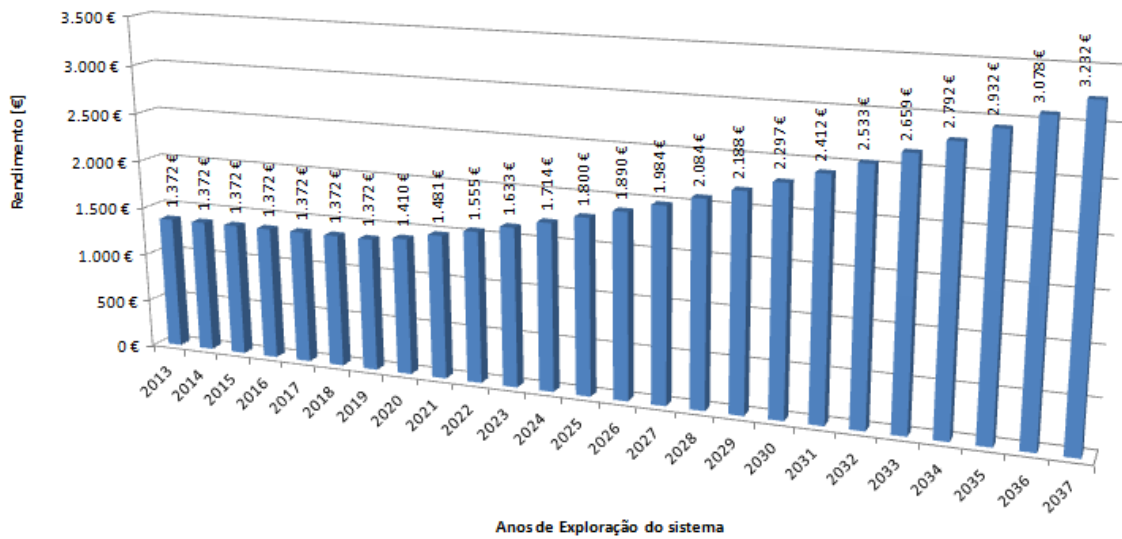
Ganhos ao fim de 25 anos depois da implementação do sistema				
				5%
Ano		Rendimento acumulado (€) (-)	Rendimento acumulado (€) (+)	Rendimento acumulado (€) (valor médio)
16	2028	23.895 €	26.410 €	25.153 €
17	2029	25.974 €	28.708 €	27.341 €
18	2030	28.156 €	31.120 €	29.638 €
19	2031	30.447 €	33.652 €	32.050 €
20	2032	32.853 €	36.312 €	34.582 €
21	2033	35.380 €	39.104 €	37.242 €
22	2034	38.032 €	42.036 €	40.034 €
23	2035	40.817 €	45.114 €	42.966 €
24	2036	43.742 €	48.346 €	46.044 €
25	2037	46.813 €	51.740 €	49.276 €

Anexo 3.7: Print Screen do valor acumulado de remuneração que o cliente obterá nos últimos dez anos do sistema, este valor provém do somatório da energia vendida à rede dos dez últimos anos referidos no anexo 3.5, fonte: [16].

Análise gráfica		
Cenário 1		
		5%
Ano		Rendimento médio (€)
0		
1	2013	1.372 €
2	2014	1.372 €
3	2015	1.372 €
4	2016	1.372 €
5	2017	1.372 €
6	2018	1.372 €
7	2019	1.372 €
8	2020	1.410 €
9	2021	1.481 €
10	2022	1.555 €
11	2023	1.633 €
12	2024	1.714 €
13	2025	1.800 €
14	2026	1.890 €
15	2027	1.984 €
16	2028	2.084 €
17	2029	2.188 €
18	2030	2.297 €
19	2031	2.412 €
20	2032	2.533 €
21	2033	2.659 €
22	2034	2.792 €
23	2035	2.932 €
24	2036	3.078 €
25	2037	3.232 €

Anexo 3.8: Print Screen da análise gráfica realizada a partir dos valores de remuneração obtidos no anexo 3.3 e 3.5, fonte: [16].

Rendimento médio (€) do cenário de inflação à taxa de 5%



Anexo 3.9: Print Screen do gráfico de remuneração do cliente ao longo dos vinte e cinco anos do sistema, este gráfico é construído a partir dos valores de remuneração existentes no anexo 3.8, fonte: [16].

Rendimento em 8 anos 11.013 €									
Rendimento em 15 anos 23.069 €	Com IVA	Rendimento Acumulado em 8 anos	11.012,75 €	Acumulado 9 Anos	12.493,52 €	Acumulado 10 Anos	14.048,33 €	Acumulado 11 Anos	15.680,89 €
Rendimento em 25 anos 49.276 €		Investimento no Sistema	14.171,85 €						
		Tempo de Retorno ou PAYBACK	0,0		0,0		0,0		10,1
		Lucro em 15 anos	8.897 €						
		Lucro em 25 anos	35.105 €						

Anexo 3.10: Print Screen dos valores do rendimento do sistema em três anos de referência do sistema, ainda o cálculo do tempo de retorno do investimento realizado a partir do investimento inicial no sistema e do rendimento acumulado em anos diferentes, e ainda o lucro do cliente em dois anos de referência, fonte: [16].

Orçamento Material			
Materiais	Preço Unitário	Quant.	Total
Painéis Fotovoltaicos			
<i>SINERGIAE 230</i>	240,95 €	0	0,00 €
<i>SINERGIAE 235</i>	193,40 €	20	3.868,00 €
<i>Sanyo HIP 240HDE4</i>	900,54 €	0	0,00 €
Inversores			
SMA SB 2500	1.749,46 €	0	0,00 €
SMA SB 3300	2.126,41 €	0	0,00 €
SMA SB 3800V	2.232,05 €	0	0,00 €
Solar Max 4200 S	1.471,30 €	1	1.471,30 €
Kaco 4200	1.231,88 €	0	0,00 €
Tipo Estrutura			
Estrutura tipo cobertura	2.500,00 €	1	2.500,00 €
SP-02	966,41 €	0	0,00 €
SP-03	1.190,98 €	0	0,00 €
Lages Cimento	11,66 €	0	0,00 €
Contador			
Contador Landis + Gyr	469,57 €	1	469,57 €
Caixas e Aparelhagem de Corte e Protecção			
Cx Protecção	21,78 €	1	21,78 €
Int. Diferencial	18,48 €	1	18,48 €
Disjuntor	9,05 €	1	9,05 €
Armário	143,33 €	0	0,00 €
Portinhola P100	87,23 €	1	87,23 €
Caixa contador	60,83 €	1	60,83 €
Cx Gewiss	11,86 €	2	23,72 €
Kit Fusíveis	2,55 €	1	2,55 €
Fichas MC4	4,04 €	8	32,32 €

Anexo 3.11: Print Screen da parte inicial de orçamentação do sistema, aqui podemos orçamentar tudo o que for necessário ao sistema, fonte: [16].

Cablagem			
XV (3x6)	3,27 €	40	130,80 €
XV (5x6)	5,32 €	0	0,00 €
XV (3x10)	4,84 €	0	0,00 €
XV (3x16)	7,59 €	0	0,00 €
FBBN	1,26 €	70	88,20 €
XV (5x10)	8,70 €	0	0,00 €
XV (5x16)	13,70 €	0	0,00 €
Tubagem			
Corrugado	0,98 €	50	49,00 €
VD 40	1,20 €	20	24,00 €
Hidronil	0,74 €	0	0,00 €
Diversos	200,00 €	1	200,00 €
Engenharia	800,00 €	1	800,00 €
Poste e alteração baixada	350,00 €	0	0,00 €
Vala	390,00 €	1	390,00 €
Instalação Fixo	1.100,00 €	1	1.100,00 €
Deslocação Zona 0	175,00 €	1	175,00 €
Deslocação Zona 1	400,00 €	0	0,00 €
Deslocação Zona 2	500,00 €	0	0,00 €
Valor final Orçamento			11.521,83 €
Valor final de orçamento com IVA			14.171,85 €

Anexo 3.12: Print Screen da parte final de orçamentação do sistema, aqui podemos orçamentar tudo o que for necessário ao sistema, obtendo por ultimo o valor final do orçamento, valor esse utilizado para o cálculo da TIR (anexo seguinte) e cálculo do tempo de retorno do investimento (anexo 3.10) , fonte: [16].

	Ano Instalação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Instalado a 31 Dez 2010	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cash-Flow a 31 Dez de cada ano seguinte	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Investimento Inicial	14.171,85€													
Seguro multirisco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manutenção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção real (kWh)		6.399	6.399	6.399	6.399	6.399	6.399	6.399	6.399	6.399	6.399	6.399	6.399	6.399
Tarifa CURT (Tarifa EDP)		143	150	158	166	174	183	192	201	212	222	233	245	257
Vendas Cenário 1 (Tarifa MG)		136	136	136	136	136	136	136	201	212	222	233	245	257
Cash-Flow Cenário 1	14.171,85€	1.371,78€	1.371,78€	1.371,78€	1.371,78€	1.371,78€	1.371,78€	1.371,78€	1.410,26€	1.480,77€	1.554,61€	1.632,55€	1.714,18€	1.799,69€

Anexo 3.13: Print Screen da parte inicial de cálculo dos valores necessários ao calculo da TIR, esses valores são calculados de acordo com a tarifa a que o cliente vai vender energia à rede, estes valores não são nada mais que os valores de remuneração pela energia vendida à rede, fonte: [16].

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
14 2025	15 2026	16 2027	17 2028	18 2029	19 2030	20 2031	21 2032	22 2033	23 2034	24 2035	25 2036
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.999	6.999	6.999	6.999	6.999	6.999	6.999	6.999	6.999	6.999	6.999	6.999
270	284	298	313	328	345	362	380	399	419	440	462
270	284	298	313	328	345	362	380	399	419	440	462
1.889,88\$	1.984,38\$	2.083,60\$	2.187,78\$	2.297,16\$	2.412,02\$	2.532,62\$	2.659,26\$	2.792,22\$	2.931,83\$	3.078,42\$	3.232,34\$

Anexo 3.14: Print Screen da parte final de cálculo dos valores necessários ao cálculo da TIR, esses valores são calculados de acordo com a tarifa a que o cliente vai vender energia à rede, estes valores não são nada mais que os valores de remuneração pela energia vendida à rede, fonte: [16].

CENARIO	ANOS	15	20	25
1	NPV (€)	8.897,36\$	20.410,55\$	35.104,61\$
	TIR	6,3%	9,1%	10,5%

Anexo 3.15: Print Screen do cálculo final da TIR, os valores utilizados para o cálculo desta taxa para quinze, vinte e vinte e cinco anos são provenientes dos valores calculados no anexo 3.13 e 3.14, fonte: [16].