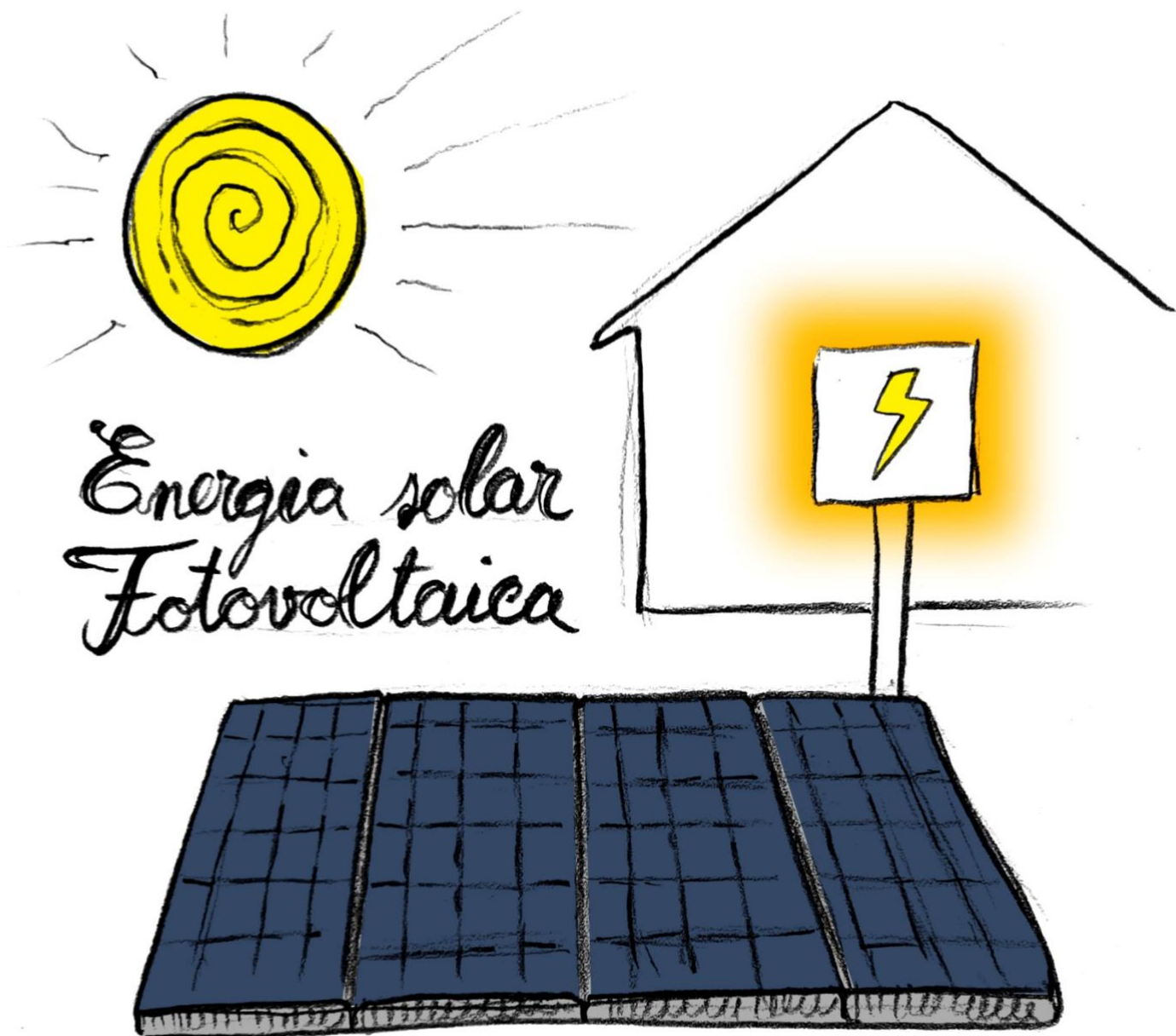




*Energia solar
Fotovoltaica*

UM MANUAL PARA A AUTONOMIA ENERGÉTICA FAMILIAR

Repensa a tua relação energética com o meio envolvente.
Reduz a tua dependência. Monta o teu próprio sistema elétrico.

.. André Montanha ..

Apresentação

A manipulação da electricidade à escala doméstica podia muito bem fazer parte do programa curricular nacional de base. Infelizmente, tal como acontece com outras coisas que considero importantíssimas para o desenvolvimento de seres humanos conhecedores e capazes, não é esse o caso. Apesar de existirem muitas pessoas e iniciativas que já o reconhecem, parece que se insiste imparavelmente na segmentação e separação dos saberes, rumo a uma sociedade que se vai atulhando de especialistas que mal conseguem comunicar uns com os outros. Não seria mais inteligente que se tendesse colectivamente a formar pessoas que dominassem diversas áreas em vez de uma só? Mais que isso, não deveria o plano nacional de educação realmente ser concretizado no sentido de se dar às crianças a oportunidade de, frequentemente, terem contacto com os saberes, as artes e os ofícios mais basilares da nossa cultura? Ou vai ser preciso um curso superior para se trocar uma lâmpada? Para se plantar batatas? Para se martelar um prego?

Este manual, escrito sem a interferência da chamada inteligência artificial, surge como um breve compêndio daquilo que é a minha experiência na área eléctrica baseada em sistemas fotovoltaicos. Devo dizer que nunca fiz nenhuma formação na área. Tudo o que partilho é baseado na minha experiência pessoal e no conhecimento adquirido através do contacto com outras pessoas e na leitura de diversas referências sobre o assunto. Não descurando os perigos associados à manipulação da electricidade posso dizer que é relativamente seguro, providenciados os devidos cuidados, todas as operações que englobam a instalação de um sistema eléctrico à escala doméstica. Que este manual te possa ajudar nessa demanda!

Agradeço também ao meu amigo António Surrécio, Educador, Permacultor e Engenheiro Eletrotécnico, cujas opiniões acerca deste tipo de sistemas eléctricos me foram sempre valiosas. Este manual, redigido por ocasião da Oficina Online sobre Sistemas Eléctricos Fotovoltaicos, em Junho de 2026, que contou com a sua participação, conta também com o seu contributo, sendo nesses casos devidamente discriminado. Não deixes de visitar o *website* do António:

<https://terrapurnadesign.webnode.page/>

Amarante, 22 de Junho de 2026

André Montanha

Conteúdo

Como comecei	5
Noções acerca de energia	6
Produção e Consumo.....	6
Que crescimento?	8
Consciência, impacto e autonomia	9
Estratégias activas de eficiência energética (António Surrécio)	11
Recomendações gerais (António Surrécio).....	11
Fundamentos de electricidade.....	12
Elementaridades	12
Transporte da electricidade	12
Corrente Contínua ou Direta (CC /DC) e Corrente Alternada (AC).....	13
Grandezas eléctricas e equações gerais	14
Lei de Ohm	14
Potência.....	15
Componentes elementares de circuitos eléctricos	16
Resistencias.....	16
Capacitadores (ou condensadores)	17
LED's.....	17
A tecnologia fotovoltaica	18
Concepção de um sistema eléctrico fotovoltaico	19
Considerações.....	19
O caso do ar condicionado	19
Produção relacionada com o consumo	19
Utilização com o sol VS Apoio (Backup) das baterias	20
Aquecedores baseados em resistências.....	20
Válvula misturadora termostática.....	21
Componentes fundamentais.....	21
Esquema do nosso sistema actual	23
Alterações a serem implementadas no sistema actual	24
Dimensionamento do sistema.....	25
Custo do meu sistema	25
Considerações	25
Painéis solares.....	27
Especificações dos painéis.....	28
Baterias.....	29
Chumbo-ácido inundadas.....	29
Chumbo-ácido AGM (Manta de Fibra de Vidro Absorvente)	29
Chumbo-ácido GEL VLRA (Chumbo ácido reguladas por válvulas)	30
Fosfato de Ferro Lítio (LFP ou LiFePO4):	30

Ciclo de vida.....	30
Controlador.....	32
Inversor	33
Fios eléctricos.....	34
Segunda lei de ohm:	35
Conectores	35
Derivação.....	36
<u>Instalação do sistema</u>	<u>36</u>
Ferramentas básicas.....	37
Instalação dos Painéis	38
Considerações gerais	38
Ângulo dos painéis através do ponto subsolar	39
Motores solares (<i>solar trackers</i>)	40
Painéis fixos com orientações diferentes.....	40
Ligações em Série VS Paralelo.....	41
Suportes dos painéis	42
Quantos painéis instalar?	43
Compatibilidade entre painéis	43
Unidade central.....	44
Banco de energia	45
Cálculo para o apoio (<i>backup</i>)	46
Controlo.....	47
Ligações e Segurança	48
Arco elétrico	48
Painéis.....	49
Cabos e Faíscas	49
Terra.....	49
<u>Distribuição da electricidade</u>	<u>51</u>
Montagem de um quadro eléctrico simples	51
Componentes	52
Distribuição.....	53
<u>Cuidados e Manutenção</u>	<u>54</u>
Terminais dos cabos	54
Multímetro	54
Inspeção dos painéis	54
Inversor e controlador	55
<u>Sistemas Fora da Rede e Na Rede (António Surrécio)</u>	<u>55</u>
Sistema de produção local de energia eléctrica incluindo a rede:	55
Sistema <i>ongrid</i> (elementos básicos):	55
Sistema <i>offgrid</i> com apoio da rede (elementos básicos):	57
<u>Em jeito de conclusão</u>	<u>59</u>

Como comecei

Acredites ou não, tornei-me mais próximo da electricidade quando decidi sair da cidade e ir para o interior do País morar sem ela. Durante um ano e meio vivi sem electricidade. Eu e a minha esposa partilhávamos um telemóvel polifónico, cuja bateria se aguentava imenso. Quando queríamos ir à internet ou carregar o telemóvel, íamos a pé, de bicicleta ou à boleia até à vila mais próxima, que por sinal tinha um *cybercafé* de acesso gratuito, onde o podíamos fazer. O sol aparecia – nós acordávamos, o sol punha-se, nós deitávamo-nos. As velas eram a nossa fonte luminosa, com as quais liamos ou escrevíamos antes de nos deitarmos. Foi assim até que um dia soube que um vizinho da aldeia mais próxima tinha um painel solar desmontado (mas funcional), parado em casa. Pedi-o emprestado e ele acedeu ao pedido. Faltava a bateria. Não tinha semelhante capital para investir numa, ainda por cima quando era leigo na matéria. Puxei uns cordelinhos e não é que o carro da junta de freguesia ia dali a uns dias trocar de bateria? A bateria antiga, ainda que já velhinha, ainda tinha carga. Uma das coisas boas de se morar numa pequena aldeia é que se consegue saber tudo o que nela acontece. Mas isso às vezes também pode ser mau. O que é certo é que consegui a bateria velha e pude iniciar as experiências fotovoltaicas lá em casa. Para isso apenas precisei de adquirir um controlador, duas ou três lâmpadas led com igual voltagem da bateria e alguns metros de fio eléctrico. Foi um gasto de cerca de 35 euros. Nem sequer interruptores tinha. Vê bem, no primeiro sistema que montei, a bateria era carregada junto ao painel, sendo este suportado por algumas tábuas e em baixo do qual eu colocava a bateria, conectando-a ao controlador, que também lá estava pousado. Quando queria utilizar a energia da bateria, levava-a para dentro de casa às costas, subindo dois lances de escadas íngremes. As lâmpadas, conectava-as directamente na bateria quando queria luz e desconectava-as quando não queria. Assim o fazia por alguns dias, até que a intensidade luminosa das lâmpadas começava a enfraquecer, lá tendo eu que voltar a descer com a bateria para ser carregada nos painéis. Mal sabia eu que estava a aniquilar o pouco de vida útil que aquela bateria ainda tinha. Até hoje nunca utilizei baterias de lítio nos sistemas fotovoltaicos que tive. Também não usei mais baterias de carros (existem outras mais adequadas, das quais falarei à frente). Depois de algum tempo assim decidi aproximar o painel solar de casa, adquirir um fio maior e puxei a energia para dentro de casa. As minhas costas agradeceram. A partir daí comecei a melhorar aos poucos, com base na tentativa-erro. A imagem seguinte, capturada em 2017, mostra o tal painel, protagonista desta história baseada em factos reais:



Noções acerca de energia

Produção e Consumo

A electricidade representa muito bem uma das leis que considero mais importantes na vida. Nada é produzido sem que haja o consumo de algo - nem tampouco nada é consumido sem que haja a produção de algo. Por outras palavras, as nossas acções têm sempre um efeito, uma consequência, mesmo que esse efeito ou essa consequência não seja evidente para nós. O facto de eu viver desde 2017 com a electricidade proveniente de sistemas que eu próprio montei, faz-me ter um vislumbre sobre a dimensão – e creio que descalabro – da produção e do consumo da energia eléctrica vigente. No ano passado apelei publicamente pela reprovação do megalómano projecto SOPHIA, que previa a instalação de milhões de painéis fotovoltaicos em terrenos distribuídos por vários concelhos na zona da Beira Baixa. Não pude concordar com a descaracterização de todo um território sob as bandeiras da “sustentabilidade”, da “energia limpa” ou da “valorização do território”. Sou a favor de painéis solares, mas não sou a favor da destruição de ecossistemas inteiros. Talvez até possa concordar que painéis solares sejam instalados em zonas agrícolas, mas para isso gostaria de assistir à diminuição da demanda por electricidade. O que tem afinal de sustentável o aumento imparável da produção e do consumo de electricidade? Nada. E qualquer que seja a tecnologia hasteada como mais “limpa” ou “verde”, se não vier a par de uma alteração desse paradigma, redundará numa farsa.

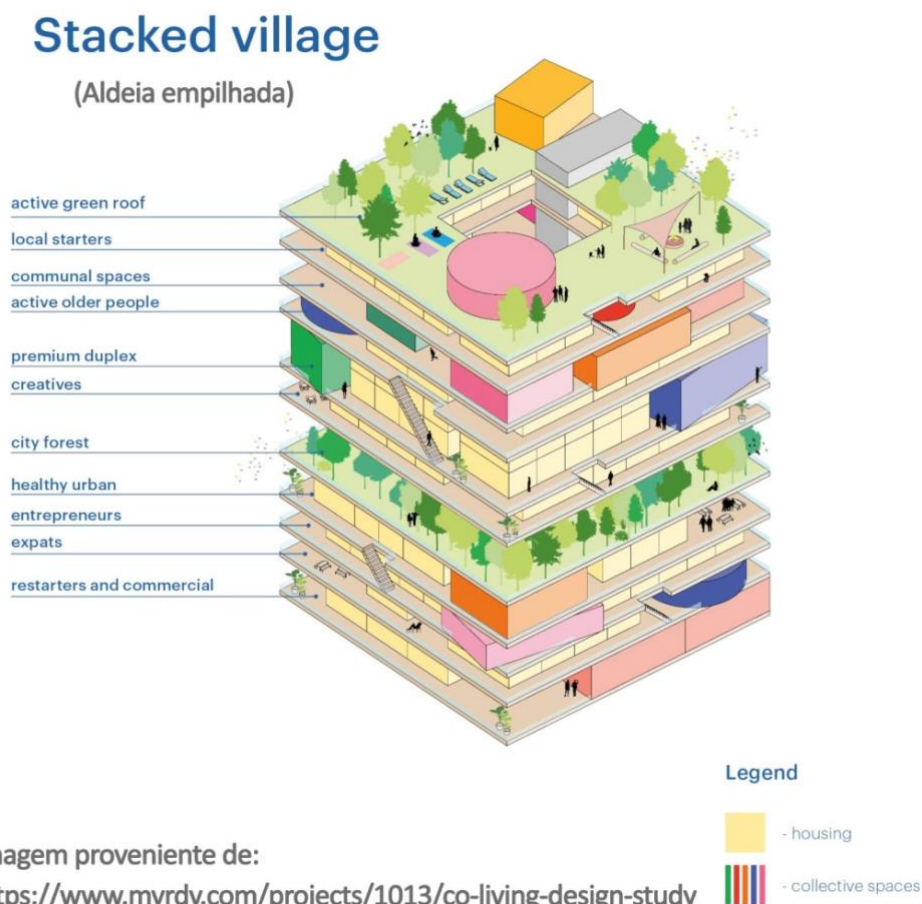
A falta de limites pode ser devastadora. Numa determinada cidade, um milhão de pessoas ferve, simultaneamente, a água para o seu café. Dois mil milhões de watts circulam nas auto-estradas da energia até chegarem às suas respectivas resistências. De onde virá esta energia? O que foi consumido para isso? Nas imagens seguintes podes ver parte da antiga aldeia de Aceredo, submersa pela Barragem do Alto Lindoso (Rio Lima) mas que veio à tona numa época de seca. Esta barragem, considerada a mais potente infra-estrutura produtora de energia hidro-elétrica em Portugal, produz pouco mais que um quarto da energia total necessária para ferver a água para os ditos cafés.





Parece que nunca foi tão “gratuito” clicarmos num botão e fervermos alguma água ou acendermos alguma lâmpada, no entanto, de gratuito isso não tem nada. Nem para o utilizador, nem para o território. É claro que aqui podes contestar, eu também não pretendo que toda esta gente fique sem poder ferver água para o seu chá ou café. Até porque o problema é bem mais complexo. Uma das maneiras de se reduzir o consumo elétrico sem que ficássemos sem usufruir destas condições, passaria por alterarmos estruturalmente aquelas que têm sido as nossas bases civilizacionais. Cada um de nós pode individualmente decidir quais as tecnologias que emprega para suprir as suas necessidades de consumo energético mas com a base que temos, não é fácil ter muitas escolhas. Em vez de um formato de sociedade baseado no atomismo social e numa sobreposição desordenada de apartamentos, cada um com o seu fervedor, o seu frigorífico, o seu cilindro, etc, talvez fosse mais inteligente apostarmos no convívio e na partilha de recursos e equipamentos. Um único termoacumulador poderia abastecer um prédio inteiro. E o calor necessário para aquecer a água contida nele poderia ser proveniente do calor dissipado por uma cozinha comunitária que servisse todo o condomínio. Sistemas de regulação e controlo limitariam a utilização individual para que fosse justa a partilha dos recursos energéticos. Para quê tantas máquinas

de lavar roupa quando pode existir uma lavandaria comum? Não existe necessidade de ar condicionado em todos os apartamentos se a própria termodinâmica do prédio for tida em consideração e providenciado o devido sistema de ventilação para o aproveitamento da mesma. Posso continuar a imaginar este tipo de soluções mas nenhuma delas se poderá implementar se não principiarmos por nos darmos melhor uns com os outros. Tal panorama exigiria que não nos limitássemos a partilhar apenas “olás” em elevadores ou “bons dias” em escadas, mas que organizássemos a nossa vida em conjunto. Uma verdadeira utopia, considerando o estado actual das coisas. Depois desse passo dado, íamos perceber que a arquitectura não concebeu espaços habitacionais para uma vida “social”. Ainda assim, muitos problemas podiam ser resolvidos com as infraestruturas que já existem.



A imagem anterior representa a visão de uma “Aldeia empilhada” ou Aldeia num prédio e de alguma maneira vai ao encontro àquilo que referi. Em contexto urbano é um desenho adequado, já em contexto rural, existem mais possibilidades de desenho e organização espacial, permitindo estruturas mais conectadas com o próprio território, ao nível energético.

Que crescimento?

A fatura mundial da electricidade tem aumentado em nome do “crescimento”. Que crescimento queremos que não contemple o cuidado com os ecossistemas e as populações do

planeta? Que crescimento queremos que não se contenha nas intenções e nos meios para esburacar montanhas? Que crescimento queremos que não considere as florestas como sistemas reguladores da vida mas apenas como metros cúbicos de lenha para alimentar fornos e geradores? Que crescimento queremos que não aponte com clareza para o aumento da qualidade de vida em vez da destruição planetária? Mas o que podes fazer que vá directamente nesse sentido? Se dependes de uma rede de produção e distribuição de energia eléctrica conotada por uma ética e condutas senão inaceitáveis, pelo menos duvidosas, talvez possas começar por pensar em criar alternativas, nem que seja de uma forma progressiva, para não dependeres tanto dessa rede. Podes por exemplo instalar um sistema que te permita recorrer menos à electricidade da companhia ou então, pelo menos, procurar um fornecedor que se oriente por princípios e ética que comportem menos estragos ambientais, como por exemplo a Coopérnico.

Talvez não possas fazer muito para modificares os mecanismos que ditam o percurso vigente da sociedade global. Mas talvez possas manter a televisão desligada. Talvez seja difícil mudares drasticamente as condições de vida em que te encontras, mas talvez consigas planear a transição para uma vida que dependa menos de factores que não controlas. Em última instância, a energia mais importante é aquela contida nos alimentos que comemos. Não seria inteligente começar a reduzir a fatura eléctrica e a “aumentar” a fatura da qualidade da comida no nosso prato?

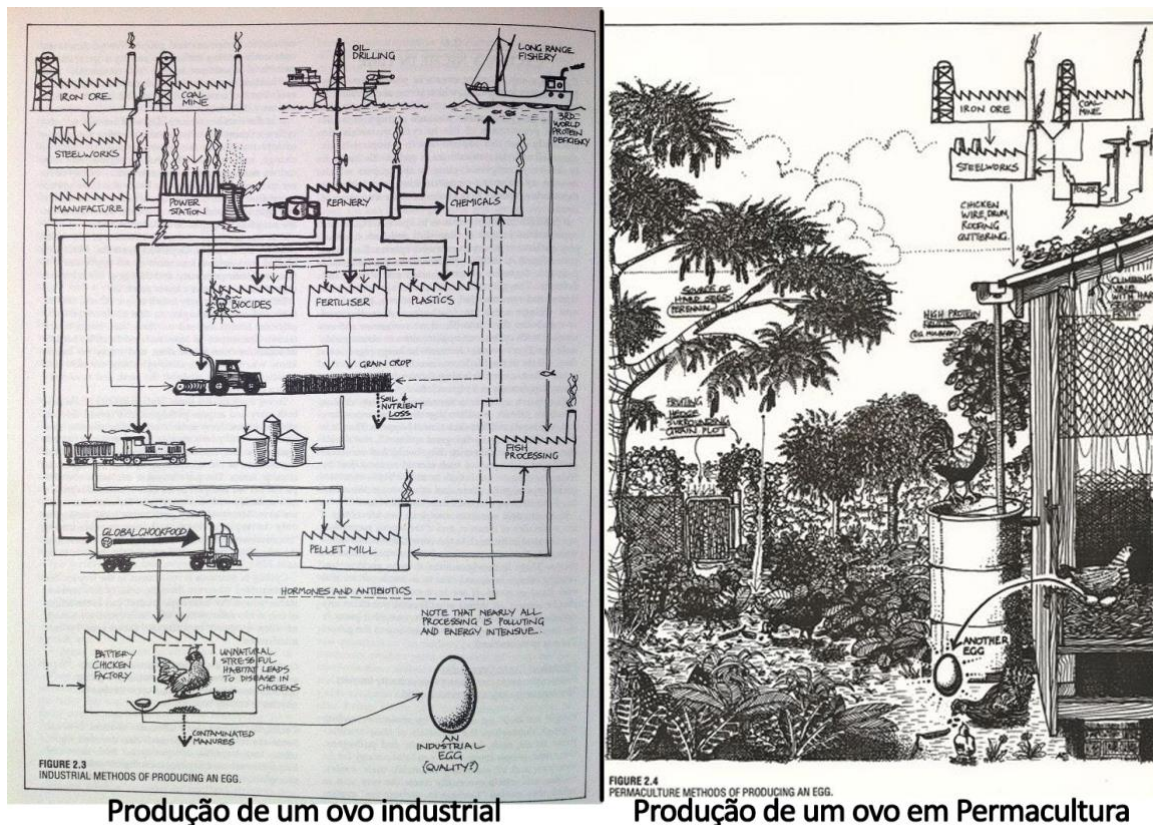


Que tipo de energia queres fomentar?

Consciência, impacto e autonomia

Na medida em que a sociedade se atulha de aparelhos que medeiam a existência do ser humano, tanto menos o ser humano se desenvolve na consciência acerca do que o rodeia e na autonomia perante a resolução dos problemas que enfrenta. Posso dizer, não sem algum orgulho, que não tenho máquina de lavar louça há mais de uma década. Podes pensar que sou antiquado ou fundamentalista mas o certo é que prefiro fazer esse serviço manualmente – e de o transmitir aos meus filhos, pois em última análise acredito que coisas como esta são um saber e perícia valiosos que nos obrigam a estar conectados com os ciclos dos quais fazemos

parte. Já pensaste para onde vai a água que lava a tua louça? Como é que ela se aquece dentro da máquina de lavar? Que produtos arrasta consigo? Como é gerida a sua descontaminação? O que isso implica na tua localidade? Fazes a valorização dos restos orgânicos contidos na louça ou são misturados com produtos tóxicos e desperdiçados pelo cano abaixo? Estas questões podem parecer absurdas, mas são algumas das que têm regido o meu percurso de vida nos últimos anos. Talvez não será sem algum “sacrifício” que mudaremos de facto o impacto que as nossas acções diárias têm no mundo. Não quero dizer que se caminhe no sentido de anularmos o nosso impacto mas de o tornarmos cada vez mais positivo em vez de negativo.



Produção de um ovo industrial

Produção de um ovo em Permacultura

fonte: Permaculture a Designers' Manual de Bill Mollison (1988) edições Tagari

Nas ilustrações em cima, presentes no magnífico livro descrito na legenda da imagem, comparam-se os recursos necessários para a produção de um ovo industrial *versus* um ovo em Permacultura. Se não sabes o que é permacultura podes fazer uma breve pesquisa na internet, aconselho. Mas o que importa reter é que na eletricidade passa-se o mesmo. Quanto mais industrial for o contexto energético do qual dependemos, tantos mais recursos têm de ser consumidos e desviados para isso. Se por outro lado estivermos mais integrados nas dinâmicas energéticas do local onde habitamos e a nossa casa for pensada em função disso, tanto menos recursos consumidos e desviados acompanharão a nossa fatura de consumo energético.

Estratégias activas de eficiência energética (António Surrécio)

Antes de ser projectado e instalado um sistema de produção local de energia eléctrica, *ongrid* ou *offgrid*, devem ser consideradas medidas de eficiência energética de modo a estar menos dependente da produção de energia: **Consumir menos = Produzir mais**, tendo assim sistemas de produção mais pequenos e consequentemente mais ecológicos (analisando o ciclo de vida dos produtos, é na sua produção que existe o maior impacto ambiental).

Recomendações gerais (António Surrécio)

- Substituir sempre que possível sistemas eléctricos por sistemas não dependentes desta forma de energia que utilizem energias primárias. A energia eléctrica é uma energia que inclui grandes conversões energéticas, possuindo muita energia incorporada (**Energia**):
 - Utilizar forno a lenha ou a gás;
 - Instalação de um sistema solar para aquecimento de águas sanitárias (AQS) em conjugação com um recuperador de calor a lenha ou esquentador a gás inteligente;
 - Instalação de sistema de aquecimento central baseado no sistema anterior, utilizando radiadores de parede. Este sistema pode também utilizar um sistema geotérmico com poço vertical e bomba de calor;
 - Instalação de um salamandra ou recuperador de calor a biomassa para aquecer directamente o espaço interior;
 - Preferir formas de arrefecimento mais sustentáveis do que o ar condicionado.
- Utilização dos electrodomésticos em função dos ciclos solares (máquina de lavar roupa ou loiça quando há mais sol ao meio do dia);
- Em dias sem sol lavar a loiça à mão;
- Com um temporizador desligar o frigorífico durante a noite;
- Através do sistema de água quente sanitária referido anteriormente, fornecer a água pré-aquecida às máquinas de lavar roupa e loiça com regulação por válvula termoestática exterior às máquinas;
- Usar iluminação eficiente e optar por um comportamento sensato relativamente a esta;
- Converter a bomba do furo artesiano em bomba solar e dotá-la de balão auto-clave.

Fundamentos de electricidade

Elementaridades

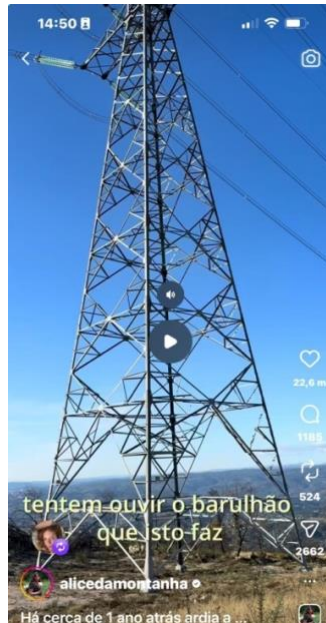
Apesar de pertencer aos fenómenos naturais, a electricidade, tal como a conhecemos é um tipo de energia secundária, quer dizer que não se encontra no planeta propriamente disponível para nossa utilização mas é gerada através da conversão de outros tipos de energia consideradas primárias como o carvão, o gás natural, água, petróleo, vento, sol, etc. Neste caso, ao considerarmos a utilização de baterias para acumulação de energia produzida por painéis solares, falamos de energia química (os químicos contidos nas baterias é que fornecem a energia que circula no sistema). A electricidade pode ser estática (por exemplo ficando armazenada em superfícies após a fricção entre dois objectos) ou dinâmica, que é aquela que viaja através de uma corrente por intermédio de algum material condutor e compõe o tipo de electricidade que alimenta as sociedades humanas. Esse fluxo de energia dá-se devido a uma diferença de potencial entre os terminais que compõe o circuito eléctrico, essa diferença de potencial chamamos voltagem. Por exemplo, numa pilha

A carga eléctrica têm que ver com a quantidade de prótons ou de electrões que circulam num sistema eléctrico e são facultados e o seu fluxo regulado pelos equipamentos que compõe o sistema. Normalmente as cargas são produzidas por electrões (partículas que por convenção possuem carga negativa). No caso de uma bateria de chumbo-ácido, é o que acontece, sendo que o ânodo (polo negativo), na medida em que o circuito se fecha, liberta electrões que viajam para o cátodo (polo positivo), esgotando os electrões numa reacção química potenciada pela diferença de potencial entre os dois polos, até que essa diferença se equilibre (atingindo o valor 0).

Transporte da electricidade

Estando a viajar dentro de um circuito doméstico ou em grandes distâncias, por exemplo entre países, a electricidade encontra a resistência oferecida pelo próprio material através do qual é conduzida. Dependendo da diferença de potencial (tensão), do fluxo e do tipo de corrente que viaja pelo meio condutor, vários fenómenos ocorrem. Entre eles o aquecimento do componente condutor ou, no caso da corrente alternada, a criação de um campo electromagnético. Com elevada condutibilidade, dois dos meios mais utilizados para a condução eléctrica são o cobre e o alumínio. Normalmente utiliza-se a corrente alternada para fazer distancias maiores, comportando tensões muito elevadas (até 400 mil volts). Apesar disso incorrer em menor aquecimento do meio condutor e consequentes perdas de energia, para além do ruído que produz, o campo electromagnético gerado pela circulação da electricidade é de tal ordem que têm de ser providenciadas distâncias de segurança consideráveis, incorrendo por isso a instalação destas estruturas numa marcada fragmentação territorial, com impacto inestético na paisagem, violento na biodiversidade e disruptor dos ciclos naturais do local. A imagem seguinte, que consta num dos vídeos publicados na internet pela minha esposa, retrata uma torre de suporte de uma destas linhas, que curiosamente foi

construída imediatamente após a deflagração de um conjunto de incêndios ao longo da serra, que como que por “mão divina” abriram espaço para esta linha de transporte de electricidade. Quero acreditar que tenha sido coincidência, mas é certo que os planos já estavam todos prontos a avançar e os incêndios foram a pedra de toque para se passar do papel para o terreno. Isto leva-me a concluir sobre outras implicações na condução de electricidade a grandes distâncias: especulação, monopolização de recursos e desrespeito completo pelos lugares e as suas pessoas.



Qual é a fronteira entre as necessidades energéticas de uma determinada população/localidade e a energia que tem de ser direccionada para lá para a suprir? Não deveriam as nossas estratégias de produção e transporte de energia estar directamente ligadas ao local onde a utilização dessa energia é necessária? A centralização como ideia e estratégia pode ser boa em alguns aspectos, mas desastrosa noutros. Dito isto, os cabos que utilizamos em corrente alternada são normalmente mais finos do que os cabos utilizados em corrente directa, por causa do que já referi: quanto maior a voltagem, menor a corrente e por isso menor perdas por dissipação (calor). Esclareçamos este assunto nos seguintes tópicos.

Corrente Contínua ou Direta (CC /DC) e Corrente Alternada (AC)

A principal diferença entre a corrente contínua (CC ou DC de *Direct Current*) e a alternada (AC de *Alternating Current*) é que a primeira viaja num sentido único, mantendo a polaridade enquanto a segunda oscila em ambos os sentidos, gerando diferentes polaridades. Painéis solares ou baterias são duas fontes produtoras de corrente contínua. Já as tomadas numa casa (ligadas a centrais eléctricas) ou o alternador de um automóvel facultam energia alternada. Muitos aparelhos funcionam bem com corrente alternada, como é o caso dos que operam com motores mecânicos do género de ventiladores, liquidificadores, máquinas de lavar. Com a excepção dos LED, a iluminação tradicional e os aparelhos de aquecimento como

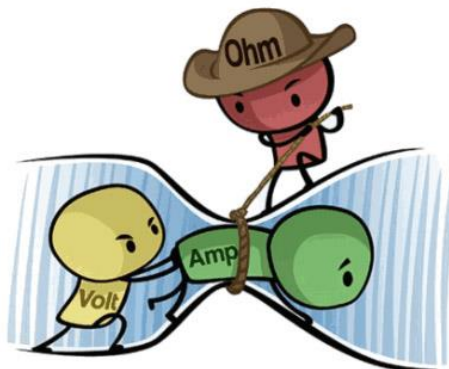
ferros de engomar ou torradeiras também funcionam com este tipo de corrente. Já os aparelhos baseados em circuitos electrónicos necessitam de uma corrente directa (contínua) pois de outra forma os seus componentes comportariam falhas no funcionamento devido a inconstâncias no fluxo de corrente e à possibilidade de inversão de polaridade. Por isso esses aparelhos funcionam com recurso a baterias (ou pilhas) e transformadores.



Grandezas eléctricas e equações gerais

Lei de Ohm

Achei interessante a seguinte imagem, que representa por intermédio de personificações a **lei de Ohm** (primeira lei), que relaciona as principais grandezas que operam num circuito eléctrico.



Fonte:

<https://makeabilitylab.github.io/physcomp/electronics/electricity-basics.html#a-brief-overview>

Enquanto a tensão ou diferença de potencial (medida em Volts) determina a pressão com que a corrente (medida em Amperes) é “empurrada”, o elemento condutor (ou o sistema que a eletricidade atravessa) oferece resistência à sua passagem (medida em Ohms).

A equação é a seguinte, ordenada nas várias grandezas:

$$V = I \times R \quad | \quad R = \frac{V}{I} \quad | \quad I = \frac{V}{R}$$

Onde V é a diferença de potencial (voltagem), medida em volts, I é a Intensidade da corrente, ou seja o fluxo de electrões, medido em Amperes e R é a Resistência do material em oposição ao fluxo da corrente, medido em ohms (ou Ω).

Na prática, pensando por exemplo num fervedor eléctrico, que consome cerca de 20 amperes, ligado numa tomada de 220 volts, podemos calcular a sua resistência interna aplicando a fórmula: $R = (220/20)$ o que equivale a $R = 11$ ohms. Já a pensar no portátil que estou a usar, que consome cerca de 1,3 Ampere, a sua Resistencia interna é de $(220/1,3) = 169$ ohms. Daqui se infere que, quanto maior a resistência de um aparelho, menor a quantidade de corrente que circula por ele. Como podem ver, um fervedor de água eléctrico tem uma resistência interna baixa, o que significa que deixa passar muita energia através dele. Por outras palavras, a corrente num determinado aparato é inversamente proporcional à resistência do mesmo.

Potência

Esta equação interessa muito nos cálculos do dimensionamento de um sistema fotovoltaico e ajuda-nos a colocar em perspetiva várias implicações relacionadas com a dimensão do nosso sistema, dos seus componentes e dos equipamentos utilizados no dia-a-dia. É muito útil para determinarmos tanto a quantidade de energia que esperamos consumir como aquela que deveremos ser capazes de colocar em produção para suprir esse consumo. Mais à frente vou-te explicar com vários exemplos concretos como deves utilizar esta equação adequada às tuas necessidades.

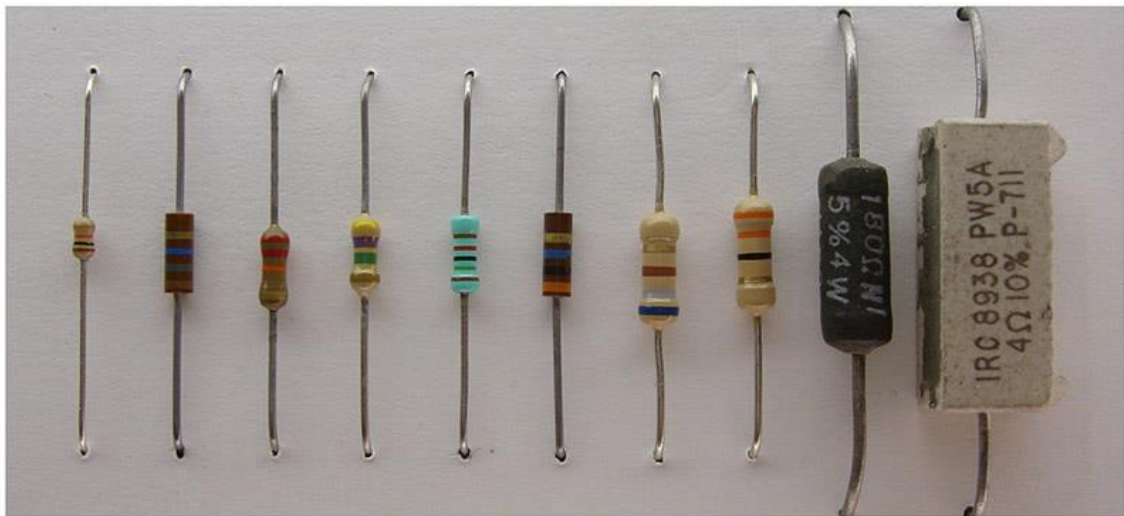
$$P = V \times I \quad | \quad V = \frac{P}{I} \quad | \quad I = \frac{P}{V}$$

Esta é a equação da potência eléctrica, ordenada a todas as variáveis. Já sabes o que significam as variáveis V e I. A variável P refere-se à potência, medida em Watts. Na prática podemos calcular tanto a produção do nosso conjunto de painéis solares como a capacidade de utilização das nossas baterias ou o consumo energético que determinada quantidade de

aparelhos faz diariamente. Mais à frente vamos elaborar acerca do dimensionamento de um sistema. Para simplificar posso dar um exemplo fácil de entender. Imagina que tens uma serra circular de 1300 watts que funcione em corrente alternada. Se essa corrente tem uma diferença de potencial de 220 volts e se aplicarmos a fórmula, podemos inferir que para alimentar esse aparelho a intensidade da corrente a circular no cabo condutor terá de ser $(1300/220)$ ou seja, 5,9 amperes. Estes valores são importantes também para percebermos a dimensão (grossura) dos cabos que queremos utilizar na instalação e que tipo de aparelhos vão alimentar.

Componentes elementares de circuitos eléctricos

Resistencias



São componentes que, para uma determinada potência máxima de funcionamento, conseguem dissipar a energia eléctrica na forma de calor (**efeito Joule**). Neles opera a lei de Ohm. Sabendo o valor da resistência, em Ohms, podemos calcular quanta voltagem essa resistência é capaz de reduzir na corrente. As resistências não têm polaridade específica, pelo que podem ser conectadas num circuito com orientação indiferente.



Na imagem em cima podemos ver vários tipos de resistências, mais potentes que as anteriores. Enquanto as primeiras servem para regular o fluxo de energia dentro de um aparelho eléctrico, estas servem para aquecimento.

Capacitadores (ou condensadores)



São componentes que interceptam e conservam alguma carga eléctrica e são capazes de a fazer flutuar rapidamente, ao contrário por exemplo das baterias. Por isso servem como elementos de equilíbrio e regulação dentro de sistemas eléctricos. São um dos componentes fundamentais dos inversores em sistemas fotovoltaicos porque lhes conferem uma maior estabilidade no fornecimento de determinada corrente eléctrica, compensando oscilações na carga.

LED's



Existem numa ampla variedade de formatos e são lâmpadas diferentes das tradicionais devido ao facto de não converterem tanta energia eléctrica em calor para produzir luz. Para isso, e ao contrário delas, as lâmpadas LED (Díodo Emissor de Luz) funcionam apenas num

sentido (corrente contínua). Na verdade é essa a função de um díodo simples (através dele corrente viaja apenas num sentido). Tirando vantagem da diferença atómica contida nos seus próprios componentes internos, a corrente faz migrar as partículas de um material para o outro, produzindo luz nesse processo. Se por um lado economizam no consumo eléctrico, por outro são mais caras no momento de aquisição. Ao mesmo tempo, a radiação luminosa que emitem é considerada mais artificial que as lâmpadas tradicionais, podendo haver impactos na saúde ainda não completamente esclarecidos.

A tecnologia fotovoltaica

Quando falamos em painéis solares importa discernir acerca da tipologia do próprio painel. Muita gente confunde colectores solares com painéis solares. Muitos dos “painéis” que se vêem instalados em casas não são fotovoltaicos mas sim colectores solares destinados a aquecimento de água. Enquanto um colector solar intercepta e acumula calor, podendo dirigi-lo, um painel fotovoltaico, apesar de interceptar o calor (e de aquecer) não tem funções de acumulação desse calor, servindo em vez disso para gerar uma corrente eléctrica de natureza contínua. Fotovoltaico significa que energia luminosa (Foto=fotões) gera uma corrente eléctrica (voltaico =eletricidade). Para isso são elaboradas pequenas “sandwiches” ou células compostas por finas camadas de silício ultra-cristalino revestido (ou antes, ligeiramente salpicado) de um lado com arsénico (camada negativa) e do outro com boro (camada positiva). Devido à natureza atómica destes materiais, os electrões da camada de arsénico quando justapostos à camada de boro, tendem a migrar de um lado para o outro, criando um campo eléctrico. Por acção da luz solar dá-se uma descarga de fotões sobre estes materiais, ocorrendo a libertação de electrões, que se escapam numa direcção específica (criando a corrente eléctrica contínua). Estas células, reiteradas e unidas entre si por componentes metálicos condutores formam um painel solar. Os painéis solares podem conter diferentes números de células, com isso gerando mais ou menos electricidade.



Colector solar para aquecimento de água



Painel solar fotovoltaico

Concepção de um sistema eléctrico fotovoltaico

Considerações

Quando dimensionamos um sistema fotovoltaico para suprimir as necessidades de consumo eléctrico de uma habitação temos de ter em conta 3 factores fundamentais: A capacidade produtiva do conjunto dos painéis, a capacidade de armazenamento dos acumuladores de energia (baterias) e o consumo eléctrico médio que fazemos no dia-a-dia. Por outro lado, também com grande relevância, devemos ter em consideração as oscilações da radiação solar ao longo do ano, os períodos de nebulosidade comuns na nossa região e é claro, que quantidade de consumo fazemos durante o dia (enquanto os painéis produzem energia) e durante a noite (momento em que apenas as baterias fornecem carga ao sistema).

O caso do ar condicionado

Para exemplificar conto uma breve história daquilo que aconteceu comigo, quando tentei utilizar um ar condicionado (emprestado) de cerca de 2100 watts durante os dias quentes do Verão passado. Como o meu conjunto de painéis apenas produzia (e ainda produz) cerca de 750 watts, isso significa que o excedente da carga estava a ser facultado pelas baterias, pelo que passado algum tempo depois de ligar o ar condicionado, o inversor disparava ao sentir o nível da bateria a baixar. (Os inversores têm mecanismos de controlo de descarga sobre a bateria ou o banco de baterias que lhe fornece a energia). Ora, a solução aqui foi, além de arcar com o calor do Verão, tinha de tomar mais banhos frescos e utilizar ventilação convencional tentando aproveitar as correntes de ar mais frescas à volta de casa. Para resolver isso fiz um plano para melhorar ligeiramente o meu sistema mas sem incorrer em grandes gastos, onde prevejo aumentar a potência de produção do conjunto dos painéis para cerca de 1200 watts (acrescentando apenas dois painéis e modificando a forma como estão ligados), permitindo-me usar um ar-condicionado nos picos do calor sem as baterias terem de ser descarregadas para isso (terá de ser um ar condicionado menor que o outro, que já devolvi). (Eu sei que podes dizer que um ar condicionado é um luxo ou talvez uma coisa supérflua, mas se alguma vez estiveres grávida ou se tiveres uma esposa mais sensível ao calor, vais entender que, se não conseguiste providenciar na construção da casa, os meios passivos para o arrefecimento da mesma, então terás de recorrer à electricidade). Mas elaboremos mais acerca disto.

Produção relacionada com o consumo

No meu caso o sistema não foi capaz de providenciar a energia que eu pretendia. Isso não tem problema porque o meu Controlador permite aumentar a potência de produção nos painéis solares. Mau era se o controlador não o permitisse pois aí incorreria num gasto muito superior se quisesse melhorar o sistema. Mas um problema maior, a meu ver é quando os sistemas estão muito sobredimensionados, ou seja, produzindo muito mais energia do que aquela que é necessária. No meu caso tenho aprendido isso aos poucos, na medida em que vou adaptando o meu sistema às necessidades da nossa família, mas hoje em dia seria capaz de dimensionar um sistema de raiz, sabendo de antemão os hábitos de consumo eléctrico de determinada

família. Se leres este manual todo serás capaz de fazer o mesmo. Uma coisa é certa, a redução do consumo eléctrico deve sempre ser um objectivo quando transitamos de um sistema convencional para um sistema auto-construído. A forma mais eficiente de se reduzir o nosso consumo em electricidade sem descurar do conforto a que estamos habituados é construindo um edifício com materiais naturais, que aproveite a energia sazonal passiva, tanto para aquecer, no Inverno, como para arrefecer, no Verão. Existem de facto formas de controlarmos a termodinâmica de uma casa de forma passiva mas para isso essas questões têm de ser contempladas no momento da sua construção ou quando muito adaptadas à situação que temos, remediando como pudermos. No entanto o âmbito deste manual não é o da construção pelo que me cingirei apenas às questões eléctricas.

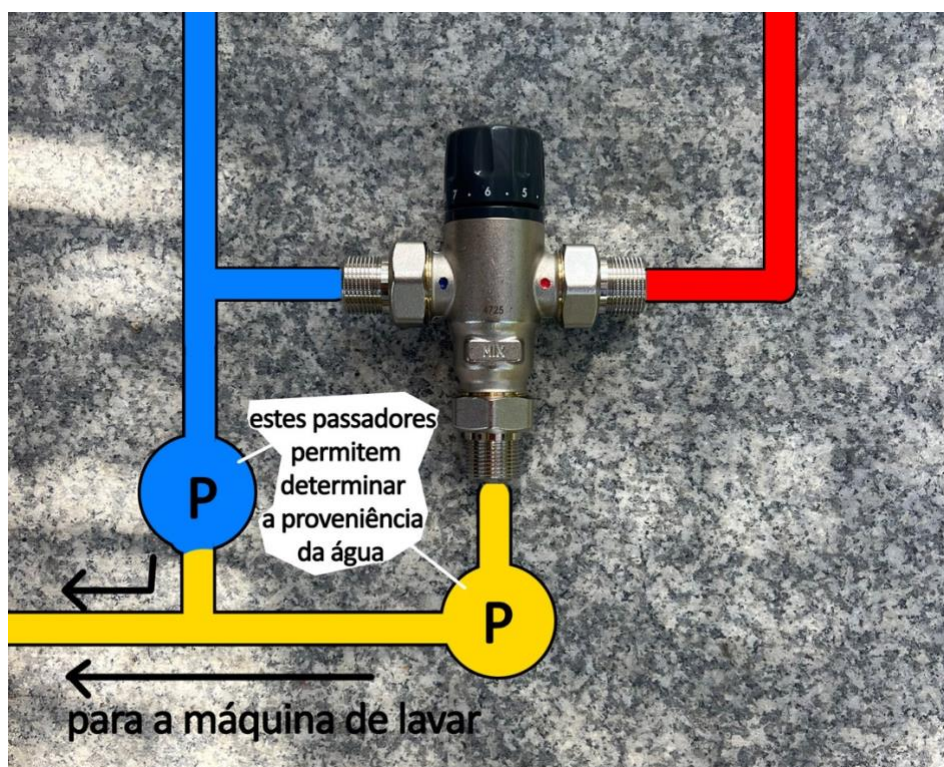
Utilização com o sol VS Apoio (Backup) das baterias

Isto é uma das coisas evidentes quando dependemos de um sistema fotovoltaico. Não vamos ligar a máquina de lavar a roupa durante a noite. De preferência, devemos carregar os nossos computadores e telemóveis durante o dia. Ou seja, em tudo o que exija o consumo de energia eléctrica, se pudermos, devemos fazê-lo durante o dia. É óbvio que durante a noite, se utilizares iluminação, internet ou frigorífico, como é o nosso caso, ou mesmo se tiveres de ralar uma sopa ou utilizar um liquidificador, etc, o teu sistema deve ter a capacidade de fornecer essa energia. Está bem, mesmo se for preciso lavar a roupa durante a noite, nós conseguimos fazê-lo, mas estamos a diminuir o tempo de vida útil das baterias, que após completarem uma determinada quantidade de ciclos, tornam-se inviáveis e terão de ser substituídas. Direi mais à frente acerca das características e factores determinantes na escolha das baterias para que possas entender melhor este assunto.

Aquecedores baseados em resistências

A primeira palavra que me vêm à cabeça é Não. Sempre que possível, devemos pensar na nossa utilização de energia sem ter que transformar energia eléctrica em calor através de resistências eléctricas. É verdade que existem resistências pequenas, tudo bem. No meu caso, o meu controlador apenas pode suportar, para uma tensão de 24 Volts (a que tenho presentemente no sistema) a potência de 1440 Watts. Uma das alterações que farei será a de passar a tensão do conjunto de painéis para 48 volts, podendo assim ter um máximo de 2800 Watts mediados pelo controlador. Já é bem melhor mas ainda assim, se eu tivesse um fogão de indução ou se ligasse a minha serra circular ao mesmo tempo que tinha por exemplo um termoventilador ligado no máximo, ia ter problemas. Sei que para muita gente não é fácil ter uma alternativa aos aquecedores baseados em resistências mas deixo aqui uma sugestão, que aprendi com o meu amigo António Surrécio. Comprei recentemente uma válvula misturadora termostática, que me vai permitir lavar a roupa a quente mas sem utilizar a resistência interna da máquina (é verdade, sempre lavámos a roupa a frio, mas com miúdos a quantidade de roupa e nódoas começam a entrar exponencialmente dentro da máquina de lavar, pelo que uma água quentinha dava jeito).

Válvula misturadora termostática



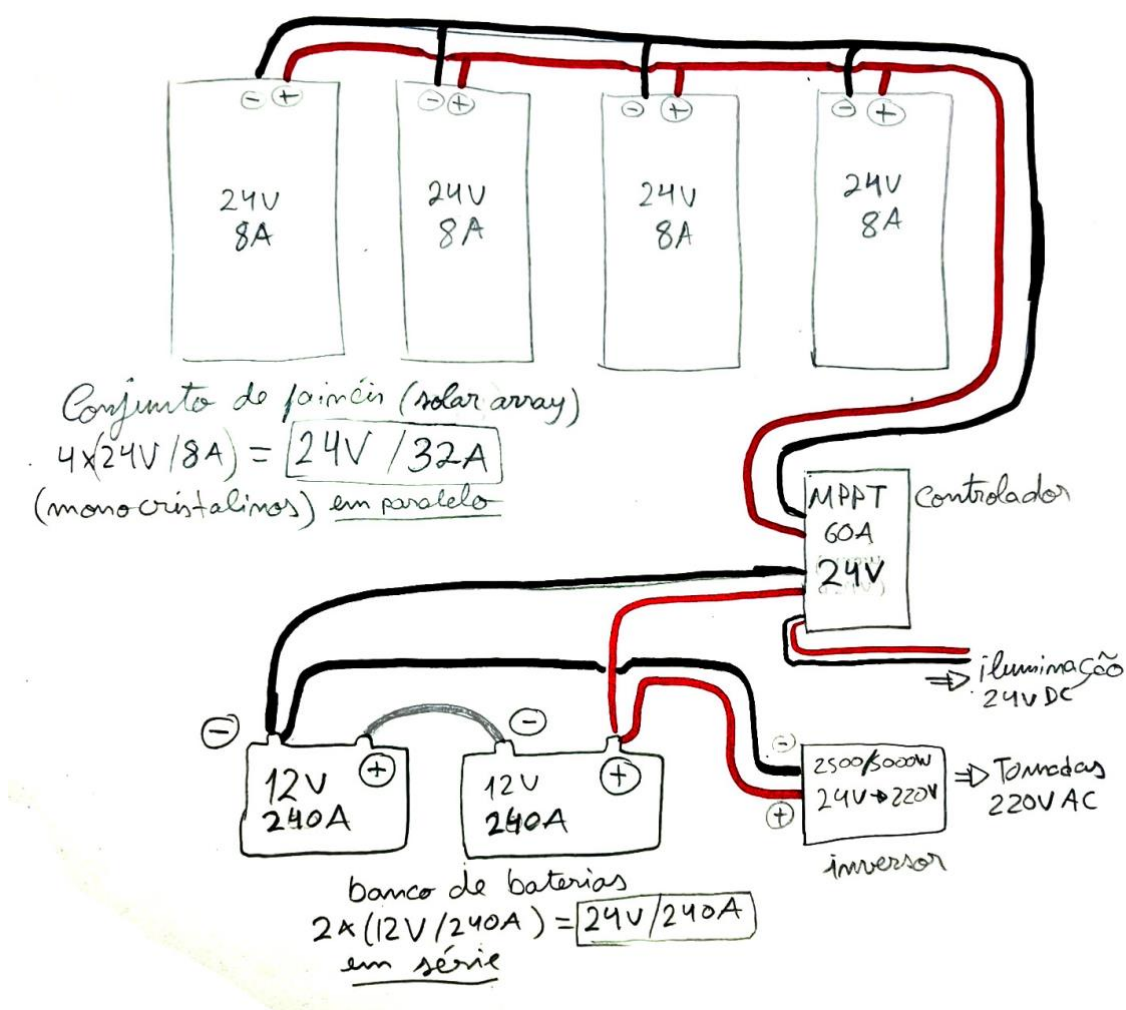
Esta válvula misturadora custou cerca de 80 euros e permite misturar, sem recurso a electricidade, água fria com água quente proveniente, neste caso do nosso esquentador a gás ou do sistema de aquecimento de água solar-passivo e regular a temperatura de saída, adequando à necessidade de lavagem da nossa roupa. O esquema representa a montagem que farei com os tubos de água sendo que os “P’s” representam passadores que me permitem escolher, em dado momento, se pretendo utilizar ou não o misturador termostático na alimentação da máquina de lavar. Ou seja, utilizando apenas a entrada de água fria da máquina e com o programa de lavagem a frio seleccionado, podemos na verdade introduzir água quente proveniente de um sistema mais energeticamente eficiente do que a electricidade.

Componentes fundamentais

Apesar dos sistemas fotovoltaicos poderem assumir diferentes aspectos, dependendo da finalidade, da dimensão e do tipo de componentes escolhidos, os princípios pelos quais são regidos nunca diferem muito, pelo que existem traços comuns a todos eles. Neste caso vamos abordar a estrutura de sistemas baseados na acumulação de energia por intermédio de baterias. De facto, ao prescindirmos das baterias, como é comum em muitas instalações, cingimo-nos à utilização da energia eléctrica apenas nas horas em que a radiação solar está a incidir sobre os painéis. Este formato pode ser viável se tivermos acesso a outras fontes de electricidade ou se simplesmente não necessitarmos de mais do que isso para viver. Na verdade, os componentes mais caros do sistema são efectivamente as baterias.

[illegible]

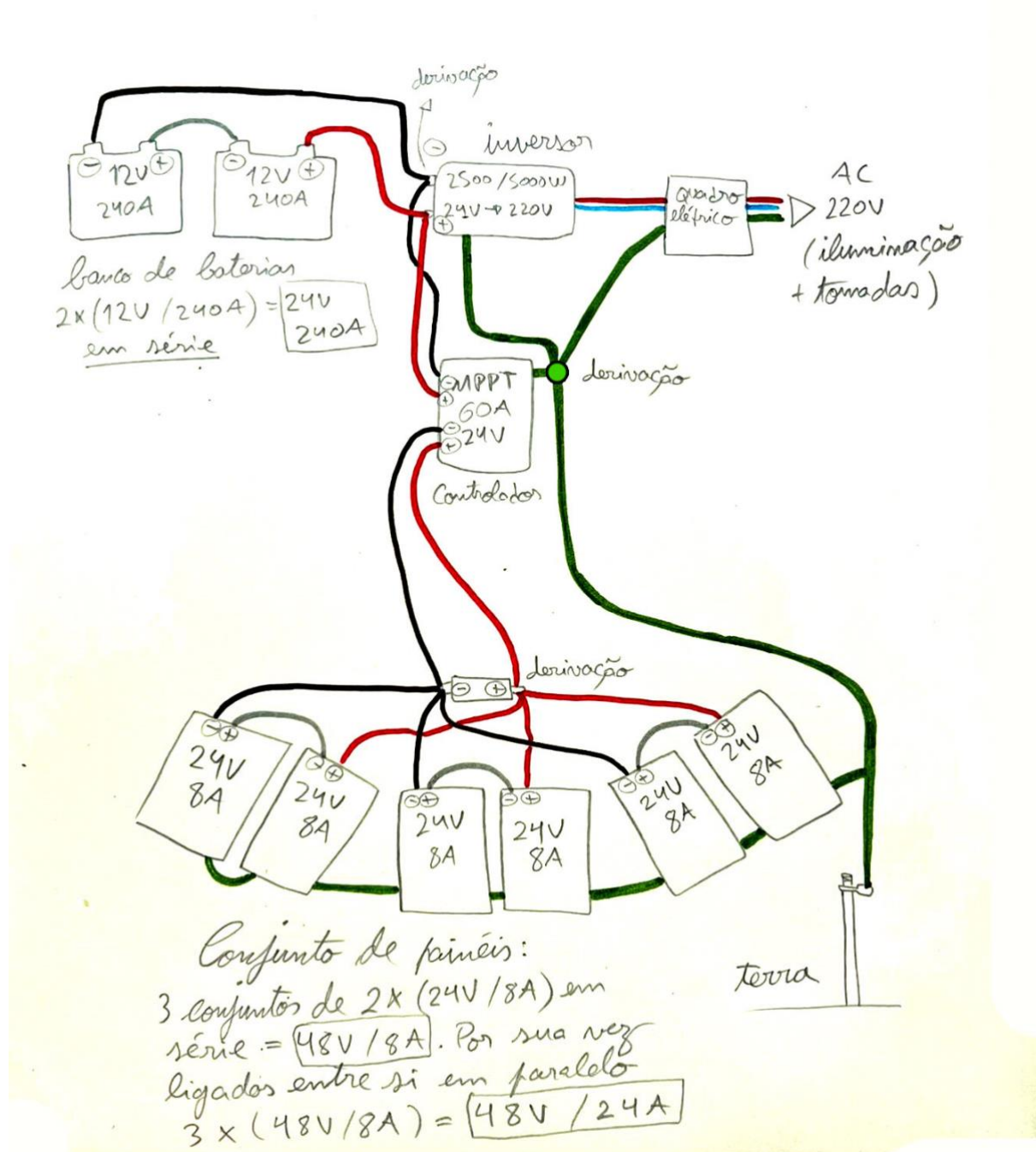
Esquema do nosso sistema actual



Já leste a história do ar condicionado mais acima? Apesar deste sistema já ser capaz de nos dar a energia que precisamos, vários factores poderiam ser ajustados para aumentar a sua eficiência, capacidade e segurança. Por exemplo. O facto dos painéis estarem ligados em paralelo conduz a um aumento da intensidade da corrente e consequentemente ao aquecimento dos elementos condutores, havendo mais perdas energéticas por dissipação. A Potência presente, segundo a fórmula da Potência eléctrica, é de $24V \times 32A = 768 \text{ Watts}$. Se simplesmente colocasse dois grupos em série, ligados entre si em paralelo, diminuiria logo para metade a intensidade da corrente, aumentando para o dobro a voltagem. A Potência produzida vai dar ao mesmo mas não se daria tanto aquecimento nos cabos. Outro dos senãos é o facto do sistema não ter terra instalado, coisa que tenho de rapidamente fazer pois em todos os eventos de trovoadas que passam por aqui fico a pensar que talvez se queime algum dos componentes do meu sistema (mais à frente falo mais sobre o circuito Terra). Outra complicação foi o fraco desenho na disposição e ligação dos cabos, nos quais até tenho emendas, coisa que não é aconselhável. Para isso seria melhor reduzir ao máximo o comprimento de cabos utilizado e as emendas necessárias ao sistema, utilizando terminais mais robustos ou caixas/pontos de derivação. Além disso, tenho dois circuitos diferentes, um

de tomadas(AC 220v) e outro de iluminação(DC 24V), coisa que quero mudar no futuro. De seguida mostro as alterações que pretendo fazer ao meu sistema, concebidas após uma conversa com o António.

Alterações a serem implementadas no sistema actual



Sumarizando as modificações, temos que: Instalarei um circuito Terra; Acrescentei dois painéis e orientei um deles para nascente e outro para poente, aumentando a amplitude de interceção solar; Modifiquei a forma como o conjunto se conecta, criando três pares de painéis ligados em série, por sua vez todos unidos em paralelo, perfazendo uma Potência superior à

anterior (1152 Watts) mas ainda assim diminuindo a intensidade da corrente nos cabos e consequentes perdas por dissipação (24 Amperes); Acrescentei três derivações, uma na ligação paralela dos painéis, outra junto aos componentes principais para unir todos os terminais do circuito terra e outra nos próprios terminais do inversor (que são robustos e permitem ancorar os cabos provenientes tanto da bateria como do controlador), reduzindo os metros de cabo utilizados e as emendas, daí aumentando a eficiência do sistema; Incluírei Conectores MC4 nos painéis (presentemente tenho conectores simples, o que não é ideal, embora já estejam a funcionar há vários anos – mais à frente direi mais sobre diferentes tipos de conectores) e instalarei um simples quadro eléctrico à saída do inversor para controlar melhor a distribuição da energia pela casa.

Dimensionamento do sistema

Custo do meu sistema

Eis uma das questões mais importantes quando olhamos de frente para a construção de um sistema eléctrico à nossa escala, ainda por cima sendo autoconstruído. No meu caso, comecei com pouco, fui aprendendo por tentativa-erro e melhorando progressivamente o sistema até chegar ao que tenho hoje. O seu custo global foi de 1600 euros (banco de baterias=800 euros; controlador=160 euros; Inversor=270 euros; 4 painéis=133 euros; restantes componentes como lâmpadas, cabos, interruptores, tomadas, varão de terra, conectores= cerca de 200 euros). Tendo em conta o ritmo de consumo da minha família e as características das nossas baterias, acredito que durarão cerca de 8 anos, após os quais poderão ser recicladas por serem de chumbo-ácido AGM (mais à frente analisarei alguns dos diferentes tipos de baterias no mercado). De facto já as tenho implementadas há dois anos. Ora, se dividir 1600 euros por 8 anos e esse valor por 12 meses obtenho um valor total de cerca de 16,50 euros por mês. A diferença é que foram pagos à cabeça e não de forma faseada, como as prestações de um contrato com uma companhia eléctrica. Uma grande mais valia, no meu caso, é o facto de não ter, como antes, o custo do aluguer do contador.

Considerações

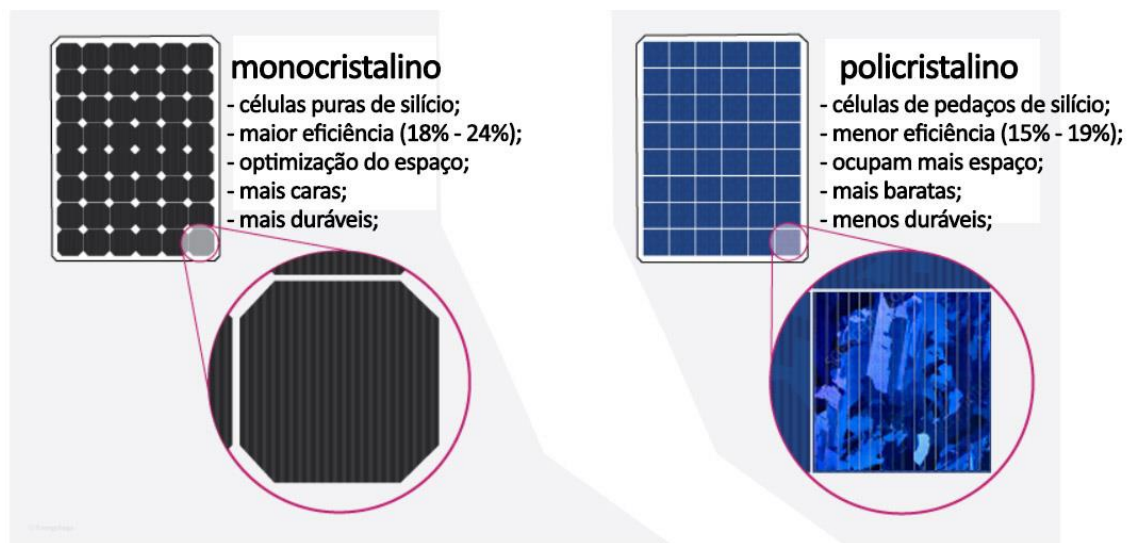
Neste momento, durante um dia ideal, consigo ter uma potência de 750 watts para utilização proveniente dos painéis. Caso o consumo dos meus aparelhos num dado momento não seja superior a 750 Watt (o que às vezes não é o caso), as baterias não chegam a ser descarregadas, já que a energia eléctrica produzida pelos painéis segue directamente pelo inversor, alimentando os aparelhos e sendo o excedente dessa energia para carregar a bateria, caso seja necessário. Durante a noite, (modo apoio ou *backup*) o meu banco de baterias de 24volts a 240Ah, consegue facultar até 2880 Watt-hora. Nota que depois de multiplicar os Volts pelos Ampere-hora, usando a fórmula da Potência eléctrica, dividi o resultado por 2. Fiz isto pois considerei o factor de descarga máxima da bateria. As baterias de chumbo-ácido, como as minhas, suportam, dependendo do tipo de bateria, descargas de cerca de 50% do valor nominal da mesma. Já as de lítio suportam descargas superiores, embora não sejam uma tecnologia eficiente no longo prazo (mais à frente explico mais detalhes acerca de diferentes

tipos de baterias). Normalmente, tanto o controlador como o inversor têm mecanismos internos de controlo de descarga e eles próprios desligarão o sistema caso a bateria atinja o seu nível de descarga limite. Nós podemos reprogramar estes aparelhos de maneira a utilizar uma maior percentagem de carga da bateria mas dessa maneira estaremos a diminuir o tempo de vida útil da mesma. Este valor (no meu caso 2880 Watt-hora) interessa saber pois é ele que determina o limite da nossa utilização de electricidade ao longo da noite. Aqui podes perguntar qual é a diferença entre a potência expressa em Watt e a expressa em Watt-hora. Imagina que tens uma ventoinha com consumo nominal expresso de 50 Watts. Para saberes o consumo em Watt-hora, basta multiplicar aquele valor pelo número de horas que o aparelho está ligado. Se estiver ligado durante 4 horas, o seu consumo em Watt-hora foi de 200 Watt-hora. Se a esse consumo somares o consumo em Watt-hora dos restantes aparelhos que compõe o teu universo doméstico, tens o valor geral que te permite avaliar a dimensão tanto dos painéis como das baterias a escolheres para o teu sistema. Logicamente, factores como dia-noite e Verão-Inverno são determinantes e terás de averiguar o consumo ao longo do ano para bem dimensionares o teu sistema. Voltando à questão anterior, aqui em casa o único aparelho que fica ligado toda a noite é o frigorífico, que tem um consumo expresso no rótulo de 88 kiloWatt-hora por ano, ou seja, considerando um dia médio (24h), dividindo aquele valor por 365 dias, o seu consumo é de 241 Watt-hora diários, ou seja, 10,04 Watt por hora. Isto significa que, considerando apenas o período nocturno, que varia mediante a estação do ano, temos um consumo de cerca de 110 Watt-hora por noite (considerando uma noite de 11 horas). Ainda assim, nas especificações do produto está descriminado que o mesmo aguenta até 13,5 horas sem corrente, pelo que posso, como o Antonio já me sugeriu, colocar um temporizador, sobretudo no Inverno, para que o mesmo se desligue durante a noite, não consumindo afinal a carga das baterias. Este tipo de estratégias importa muito se contemplarmos o tempo de vida útil das baterias, que está relacionado com a quantidade de ciclos que as mesmas completam. Mais à frente na secção das baterias, explico como se completa um ciclo.

Aquele valor, 110 Watt hora, está longe de descarregar as minhas baterias durante a noite. Com efeito, já utilizei muitas vezes, durante a noite, equipamentos bem mais potentes como por exemplo o nosso projector, para ver filmes numa tela. Este projector tem um consumo nominal expresso no rótulo de 3 Ampere a 220 Volt. Posso Inferir que a sua potência máxima de consumo é de 660 Watt. Sabendo isso, não costumo ter a luminosidade do mesmo no máximo pelo que acredito que não chegue a consumir tanto mas o que é facto é que já o utilizei durante várias horas, várias noites, em vários momentos do ano e nunca tive problemas. Se partir do princípio que gasto apenas dois terços da sua potência máxima nominal, sejam, 440 Watts, então, para uma utilização de 3 horas, chego ao valor de 1320 Watt-hora. Se a isso acrescentar 4 horas do router wi-fi (12Watt x 4 horas = 48Watt-hora), 1 hora para carregar o computador (65 Watt-hora) e as 11 horas do funcionamento do frigorífico (110 Watt-hora), tenho um consumo total, para essa noite de 1543 Watt-hora. A este valor devo incluir a perda de energia devido à utilização de um inversor, que é afinal o aparelho que medeia o transporte e transformação de energia entre as baterias e os meus aparelhos. O meu inversor tem uma eficiência de cerca de 90%, ou seja, para cada Watt consumido por um aparelho dentro de casa, afinal a bateria necessitou de facultar um pouco mais do que um Watt para isso. Por isso devemos então dividir o consumo de um aparelho, por exemplo o do

projector (440 Watts) pela eficiência do inversor (90%), ou seja, $440/0,9 = 489$ Watts consumidos. É com este valor que devemos afinal fazer os cálculos para o dimensionamento do nosso sistema, sendo que de noite, consideramos a capacidade do nosso banco de baterias e de dia, consideramos a capacidade produtiva dos painéis. Não devemos também esquecer, embora residual, o consumo efectuado pelo próprio inversor e pelo controlador, sobretudo nos períodos de apoio (*backup*).

Painéis solares



Já vimos anteriormente a composição e o funcionamento dos painéis solares, sendo que existem dois tipos fundamentais de painéis. Os monocristalinos e os policristalinos. Quanto às suas diferenças, esclarecidas na imagem anterior, podem servir para escolheres aquele que mais se adequa às tuas necessidades. Se tiveres pouco espaço pode ser vantajoso adquirires painéis monocristalinos pois são mais eficientes e duráveis, no entanto mais caros. Se pelo contrário o espaço não for problema, para reduzir o custo de investimento, podes pensar em adquirir painéis policristalinos. A grande diferença entre os dois tipos de células contidas nestes painéis é que uma célula monocristalina é composta por uma “fatia” inteira de silício, permitindo maior fluidez e homogeneidade nas dinâmicas energéticas. Já as células policristalinas são construídas depois de se derreterem e voltarem a aglomerar vários pedaços distintos de silício, criando zonas e pontos de maior fricção, tornando menos fluídas as dinâmicas de trânsito energético.

Especificações dos painéis

Solar Module	
Rated Maximum Power (Pmax)	120W
Current at Pmax (Imp)	3.44A
Voltage at Pmax (Vmp)	18V
Short Circuit Current (Isc)	3.67A
Open-Circuit Voltage (Voc)	21.42V
Nominal Operating Cell Temp	-40°C to +85°C
Module Efficiency	16.7%
Weight	10kg
Dimension	1480 mm x 510 mm x 35 mm
Maximum System V	1000V
Max Series Fuse Rating	15A
Maximum Load	
Application	Class A
All technical data at standard test conditions AM=1.5 E=1000W/m ² Tc=25°C	
 	

Este rótulo indica as especificações de um painel solar que produz 120 Watts de potência. Interessa ter em conta a **Voltagem em Circuito Aberto (Open-Circuit Voltage Voc)** na decisão da dimensão do nosso conjunto de painéis e do controlador que queremos instalar. Na verdade é com esse valor que devemos fazer os cálculos para perceber se o controlador é capaz ou não de admitir essa voltagem de entrada tendo em conta o número de painéis e a sua conjugação específica, sobretudo quando estão ligados em série.

Ao considerares o número de painéis em relação ao banco de baterias que compuserem o teu sistema, pensa que se não estiverem bem proporcionados, poderás incorrer na diminuição da vida útil das baterias, se por exemplo, elas tiverem uma carga muito grande e se por outro lado o número de painéis for pequeno. Digo isto pois esta situação pode promover com frequência momentos em que os painéis não chegam a produzir energia suficiente para manter as baterias bem carregadas, afetando a sua vida útil.

Baterias



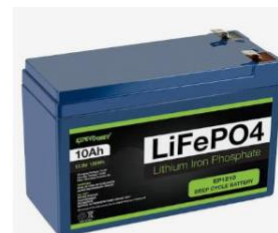
Chumbo-Ácido inundada
(Flooded Lead-Acid)



Chumbo-Ácido AGM
(Manta de fibra de Vidro absorvente)
(Absorbent Glass Mat)



Chumbo-Ácido GEL
Regulada por Válvulas
(GEL VRLA)



LiFePO4 (LFP)
Fosfato de Ferro Lítio

Existe uma ampla gama de baterias adequadas ao funcionamento de sistemas fotovoltaicos. Podes de facto construir um sistema baseado em baterias de carros convencionais, no entanto pelo facto desse tipo de baterias ter sido fabricado para facultar grandes quantidades de energia em curtos espaços de tempo, não é a mais adequada ao contexto de utilização doméstica de electricidade. Para isso foram desenvolvidas as baterias de ciclo longo (ou profundo), o que significa que libertam a energia de uma forma mais prolongada e são mais longevas tendo em conta a variação e amplitude de carga e descarga às quais são submetidas.

As baterias representadas na imagem em cima compõem os quatro tipos mais comuns existentes no mercado. No caso destes exemplos, todas elas têm uma tensão de 12 volts mas na verdade são compostas por diferentes unidades internas, cada uma com uma tensão menor, ligadas em série. Este tipo de baterias tem a mais-valia de serem facilmente transportáveis e a sua instalação se poder adequar a diferentes circunstâncias. Existem baterias individuais de menores ou maiores voltagens mas aqui abordaremos apenas as representadas na imagem.

Para além de ser determinante, para mim, o facto das baterias de Chumbo-ácido serem recicláveis e as de lítio não, as principais diferenças entre estas baterias, para uma mesma capacidade unitária, são:

Chumbo-ácido inundadas: São as baterias mais usadas. São as mais baratas de se adquirir mas requerem manutenção pois os líquidos vão-se evaporando, sendo necessário abrir as tampas que dão acesso às células internas e encher voltar a cobri-las com água destilada. Não convém submete-las a muita trepidação ou posições inclinadas pelo facto de não serem seladas. O tempo de vida útil intrínseco é o menor quando comparado com os outros tipos de bateria, acrescendo o facto de que muitas vezes o utilizador não faz a manutenção adequada e por isso duram ainda menos. Não deve ser descarregada mais do que 50% da sua capacidade e a sua vida útil é a que suporta menos ciclos (até cerca de 700).

Chumbo-ácido AGM (Manta de Fibra de Vidro Absorvente): Completamente selada, não verte líquidos nem necessita manutenção. Carregam-se mais rápido do que as baterias

inundadas. Resistem melhor a trepidações durante transporte e sem riscos de verter devido a inclinações (útil do ponto de vista de sistemas montados em barcos ou caravanas). Também não deverá ser descarregada mais do que 60% da sua capacidade. Suporta até cerca de 1000 ciclos

Chumbo-ácido GEL VLRA (Chumbo ácido reguladas por válvulas): Também não vertem nem requerem manutenção. Aguentam mais calor. Lidam melhor com descargas mais intensas (até 75%). São as mais caras das baseadas em chumbo-ácido. Suporta até cerca de 1000 ciclos

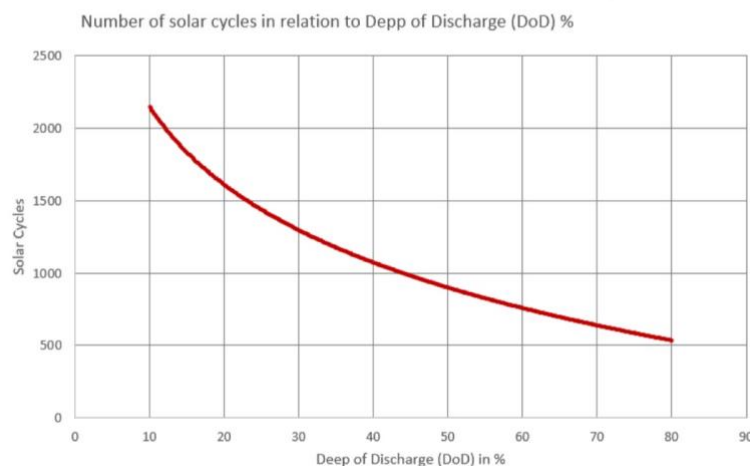
Fosfato de Ferro Lítio (LFP ou LiFePO4): As mais caras deste conjunto. Dependem de acções de mineração agressiva, disruptoras dos ecossistemas. Por outro lado são mais eficientes quando olhamos apenas para a performance comparada. Para uma mesma capacidade unitária que as versões em chumbo, elas são mais pequenas e leves, são mais duráveis e suportam descargas extremas de até 90%, bem como um número de ciclos bastante maior (até no máximo, 6000). No meu ponto de vista, mais uma vez, estes atributos não compensam o impacto ambiental que a sua produção causa. Depois de gastas, não podem ser recicladas, enquanto as de chumbo sim, sendo essa a meu ver a grande vantagem, no longo prazo (pensando nas próximas gerações de vida neste planeta).

Ciclo de vida

Um ciclo numa bateria não corresponde a uma descarga singular que façamos por exemplo num determinado dia mas sim no somatório das descargas que completem o valor de 100% de capacidade de carga da bateria. Por exemplo, se hoje fazemos uma descarga de 30% da bateria, após a qual ela volta a ser recarregada, seria preciso, nos dias seguintes, efectuar descargas que acumulassem mais 70% de valor de descargas para completar os 100%, ou seja um ciclo. Para isso deves entender a capacidade de carga da tua bateria, que normalmente está explícito na rotulagem da mesma em Ampere-hora (Ah) ou Watt-hora (Wh). Na teoria devemos ter a noção do somatório do nosso consumo diário médio para entender qual a percentagem de descarga efectuada na bateria nesse dia e por conseguinte, na percentagem de ciclo que a bateria completou. Esta noção aplica-se mais ao período de apoio (*backup*) em que as baterias estão a funcionar. Normalmente falamos do período nocturno ou de períodos de longas nebulosidades, que às vezes podem durar semanas, durante os quais a bateria pode ter que compensar o baixo rendimento de produção por parte dos painéis. Este aspecto poderá ser mitigado se, ao dimensionarmos o nosso conjunto de painéis, acrescentarmos um factor de apoio de produção de energia pensando já nestes dias. Podemos por exemplo, ao nosso conjunto de painéis, caso o nosso controlador permita, acrescentar mais 25% ou 30% de capacidade produtiva (digamos mais um ou dois painéis) que compensarão o conjunto total nestes períodos de baixa radiação solar incidente. Os ciclos de vida de uma bateria são efectivos para descargas que não ultrapassem a profundidade de descarga associada ao tipo de bateria em questão. Se, por exemplo temos uma bateria de chumbo que não deve ser descarregada mais que 50% em dada utilização, não devemos realmente ultrapassar esse valor, pois assim, os ciclos de vida anunciados no rótulo deixam de ser válidos pois estamos a comprometer a longevidade da bateria. Felizmente os Inversores costumam proteger as baterias nesse sentido, não deixando descarregar para além desse valor.

Para tornar mais concreto esta questão, pego no exemplo do cálculo anterior, para uma noite em que utilizei o projector durante 3 horas, contemplando também o funcionamento dos restantes equipamentos. Se, após aplicar a eficiência do inversor, o consumo total em período de apoio (*backup*) foi de 1715 Watt-hora e se o meu banco de baterias tem uma dimensão total de 240Ah a 24 Volts, pelo que posso inferir um valor de 5760 Watt-hora por ciclo. Naquela noite gastei pouco menos que 30% de um ciclo do meu banco de baterias, o que representa 0.00015% da sua vida útil total. Ora, nas condições ideais de utilização, se as baterias fossem novas e se não as utilizasse para outros efeitos, poderia utilizar (teoricamente) aquela quantidade de energia por mais 6666 noites. Mas importa aqui discernir as características de cada bateria em particular. Por exemplo, na ficha técnica das minhas baterias vem este gráfico:

Number of solar cycles in relation to Deep of Discharge (DoD) %
Cycles IEC61427: 2000 cycles



Nele estão relacionados o número de ciclos totais da bateria em função da profundidade de descargas efetuadas. Isto significa que o número de 2000 ciclos anunciado apenas é válido para descargas até 10% do seu valor de carga. No meu caso, várias vezes descarrego até aos 30%, menos vezes até aos 40% e, raramente, até aos 50%. Por isso na verdade o número de ciclos não será 2000. Por isso referi, anteriormente, que acredito que a bateria não dure os 10 a 12 anos de vida útil anunciados no rótulo mas apenas cerca de 8.

Uma coisa que deves ter em conta é o facto de que, dependendo da ligação entre as baterias e do seu tipo, pode dar-se o caso em que uma delas esteja a sofrer mais descarga do que as outras. Á partida, com duas baterias em série, sendo as duas novas, da mesma marca e dimensão, não deverá ser esse o caso. Mas se juntares uma bateria nova com outra já utilizada, ou de marcas/especificações diferentes, devido à diferença entre as resistências internas, uma delas (a mais nova) vai se deteriorar mais depressa do que o que era suposto pois estará em esforço para compensar a carga reduzida da outra bateria.

Controlador



PWM

(Pulse Witdth Modulation)

(Modulação por largura de pulso/sinal)



MPPT

(Maximum Power Point Tracker)

(Rastreo de Ponto de Potência Máxima)

Os dois tipos de controlador disponíveis são o PWM e o MPPT. Já utilizei ambos, tendo começado pelo primeiro tipo, que é dos mais baratos e mais simples no funcionamento. Apesar de servirem para sistemas pequenos, se estás a ponderar investir num sistema para alimentação de uma casa, aconselho a utilização do modelo MPPT pois é capaz de lidar melhor com as oscilações na produção eléctrica dos painéis, interceptando até 30% mais de carga eléctrica do que os controladores PWM. Isto permite uma maior eficiência na utilização dos painéis. Para além disso permite também que tenhamos um conjunto de painéis mais robusto, sendo por definição, capaz de lidar com cargas eléctricas superiores.

Quando estamos a instalar o nosso controlador, devemos sempre conectar nele primeiro as baterias e não os painéis solares. O controlador necessita primeiro de averiguar (coisa que faz automaticamente) o tipo de voltagem e capacidade proveniente do banco das baterias e só depois devemos conectar os painéis na admissão deste. Devemos também indicar ao controlador que tipo de baterias são, (gel/AGM/Lítio) para que ele faça a melhor gestão da carga e descarga das mesmas. Estas instruções costumam vir no manual do utilizador dos controladores.

Inversor



Inversor de onda senoidal modificada
(Modified sine Wave Inverter)



Inversor de onda senoidal pura
(Pure sine Wave Inverter)

Estes são os dois tipos principais de inversores. À direita, o inversor de onda modificada, é tipicamente mais barato. Enquanto que funciona bem na alimentação de alguns dispositivos como por exemplo aquecedores de vários tipos ou equipamentos electrónicos básicos, não é o mais indicado para motores, especialmente os de indução, pois devido à quebra na onda senoidal, cria mais oscilações na fluidez do funcionamento dos componentes, gerando mais ruídos e vibrações, o que não é aconselhável em certos aparelhos, podendo comprometer o seu funcionamento como em frigoríficos ou microondas. Se contemplarmos motores baseados em escovas (comuns em berbequins ou serras eléctricas) já não são tão importantes estas considerações. Já os inversores de onda pura, conseguem emitir uma frequência energética sem quebras, como ilustra a onda à esquerda, tornando-se a opção mais segura no que toca à eficiência de utilização e protecção dos aparelhos. Contudo são um pouco mais caros que os primeiros.



Fios eléctricos



14A	1 mm²
15A	2.5 mm²
21A	2.5 mm²
27A	4 mm²
34A	6 mm²

Secção dos cabos (em milímetros quadrados)
na sua relação com a potência que neles circula



- sólido ou rígido, composto apenas por um “fio” maciço
- Flexível, sendo a secção condutora composta por vários fios mais pequenos

Quanto à tipologia do metal condutor no cabo, as principais diferenças entre os rígidos e os flexíveis são que os primeiros, sendo normalmente ligeiramente mais baratos que os segundos, são ao mesmo tempo mais eficientes na condução da energia para uma mesma secção, já que o metal condutor é maciço em vez de segmentado em diferentes partes. Se por um lado são melhores para se conectarem em terminais robustos e que não sofram movimentos, por outro lado não têm a flexibilidade dos segundos, sendo por isso que estes últimos são os que normalmente compõe a maioria dos cabos que estamos habituados a manusear, como extensões e as fichas dos aparelhos que ligamos às nossas tomadas.

Não queiras passar mais energia por um cabo do que aquela que ele consegue suportar, tornando-o numa autêntica resistência. Embora possamos controlar a amperagem no sistema eléctrico que circula à saída do inversor por intermédio de disjuntores num quadro eléctrico, quando estamos por exemplo a ligar os painéis solares uns entre os outros, ou as baterias entre si e aos componentes de controlo e inversão, deves de ter atenção à secção dos cabos que utilizas. Á partida estarás seguro se usares, para uma escala doméstica, cabos com 4 milímetros quadrados de secção para ligar os painéis entre si e ao controlador, embora tenhas de verificar sempre se a amperagem que o cabo suporta é adequada à amperagem que circula na secção correspondente do circuito.

Já no caso das baterias deves ter em conta que os cabos devem ser o mais curtos possíveis entre as diferentes baterias, bem como terem uma grossura suficiente para a demanda energética. Por exemplo, se estamos a puxar 2000 Watt do inversor e se tiveres um banco de baterias de 12 volts, a intensidade da corrente que passa nos cabos da bateria é de $(2000 / (\text{eficiência do inversor} \times 12\text{volt})) = 185$ Amperes. Isto é uma quantidade de corrente enorme e seria preciso um cabo de pelo menos 70mm² de secção. Este cabo está a custar, no *website Aliexpress*, 37 euros por metro linear. Se tiveres um banco de baterias de 24 volt, a amperagem a circular no cabo reduz para metade, sendo necessário um cabo com 35mm² de

secção. Por isso importa aumentarmos a voltagem tanto nos painéis como nas baterias, dessa forma reduzindo a corrente que circula nos cabos.

Segunda lei de ohm:

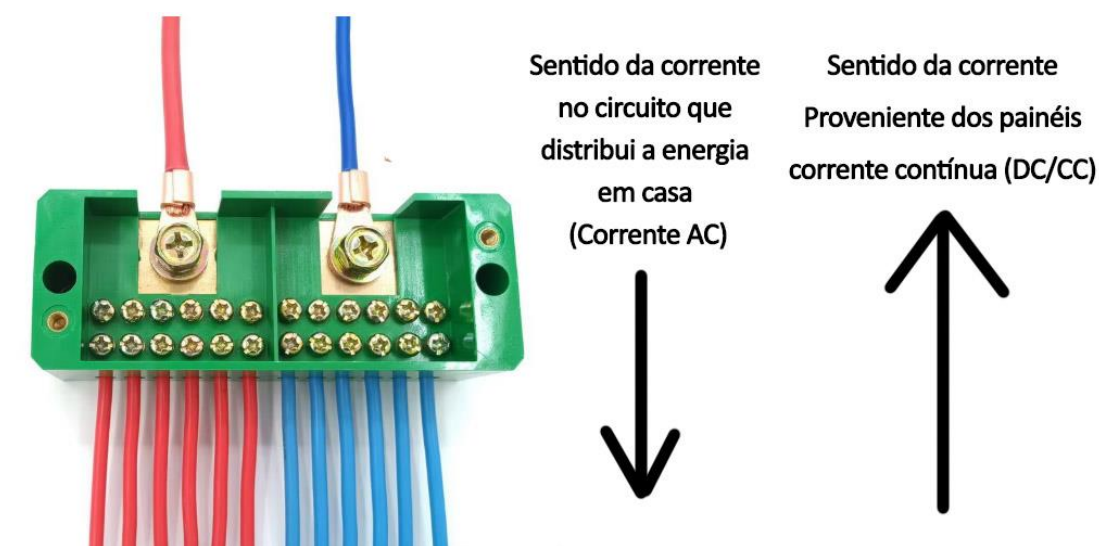
Se mais atrás vimos a primeira lei de Ohm, deixo aqui também a segunda, que pode servir para decidir melhor acerca dos tamanhos e grossuras dos cabos em instalações mais complexas onde se tenha de ponderar muito bem sobre as potências que viajam nos cabos e as distâncias entre os equipamentos de produção e de consumo dessa electricidade. Nunca me ocupei com isso na escala dos meus sistemas, embora cada vez mais preste atenção ao tipo de cabos que uso e às dinâmicas energéticas que por eles passam. Essa lei relaciona a Resistência do sistema (R) em ohms, com a Resistividade elétrica do material condutor (ρ) em ohms por metro, o comprimento do cabo em questão (L) em metros e a secção transversal do mesmo (A), em metros quadrados. A fórmula é: $R = \rho(L/A)$. Na prática isto poderá ser útil se considerares instalações com grandes distâncias entre pontos de produção e consumo de electricidade, o que não é o caso na maioria dos sistemas domésticos.

Conectores



Existem diferentes modelos de conectores, dos quais deixo três exemplos. Enquanto os dois da esquerda são aptos para sistemas onde a voltagem é superior (e por isso a intensidade da corrente menor), o da direita (MC4) é concebido especificamente para unir terminais entre cabos solares, ou seja, aqueles que ligam os painéis entre si. Uma grande diferença entre os conectores baseado em parafusos do género dos dois primeiros e o da esquerda (MC4) é que os primeiros tendem a ganhar alguma folga com o passar do tempo devido ao desaperto provocado nos parafusos por meio da passagem da electricidade (por causa da dilatação provocada pelas oscilações de temperatura) e da degradação física que os componentes com isso sofrem.

Derivação



A derivação é uma estratégia simples e pode, como a imagem em cima indica, funcionar num sentido ou no outro. Neste caso, para a seta da esquerda, partimos de cabos mais grossos que se desdobram em cabos mais finos. Na prática, isto permite dividir uma corrente maior em secções de correntes menores. Para isso deves ter em conta as exigências dos aparelhos que utilizas em determinada secção. Normalmente divide-se a distribuição da energia doméstica em iluminação e em tomadas, sendo que o circuito da iluminação comporta menos corrente do que o circuito das tomadas.

Já na seta da direita, vemos o sentido da corrente que advém dos painéis solares e em direcção ao controlador. Se a ligação dos painéis for tal que a amperagem na caixa de derivação for superior àquela que um cabo solar simples pode comportar, devemos adquirir um cabo solar mais grosso, que é o que ligará essa caixa ao controlador.

Instalação do sistema

Seria óptimo se conseguisses instalar o teu sistema por ti mesmo ou por ti mesma. Se não puderes fazê-lo, pede ajuda a pessoas da tua confiança, para fazerem buracos, cortarem algum perfil metálico ou barrote em madeira, ou carregarem os painéis às costas. Subir a cadeiras ou instalar as baterias pesadas. Enfim, mesmo que não possas fazer certos trabalhos na montagem do sistema, pelo menos a leitura deste manual dar-te-á os conhecimentos necessários para que possas ser tu o ou a principal protagonista na montagem do teu sistema elétrico!

Ferramentas básicas



Eis algumas ferramentas e materiais necessários á instalação dos painéis (algumas constam na imagem em cima, outras não):

- Um alicate de electricista é muito útil pois descarna os fios mais facilmente, poupando muito tempo nas instalações;
- Busca polos;
- Aparafusadora (opcional);
- Alicate normal;
- Parafusos ou varões roscados para implementar os suportes e os painéis;
- Mesmo com um alicate de eletricista, uma navalha ou xizato podem dar jeito;
- chaves de fenda ou estrela;
- Fita isolante;
- Diversos cabos e conectores;
- Grampos; calhas ou guias para fios elétricos;
- Fios elétricos de diversos tamanhos;
- Diversos terminais;
- Barras de junção/derivação;

- Tomadas; interruptores; Lâmpadas;
- Multímetro;

Instalação dos Painéis

Considerações gerais

Idealmente, os painéis solares deverão receber o **máximo de horas de sol possível**. Ora, regra geral, quanto mais elevados estiverem, mais sol apanham. Em boa verdade, só há cerca de 3 anos é que coloquei, pela primeira vez, os painéis em cima do telhado. Até então, nas diferentes casas onde estive, sempre os mantive no chão, como ilustra a imagem seguinte, capturada em Dezembro de 2021. Neste caso, o próprio painel, em conjunto com as tábuas atrás dele, serviam de protecção aos outros componentes do sistema (bateria, controlador e inversor). Um senão neste caso era a falta de isolamento desses equipamentos. O frio no inverno compromete a eficiência dos componentes, podendo mesmo danificá-los, pelo que se tiveres de optar por uma situação semelhante, aconselho a construíres um pequeno compartimento ou caixa, se possível forrada com algum material isolante como por exemplo lâ de rocha ou esferovite, sobre a qual podes apoiar o próprio painel.

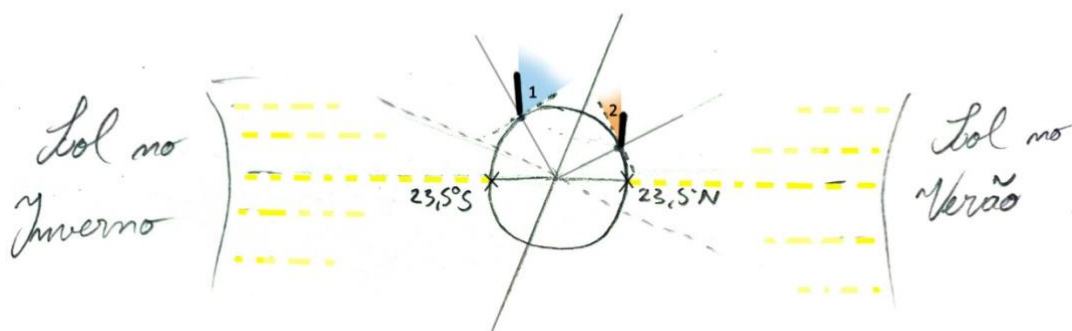


Para além de estar exposto a **sul**, repara que a **inclinação** do painel solar é bastante acentuada. Isso é porque está na posição adequada ao solstício do Inverno. A superfície do painel deverá assumir a maior perpendicularidade possível em relação aos raios solares. Se

não tiveres oportunidade ou meios para providenciar a inclinação adequada dos painéis ao longo das estações do ano, podes instalá-los com uma inclinação intermédia, digamos, propícia aos momentos dos equinócios. Dessa maneira obtemos o maior rendimento possível durante o ano todo, tendo em conta que os painéis permanecem sempre na mesma posição.

Ângulo dos painéis através do ponto subsolar

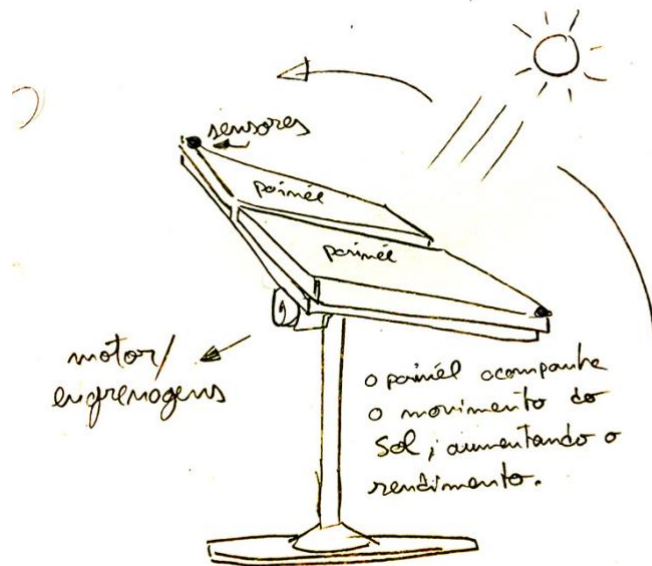
O ponto subsolar é a latitude sobre a qual os raios solares incidem, em determinado momento do ano, perpendicularmente sobre a superfície terrestre (assumindo com esta um ângulo de 90°). Esta latitude é útil para calcularmos o ângulo ideal que os nossos painéis devem ter em relação ao plano do chão de maneira a ficarem eles próprios perpendiculares aos raios solares. A seguinte figura ilustra, grosso modo, a dinâmica entre os raios solares nas diferentes estações e a posição mais adequada aos nossos painéis.



A circunferência no meio da ilustração representa o globo terrestre. Já os “x’s” assinalados sobre a sua superfície, representam o ponto subsolar, tanto no Inverno (o da esquerda) como do Verão (o da direita). Repara que essas latitudes correspondem aos trópicos de Capricórnio e de Cancer, respectivamente. Os traços mais grossos a preto, assumindo a perpendicularidade com os raios solares, representam um mesmo painel num mesmo ponto da superfície terrestre, ora no Inverno, ora no Verão. Fiz de propósito para que coincida mais ou menos com a latitude média do território português, cerca de 40° Norte. Para se calcular a inclinação do painel simplesmente terás de subtrair à latitude onde se encontra o teu painel, a latitude do ponto subsolar nesse momento do ano. Tem em conta que no Inverno, o valor da latitude do ponto subsolar é negativo (pois se encontra abaixo do equador). Na prática temos que, no Inverno o ângulo dos painéis em relação ao plano do chão deverá ser: $40^\circ - (-23,5^\circ) = \underline{63,5^\circ}$, valor representado pelo número 1 a azul na figura em cima. Por outro lado, representado pela cor laranja (nº2), no verão o ângulo deverá ser menor: $40^\circ - 23,5^\circ = \underline{16,5^\circ}$.

Motores solares (solar trackers)

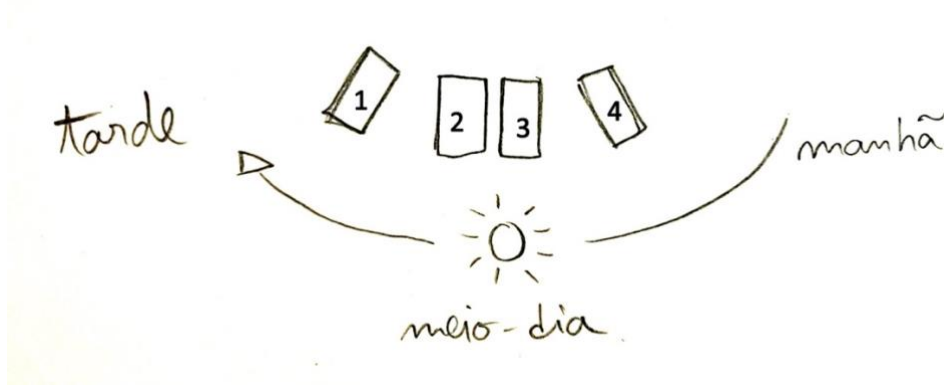
Para aumentar a eficiência da conversão da energia solar em energia eléctrica, podemos instalar os painéis sobre um motor programado para exercer uma rotação que acompanhe o movimento do sol no céu como ilustrado na imagem seguinte:



Nunca experimentei este dispositivo mas já o vi em funcionamento. Para quem tiver limite de espaço ou impossibilidade de colocar alguns painéis no telhado, poderá ser uma boa opção.

Painéis fixos com orientações diferentes

Havendo espaço para mais painéis, mesmo estando fixos, podemos dispô-los de tal maneira a que alguns deles estejam mais votados para interceptar a luz da manhã ou a luz da tarde, como ilustrado na imagem seguinte:

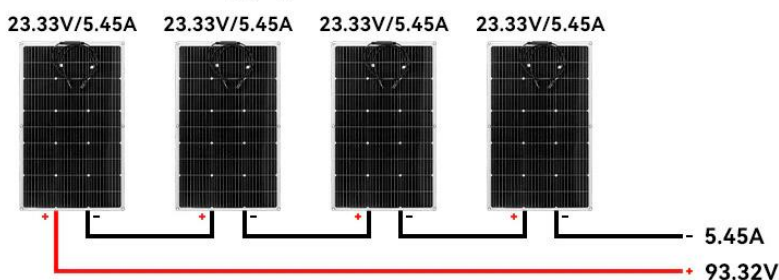


Aqui, o painel 1, com orientação sudoeste interceta a luz da tarde. Os painéis 2 e 3, expostos exactamente a sul, interceptam o grosso da radiação solar do dia. Já o painel 4 está orientado a Sudeste, capturando com mais eficiência a energia da manhã. Todos os painéis têm a mesma inclinação. Apesar do sol ter um ângulo mais oblíquo durante a manhã e durante a tarde, não se justifica manter os painéis com inclinações diferentes.

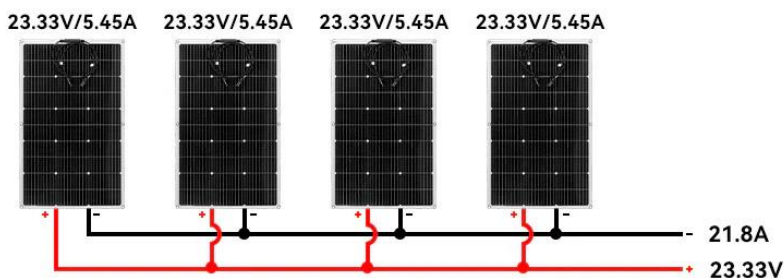
Ligações em Série VS Paralelo

Os painéis podem ser ligados em paralelo ou em série, utilizando conectores do tipo MC4. Já abordei este assunto anteriormente mas o que isso implica é o seguinte: Nas **ligações em paralelo**, todos os cabos dos terminais positivos dos vários painéis são ligados entre si, o mesmo acontecendo com todos os cabos negativos, que se ligam entre eles. Isto incorre no aumento da amperagem enquanto que a voltagem permanece a mesma (somam-se as amperagens). Por outro lado, se ligamos os **painéis em série**, a voltagem aumenta (somamos todas as voltagens) e a amperagem permanece a mesma. Para isso temos de unir o terminal positivo de um painel no terminal negativo do outro. O esquema seguinte ilustra o que acabo de referir:

Ligação em série



Ligação em paralelo



As ligações em série ou em paralelo podem ser aplicadas noutros componentes de um sistema elétrico, como baterias, lâmpadas, disjuntores, etc., tendo em cada caso efeitos específicos.

Suportes dos painéis

Para instalação dos painéis podes usar vários materiais como suporte. Podes construir estruturas mais acessíveis, directamente no chão em lugar soalheiro como apresentei atrás ou até mesmo simplesmente colocar os painéis encostados em algum barrote de madeira ou pedras, ou então adequar uma estrutura ao telhado, que normalmente é um local que recebe mais sol, por estar mais alto. Os materiais a utilizar vão depender do tipo de telhado que tenhas. Existem diferentes tipos de ganchos metálicos para incorporar em telhados de telha convencional, aos quais se aparafusam perfis metálicos que farão o suporte para os painéis. Existem também diferentes tipos de aplicadores e perfis metálicos que podemos utilizar para efeitos de suporte. Tudo depende do tipo de telhado. No meu caso, não comprei nada particularmente concebido para o efeito, apesar de existirem muitas peças desenvolvidas para isso e adequadas a diferentes tipos de telhados. Em vez disso construí, com o que tinha à mão, um suporte em madeira e outro em metal, como podes ver na seguinte imagem.



Os perfis metálicos que servem de suporte à estrutura dos painéis estão unidos ao telhado (que neste caso é em chapa lacada tipo sandwiche) através de varões roscados de 8mm de diâmetro, apertados com porcas e anilhas em ambas as extremidades. Na extremidade superior, externa, em contacto com a atmosfera, coloquei uma anilha com junta em borracha, de maneira a mitigar a penetração de águas para dentro do telhado. Importa também referir que como os cabos não estão conectados por conectores à prova de água (como são exemplo disso os MC4), decidi prender os cabos à estrutura de maneira a que as uniões ficassem em pontos mais altos. Dessa forma, como a água da chuva e a humidade tendem a concentrar-se nas zonas mais baixas, as uniões ficam livres de pingas a penetrar dentro delas. Para além disso as uniões estão seladas com fita adesiva isolante.

Quantos painéis instalar?

Quer reduzas ou não a tua dependência em aparelhos eléctricos, implementando para isso diversas estratégias e meios, a época do ano que mais importa considerar para calcular o número de painéis é o Inverno, momento em que as baterias têm de aguentar maiores valores de descargas por falta de potência produzida pelo conjunto dos painéis. Enquanto que para as baterias pensamos mais nos valores do consumo médio em eletricidade, para os painéis pensamos mais nos picos de consumo a serem efetuados, tendo em conta situações de aparelhos mais exigentes ou diversos ligados em simultâneo. Para alimentar, por exemplo, uma resistência num cilindro de água quente de digamos, de 2000 watts, terias de ter essa potência a ser produzida pelos painéis, para não esquecer de um inversor que permitisse a alimentação contínua dessa mesma potência. Sendo Inverno e estando o céu nublado, seria inteligente teres dimensionado o conjunto dos painéis com um factor de compensação, prevendo já estes períodos prolongados de nebulosidade e poucas horas de luz diárias. Por exemplo 30% seria um bom factor, portanto em vez de ter um conjunto de painéis que somasse um total de 2000 watts de potência (e pensando também nas perdas de energia, sobretudo ao nível da conversão do inversor, dando $2000/0,9 = 2222$ watts), multiplicando depois esse valor por 30% teremos que o tamanho ideal do conjunto deveria ser capaz de produzir 2888 Watts. Se o cilindro for, hipoteticamente, o aparelho mais exigente da tua casa, e tendo em conta que nenhum outro aparelho estivesse ligado durante o momento em que ele aquecesse a água, o dimensionamento dos painéis estaria feito. Mas se pensares no auto consumo do inversor e se tiveres aí mais um wifi ligado e mais um frigorífico e mais um telemóvel a carregar, terias de recalcular este valor, o qual subiria facilmente para cima dos 3500 Watts.

Compatibilidade entre painéis

É importante pensares no teu conjunto de painéis baseado em painéis semelhantes, se possível do mesmo fabricante. De facto, apesar de se poderem ligar painéis de fabricantes diferentes e com especificações diferentes, muito provavelmente vais incorrer na diminuição da eficiência do conjunto, pois os valores do painel com menor amperagem e /ou voltagem vão limitar a capacidade produtiva dos outros. Por exemplo, numa ligação em série, se tiveres 4 painéis de 12 volts e três deles tiverem 10 amperes enquanto um apenas tem 5 amperes, toda a amperagem vai ser nivelada pelo valor mais baixo, acabando o conjunto com 5 amperes apenas, em vez dos 10, caso fossem todos iguais. Por outro lado, em paralelo, o painel com voltagem (VPmax) inferior limitará o conjunto.

Unidade central

De seguida mostro como tenho os componentes da minha “central” eléctrica montados:



É verdade que existem melhores opções do que madeira para servir de suporte aos equipamentos. Aliás, não se vê disto em instalações ditas profissionais porque a madeira é um material combustível. Algum material como cimento ou algum aglomerado em madeira tratada contra o fogo ou mesmo um suporte metálico de alumínio são superfícies mais seguras

do que madeira não tratada contra fogo. Como podem ver, tenho ali duas uniões nos cabos que ligam a bateria ao inversor, o que não é nada aconselhável, aliás, antes de estarem isoladas com fita isolante e separadas entre si, elas estavam mais próximas (com o conector ainda unido pelo corpo de plástico. Com o tempo deu-se uma folga nos apertos baseados em parafusos e a energia começou a derreter os plásticos dos próprios conectores. Reparei nisso a tempo e resolvi assim o problema, que nunca mais se interpôs (mais abaixo mostro uma imagem desse acontecimento).

Repara que os dois terminais mais finos, que saem do controlador no lado direito, são o circuito de iluminação e não passa pelo inversor (uso lâmpadas LED de 24V corrente contínua). Isto também cria um duplo circuito dentro de casa, coisa que podemos mitigar se fizermos a iluminação sair também do inversor. Por outro lado, em momentos em que o inversor falhou por protecção da carga nas baterias, durante a noite, permitiu-me manter a iluminação a funcionar. No entanto podemos ter sempre um sistema de iluminação de emergência ligado ao controlador, mesmo que a iluminação principal seja feita em corrente alternada por intermédio do inversor.

Banco de energia



Na imagem em cima podem ver as minhas baterias, tecnologia AGM (Absorbent Glass Mat ou Manta de fibra de Vidro Absorvente). Neste caso são baterias seladas (não vertem os líquidos contidos no interior) e não tem necessidade de manutenção (reposição de líquidos como a água destilada noutro tipo de baterias). Elas estão ligadas em série, sendo que facultam 24 volts e tem uma capacidade de carga de 240 Amperes. Isto significa que completam um ciclo quando alimentam $24 \times 240 = 5760$ Watts de potência. Para efeitos da profundidade de descarga permitida (50%), temos que este valor desce para metade (2880 Watts), sendo esse o valor máximo que em modo apoio (*backup*) elas me podem facultar, ou

seja, se considerar a perda pela eficiência de 90% do inversor, significa que posso ter um aparelho de cerca de 2500 Watts a funcionar durante uma hora, ou um aparelho de 1000 Watts a funcionar durante 2 horas e meia, ou então, um aparelho de 500 Watts a funcionar durante cerca de 5 horas, entendeste?

Cálculo para o apoio (backup)

Vamos imaginar o consumo médio de uma família de 4 pessoas, que segundo o INE (instituto Nacional de Estatística) é de 5512 kwh por ano. (O consumo médio da minha família, também de 4 pessoas é de cerca de 522 kwh por ano, ou seja, dez vezes menos que a média nacional. Se incluir o equivalente em quilowatt do gás e da lenha que consumimos, o valor sobe para os cerca de 3500 kwh, ou seja, cerca de 63% da média nacional. De referir que 30% desse consumo energético é proveniente de lenha gerida por nós mesmos, ou seja, um recurso verdadeiramente renovável). Voltando à questão, se distribuirmos aquele consumo pelas 4 estações do ano ficamos com um valor de 1378 kwh por estação. Partindo do princípio que o Inverno é a época em que os Portugueses consomem mais electricidade e que simultaneamente existe menos radiação solar disponível, vamos pensar na dimensão das baterias para este período. Tendo em conta os valores, podemos estipular que uma média de pelo menos 1500 kwh são consumidos no Inverno por ma família de 4. Segundo a E-Redes, 65% desse consumo é feito durante o dia (entre as 8h e as 22h) ou seja, um intervalo ligeiramente superior àquele em que os painéis estão a produzir energia. Vamos por isso supor que 60% do valor é referente ao consumo durante as horas em que a luz solar está a bater nos painéis e o restante (40%) não. Assim temos que $1500 \times 40\% = 600 \text{kwh}$ é o valor que, durante os três meses do Inverno as nossas baterias terão de ser capazes de facultar sem que se comprometa o seu funcionamento normal. Esse valor seria de 6,7kwh por dia. Tendo em conta que apenas estamos a considerar as 14 horas em que não há radiação solar incidente nos painéis, acabamos com um total de consumo de 478 Watt-hora. Considerando a eficiência do inversor, temos que a potência diária facultada pelas baterias teria de ser de $(6700/0,9) = 7444$ Watt-hora. Ao aplicarmos a fórmula da potência (Potência=Voltagem x Intensidade da corrente) e tendo em conta a profundidade de descarga de 50% (para a generalidade das baterias baseadas em chumbo-ácido), sabemos que a amperagem do banco de baterias, caso a sua tensão seja de 24 volts, terá de ser de $(7444/24) \times 2 = 620 \text{ Ah}$. Se o banco de baterias tiver 48 volts, o seu valor de carga necessário, em Ampere-hora baixaria para metade. Por outro lado, se esse banco de baterias for de 12 volts, o seu valor em ampere-hora deveria ser o dobro do calculado. O António Surrécio refere que um banco de baterias de 500Ah seria ideal para uma casa de consumo médio-baixo. É o dobro do valor em ampere-hora que tenho no sistema de minha casa. Por outro lado, é um valor ligeiramente abaixo da dimensão ideal de um banco de baterias para uma família Portuguesa média de 4 pessoas. Uma pergunta que me salta à cabeça é: desde quando é que uma pessoa significa tanto consumo energético?

Se quiseses considerar um valor à tua medida, só tens de fazer o somatório do consumo de todos os teus aparelhos. Para isso tens de saber a potência de cada um deles e o tempo que cada um deles está ligado, colocando todos na mesma grandeza (Watt-hora). Por exemplo, um fervedor elétrico de 1500 Watts a funcionar durante 2 minutos dá um total de 49 Watt-hora consumidos. Sabendo estes valores até podes fazer um gráfico com o consumo em

Watt hora nos diversos meses e estudar a questão. Hoje em dia, mesmo no Verão estamos a testemunhar um grande consumo de energia para efeitos de arrefecimento dos espaços.

Controlo

Models	HHJ-60A
Charging mode	3-stage
Max.PV Input Power	
12V system	720W
<u>24V system</u>	<u>1440W</u>
36V system	2100W
<u>48V system</u>	<u>2800W</u>
Input specification DC	
12V system	20V~80V
24V system	37V~105V
36V system	50V~160V
48V system	72V~160V
Battery voltage automatic recognition	
12V system	DC9V~DC15V
24V system	DC18V~DC29V
36V system	DC30V~DC39V
48V system	DC40V~DC60V
Overcharging protection voltage	60V
Limited current protection	61A
Max efficiency	≥98.1%
PV utilization	≥99%

Estas são as especificações do meu controlador (MPPT). Como podes ver, para uma entrada de 24 volts, a potência máxima associada só pode ser 1440 Watts, o que significa que a Amperagem produzida pelos painéis não pode ser superior a 60 Amperes. Este valor é na verdade a capacidade nominal do próprio controlador e foi o principal valor que tive em consideração quando o adquiri. Ao mudar a minha configuração de painéis para 48 volts, poderei aumentar a potência de entrada, indicada a verde na tabela. Já na voltagem de entrada, especifica também qual a amplitude de voltagem máxima. Para um conjunto de painéis de 24 volts o máximo que esse conjunto poderá produzir é de 105 volts. Este valor deve ser calculado tendo em consideração o valor discriminado nas especificações do painel (normalmente designado “*Open-Circuit Voltage*”/“*Voc*”). Por outras palavras, se tivermos 2 painéis de 24 volts ligados em série e se a voltagem de cada um em Circuito-Aberto (*Voc*) for de 41 volts, temos um conjunto com pico de voltagem de $(41 \times 2) = 82$ volts, estando, ainda assim, dentro do limite anunciado nas especificações do controlador (105 volts).

Importa muito atendermos aos manuais dos nossos componentes. A partir do momento em que entendemos os princípios do funcionamento do nosso sistema, podemos ler esses manuais e realmente instalar os aparelhos nas melhores condições. Em relação à

segurança do ponto de vista da proteção do controlador, falta-me aplicar, como o fabricante aconselha, um disjuntor DC de 100 amperes entre as baterias e o controlador e entre os painéis e o controlador. Por falar em segurança, vamos falar um pouco mais sobre isto já de seguida.

Ligações e Segurança

Arco elétrico



A imagem em cima atesta o que já anteriormente referi. Devido à proximidade dos cabos negativo e positivo neste ponto onde estava emendados com um conector simples de parafuso sem fita isolante, ocorreu um fenómeno que acontece na corrente contínua (e não em corrente alternada), chamado de arco eléctrico. Estes arcos eléctricos são muito perigosos, podendo causar incêndios. Neste caso dei conta deste arco por ouvir um estalo sempre que puxava mais corrente das baterias. O estalo era produzido pelo arco eléctrico, como se fosse um pequeno relâmpago. Isto aconteceu ali por serem os cabos que ligam as baterias ao inversor.

Para correres menos riscos deverás realmente colocar cabos grossos entre as baterias e o inversor, que num sistema doméstico costuma ser o trecho de todo o sistema em que

possivelmente passará mais corrente. Se um banco de baterias de 24 volts tiver de alimentar um consumo de 2000 watts através do inversor, contando já com a perda na conversão, a corrente terá uma intensidade de 92 amperes, o que significa que o cabo deverá ter pelo menos 16 mm², idealmente 25mm². Ora os meus cabos têm 10mm². Até são suficientes para o tipo de cargas que eu puxo da bateria (aguentando uma carga de até 70 amperes, ou seja 1680 Watt) só que a emenda não estava feita da melhor maneira e acabou por ganhar folga nos parafusos com as oscilações térmicas, foi sobreaquecendo os plásticos até que acabaram por ir derretendo aos poucos, criando uma zona com fraco isolamento entre os meios condutores negativo e positivo, abrindo uma brecha para o arco elétrico.

Painéis

Já referi que antes de se conectarem os painéis no controlador deverão ser conectadas as baterias. O que ainda não disse foi que, ao colocares os painéis no local e no momento em que manuseias os seus cabos, conectando-os entre si, tens de ter cuidado pois a partir do momento em que a luz incide sobre eles, meso sendo uma luz mais ténue ou difusa, eles produzem tensão nos cabos, mesmo que com pouca corrente. Por isso usa luvas de borracha e, melhor ainda, coloca um pano opaco sobre a superfície dos painéis, ou então procura efectuar este trabalho nos momentos do dia com menor luminosidade, antes ou depois do sol estar a incidir sobre os painéis, no início da manhã ou no final do dia. Nunca toques nas pontas descarnadas dos cabos com a luz a incidir sobre os painéis.

Cabos e Faíscas

Por vezes, ao conectares os cabos, podem dar-se faíscas, por exemplo, nos terminais do controlador, do inversor ou das baterias. Certifica-te sempre que os cabos positivos são conectados aos terminais positivos nos aparelhos e os negativos nos terminais negativos. Ao ligar, debes primeiro conectar o terminal positivo e só depois o negativo. Se tiveres de desconectar os cabos, debes fazer o inverso, primeiro desconectas o negativo e depois o positivo. Já quando ligas as baterias em série é normal dar-se uma faísca ao conectares o terminal positivo de uma bateria com o terminal negativo da outra. Por isso não tenhas objectos inflamáveis perto do local e utiliza luvas de borracha. Nunca lighes os terminais a uma bateria se houverem aparelhos ligados a esses terminais, puxando energia. Podes inclusivamente utilizar disjuntores de corrente contínua com a devida amperagem entre os diferentes componentes, ligando-os após as conexões estarem estabelecidas.

Terra

O circuito Terra serve para proteger tanto os equipamentos como os utilizadores. É composto por cabos que oferecem uma menor resistência à passagem da electricidade do que os outros cabos do sistema elétrico (devendo por isso ter uma maior secção que esses) e que

se vão unir num cabo principal, o mais grosso de todos, ligado a uma vara de pelo menos um metro, revestida de cobre, espetada na terra no exterior da habitação. Como a energia procura o equilíbrio, devido à diferença de potencial entre uma eventual sobrecarga elétrica no sistema e a da própria terra, a energia dirige-se para esta em vez de se acumular e intensificar nos componentes metálicos que compõe o sistema elétrico ou os equipamentos domésticos. Isto pode acontecer por exemplo se um equipamento, por utilização indevida ou mera falha, crie um ponto de contacto entre um condutor elétrico interno (por exemplo um fio) com outro material condutor do próprio dispositivo. Por isso protege directamente os utilizadores, livrando-os de serem eles a fazer a vez do circuito Terra, já que ao manusear um equipamento em semelhantes condições, a pessoa torna-se o veículo para a descarga da energia que está em excesso no sistema (choque elétrico) – o que pode ser muito grave e até fatal. Por outro lado protege também os equipamentos porque permite que oscilações (picos) no campo electromagnético que não tenham que ver com falhas no funcionamento dos mesmos, retornem para a terra em vez de chegarem até eles.

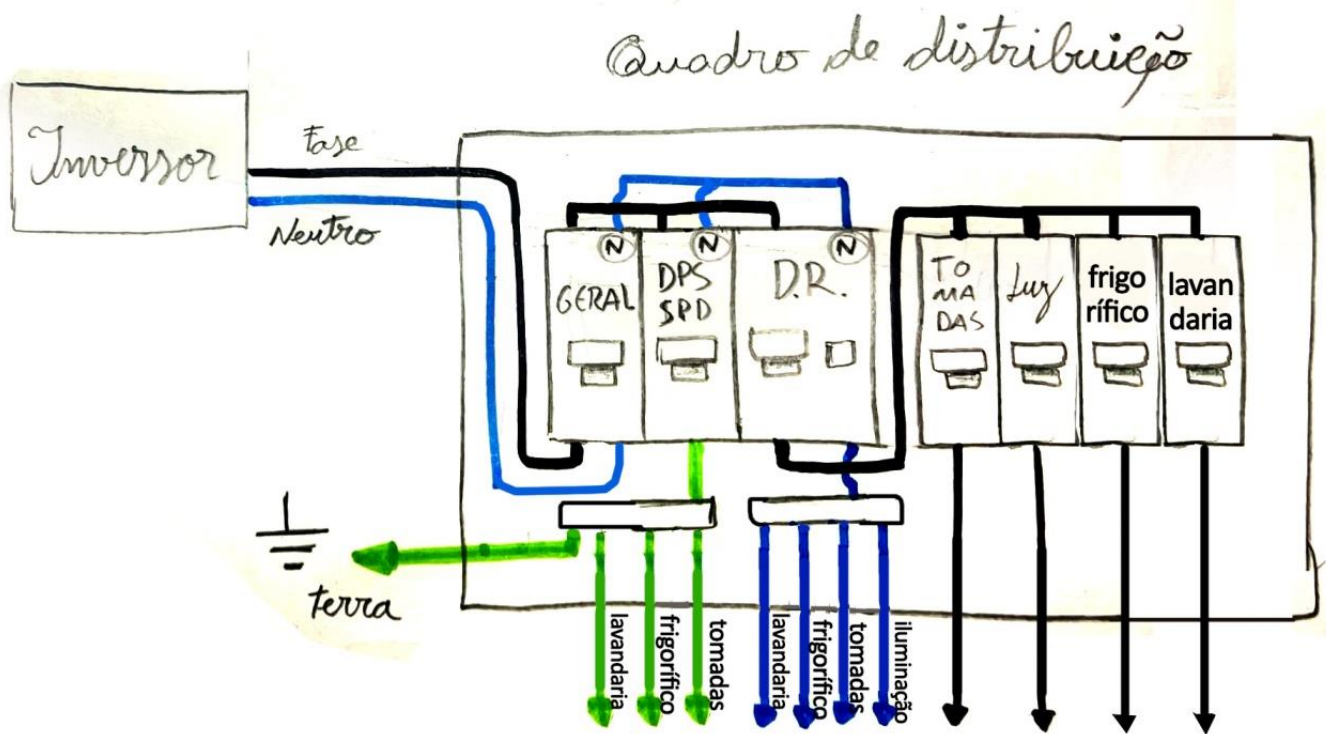


Para além da maior proximidade possível em relação à unidade central eléctrica (e/ou quadro), o local onde a vara deve ser espetada deverá ser o mais condutor possível. Factores como humidade do solo e a sua composição são importantes para decidir o local mais adequado. Se o solo for cascalhento e arenoso é muito menos condutor do que um solo argiloso e profundo, sendo este último um melhor tipo de solo para se instalar o varão de terra. O varão deve ficar bem enterrado, com o seu terminal próximo do solo, ou seja, a maior parte do seu corpo fica completamente espetada na terra. Existem métodos e equipamentos que permitem medir a resistência de determinado solo como o método Wenner ou o terrómetro.

Distribuição da electricidade

Montagem de um quadro eléctrico simples

Devido à relativamente pequena dimensão da minha instalação, tenho até hoje utilizado a energia proveniente do inversor apenas com uma extensão conectada na sua tomada de saída de 220 volts AC. Essa extensão vai-se desdobrando na série de tomadas e fichas triplas que utilizo nas várias divisões da casa. Contudo peço por não ter um sistema mais organizado de controlo e que simultaneamente providencie maior protecção aos equipamentos e utilizadores para além daquela que o próprio inversor já faculta. É verdade que o inversor já por várias vezes tem disparado, funcionando afinal como um disjuntor, não só quando a carga das baterias está a ficar baixa mas também quando existem picos de corrente quando ligo vários aparelhos em simultâneo. Ainda assim desenhei um quadro eléctrico, em tudo pensado no meu sistema que apesar de ser simples, confere mais controlo e segurança. Segue em baixo o desenho:



Componentes

Do inversor sai a fase e o neutro. Neste momento tenho a sair dele uma extensão composta por cabos de $2,5 \text{ mm}^2$, o que me permite já puxar até 3680 Watts, ou seja, mais do que a energia nominal contínua do próprio inversor, que é de 2500 watts. No entanto, a ficha que liga na saída do inversor tem ligeira folga, o que não é ideal, sobretudo quando se quer puxar mais energia. O próprio vendedor sugeriu, na altura em que comprei o inversor, que abrisse o chassi do mesmo e que soldasse dois cabos nos terminais de saída em vez de ter uma ficha conectada, de maneira a compensar a folga existente, permitindo um melhor fluxo da electricidade. A verdade é que até hoje nunca o fiz e nunca houve problema. No entanto, com a melhoria da unidade central e da instalação de um quadro eléctrico, essa modificação justifica-se. Os cabos a unirem o inversor ao quadro eléctrico deverão ter 4 mm^2 ou 6 mm^2 em vez de $2,5$.

Em relação aos disjuntores, primeiro temos um geral, de 16 Amperes, suficiente para permitir a carga máxima contínua de 2500 Watts e ao mesmo tempo deixar passar alguns picos de maiores intensidades. Depois considereei colocar um DPS (ou SPD), que é um protector contra surtos. Este não é um disjuntor mas funciona para desviar possíveis surtos na corrente, fazendo-os seguir para o circuito terra. Existem três tipos de Protetores contra surtos, sendo que o que se utiliza em quadros domésticos é o de tipo II (ou classe 2). Depois do SPD colocarei um Diferencial Residual, que mede pequenas diferenças na variação da corrente, ou seja, possíveis fugas nos circuitos e equipamentos. Sem este dispositivo, podemos incorrer por um lado em fugas de electricidade por má instalação, ou falhas nos isolamentos e equipamentos, sendo essa energia desviada para o circuito terra (caso esteja operacional nesse trecho do circuito). Por outro lado, não estando essa fuga a fluir para a terra, ela acumular-se-á possivelmente nas partes metálicas dos equipamentos, promovendo perigos de electrocussão aos utilizadores. No primeiro caso é energia que se esvai, como uma fuga de água num cano (mais custos de electricidade), no segundo, pode haver acidentes e até mesmo morte. Como neste caso o Diferencial residual está protegido por um disjuntor geral, optarei por um Interruptor Diferencial Residual. Para isso ele terá de ter no mínimo 16 Amperes ou mais, já que o disjuntor que o protege é o geral e tem 16 amperes. Em vez disso podia comprar um Disjuntor Diferencial Residual e aí já não precisava de fazer esta correspondência com a corrente do disjuntor geral. Um Diferencial Residual contém um valor em miliamperes que, quanto menor, maior protecção confere contra choques eléctricos. Os de 30 miliamperes (mA) costumam ser bons para o efeito. Se estiver na ordem das centenas de miliamperes já não é tão sensível e embora possa proteger a casa por exemplo contra possíveis incêndios, não será tão apto para proteger pessoas de choques eléctricos. Por outro lado, se tiver um valor menor que 30mA, é um dispositivo de alta sensibilidade e poderá potenciar falsos disparos.

Numa versão alternativa deste quadro podemos usar um disjuntor geral e um DPS de um polo, fazendo apenas a fase passar através deles. Nesse caso, o neutro antes de entrar no Diferencial, deveria passar pela barra de terra, ficando equipotencializado com esse circuito.

Distribuição

Quanto aos disjuntores para a distribuição propriamente dita, projecto para este caso apenas quatro, um de 16 amperes, para as tomadas e três de 10 amperes, um para o frigorífico, outro para a lavandaria e outro para a iluminação. Deves dimensionar os disjuntores de maneira a proteger os cabos que deles saem. Eles não devem ter um valor nominal (em amperes) superior àquele especificado para os próprios cabos que nele estão conectados, caso contrário os cabos excederiam os seus limites de sobreaquecimento e o disjuntor continuava ligado, não cumprindo a sua função de protecção.

As duas barras inferiores representadas no quadro, de onde saem os cabos neutros e os cabos terra, são ligadores em formato barra que permitem a ancoragem de diversos terminais, características nos quadros convencionais. Repara que de cada circuito independente, mediado pelo respetivo disjuntor, sai um fio fase, ao qual se juntam, no ponto de utilização (na tomada ou nos interruptores) o fio neutro e terra correspondentes, que saem das barras conectoras. Por isso deves assinalar em cada fio qual o circuito a que corresponde. Neste exemplo temos: tomadas, iluminação, frigorífico e lavandaria.

Dentro de uma casa os cabos costumam estar escondidos em tubos anelados ou corrugados, no interior das paredes. Na minha casa, em alguns sítios estão mais ou menos à vista, às vezes mais expostos, sujeitos às paredes por grampos com uma taxa e uma parte em plástico, outras vezes mais escondidos ou ocultados por calhas, como podes ver na seguinte imagem:



Cuidados e Manutenção

Terminais dos cabos

Ao conectares os cabos em terminais baseados em parafusos, sobretudo quando são cabos flexíveis, deves colocar um terminal que isole e proteja os diferentes fios que compõe o metal condutor dentro do cabo. Estes conectores, na imagem em baixo, muito comuns, são ideais para isso e permitem inclusivamente criar uniões entre cabos por meio de terminais macho/fêmea.



De quando em quando, se tiveres conectores ou terminais baseados em parafusos, deves voltar a apertá-los, corrigindo as eventuais folgas que tenham surgido com o tempo.

Multímetro

Um multímetro é um aparelho que permite verificar a tensão, a intensidade da corrente e a resistência num determinado trecho do sistema. Pode ser útil tanto para verificar as conexões feitas num quadro de distribuição ou a integridade de certos trechos no circuito ou por exemplo também para ir controlando os níveis de tensão das baterias ao longo do tempo.

Inspeção dos painéis

De vez em quando devemos inspecionar os painéis, averiguando se necessitam de uma limpeza, confirmando a estabilidade das estruturas ou identificando fissuras ou novos eventuais pontos de sombra que eventualmente se possam ter emancipado sobre a superfície

das células fotovoltaicas, sendo melhor anular essas sombras, se possível. Devemos também olhar para os conectores e para as caixas e confirmar se estão no lugar ou se nenhum insecto anda a fazer ninho junto a estes locais. Esta inspeção/limpezas e correções devem ser feitas de manhã cedo ou ao final da tarde.

Inversor e controlador

Deves verificar os apertos nos terminais e correr os menus, já que em muitos casos existe uma interface nesses dispositivos que nos revela possíveis erros de funcionamento. Pelo facto destes aparelhos terem ventilação, devemos averiguar se a mesma precisa ser limpa ou se algum insecto tendeu a fazer alguma teia ou casulo nesses locais. Se não fizeres estas limpezas, os aparelhos vão aquecendo cada vez, comprometendo a sua eficiência e podendo até, em casos graves, estragarem-se.

Sistemas Fora da Rede e Na Rede (António Surrécio)

Sistema de produção local de energia eléctrica incluindo a rede:

Além da rede, o sol é geralmente a única fonte de energia acessível no local. Pode manter-se a rede por questões de menor investimento em equipamentos de energia solar, segurança e resiliência (Princípio da Permacultura: Funções cruciais → múltiplas fontes).

Existem duas possibilidades:

1. Sistema de energia **fotovoltaico ongrid** (numa versão final com *backup* de baterias e comutação para *offgrid* em caso de falha de fornecimento de energia;
2. Sistema **offgrid** com apoio da rede.

Ter em conta que estes sistemas foram idealizados em 2025.

Sistema *ongrid* (elementos básicos):

Unidade de produção – Conjunto de painéis fotovoltaicos:

- 10 painéis PV Eurener MEPV 450 W = 4,5kW
- Unidade de gestão e injeção na rede/baterias – Inversor *ongrid* com *backup*:
- SMA Sunny Boy Smart Energy SBSE5.0-50 com 5kW

Sistema de monitorização:

- SMA Sunny Home Manager 2.0

Sistema de passagem a *offgrid* em caso de apagão da rede:

- **SMA Backup - Opcional para comutação total em caso de apagão**

Processo (Registo, alteração de contador pela E-Redes e contrato, etc.): De **700W a 30kW** apenas é necessária uma comunicação prévia à DGEG através do Portal SERUP. O rendimento da energia excedente vendida à rede varia normalmente apenas entre **0,04€ e 0,08€/kWh** – necessário estar registado como micro-produtor em caso de venda de energia. Custos adicionais:

- Ligação à rede eléctrica;
- Instalação de contadores inteligentes por E-Redes (o processo pode demorar **entre 2 a 6 semanas** e, normalmente, é o instalador que trata do pedido).

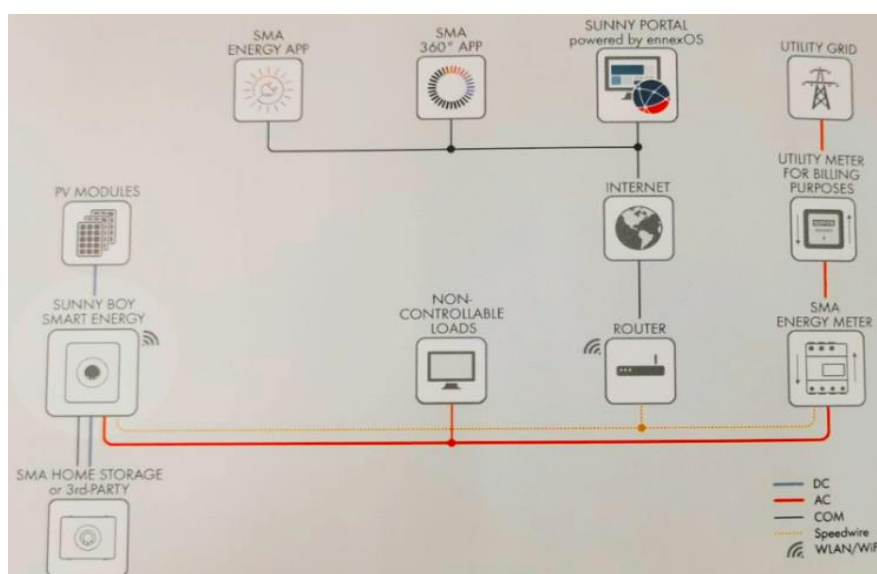


Figura 1: Esquema geral de um sistema de energia eléctrica *ongrid* com *backup*.

Os sistemas *ongrid*, apesar de poderem possuir baterias não fornecem em geral energia para ser consumida quando há falha de fornecimento de energia (o inversor *ongrid* bloqueia). Neste sistema podemos contornar este problema de duas formas:

- Função “Secure Power Supply” (SPS)/Alimentação de segurança: O inversor SBSE5.0-50 pode alimentar cargas a partir das baterias em caso de corte da rede, **mas apenas para as cargas ligadas à tomada de “Secure Power Supply” (máximo 16A – iluminação e algumas tomadas)**, se for usada apenas essa função manual através de um interruptor ligado ao inversor. Quando a rede volta, tem que se desligar manualmente;
- Função de “Backup” (comutação total): Para um **suporte total da casa** durante um *blackout* (ou grande parte das cargas até 63A), precisamos da **solução de backup da SMA para sistemas com Sunny Boy Smart Energy (Caixa externa designada SMA Backup 1P)**, que **permite comutar automaticamente para modo *offgrid* quando a rede falha**. Como a solução funciona na prática:

- **Sunny Boy Smart Energy** híbrido + uma bateria (por exemplo, **SMA Home Storage**);
- Instalação **SMA Backup 1P** no quadro eléctrico ou montada na parede;
- Quando há uma falha de rede (apagão), o SMA Backup detecta isso e comuta para usar a bateria + geração PV para alimentar a casa;
- A transição **não é instantânea zero-segundos**: há um tempo de comutação. Dependendo da configuração, pode demorar alguns segundos (Não pode ser usada como UPS – para dispositivos que não aguentam lapsos de energia);
- Quando a rede volta, o sistema comuta de volta para a rede normal “*grid mode*”.



Figura 2: SMA Backup para comutação para modo *offgrid* em caso de falha da rede.

Quando faz sentido usar a SMA Backup:

- Se queres **alimentação de toda a casa** (ou quase) durante apagões;
- Se já tens ou vais instalar a **bateria SMA Home Storage**;
- Se queres uma solução “automática” de *backup*, não só uma tomada de *backup*;
- Se vives num local onde apagões são frequentes ou queres estar mais independente da rede.

O sistema anterior pode ter o investimento faseado começando sem o *backup* de baterias.

Sistema *offgrid* com apoio da rede (elementos básicos):

Unidade de produção – Conjunto de painéis fotovoltaicos (paralelo de 5 painéis em série):

- 10 painéis PV Eurener MEPV 450 W = 4,5kW, – Voc = 40,24v

Inversor/Carregador *offgrid* a 48v com entrada para gerador ou rede:

- Inversor/carregador Victron Multiplus 48/5000/70-100 com 5kW

Controlador/regulador solar:

- Victron SmartSolar 250/100 – máximo 5800w a 48v

Sistema de gestão:

- Victron Cerbo GX

Sistema de monitorização:

- Victron GX touch

Banco de baterias de 48v:

- 8 Baterias ácido-chumbo de 6v cada Rolls S6 L16 - HC de 512Ah ou 24 Baterias estacionárias de 2v cada BAE 6 PVS 660 de 595Ah

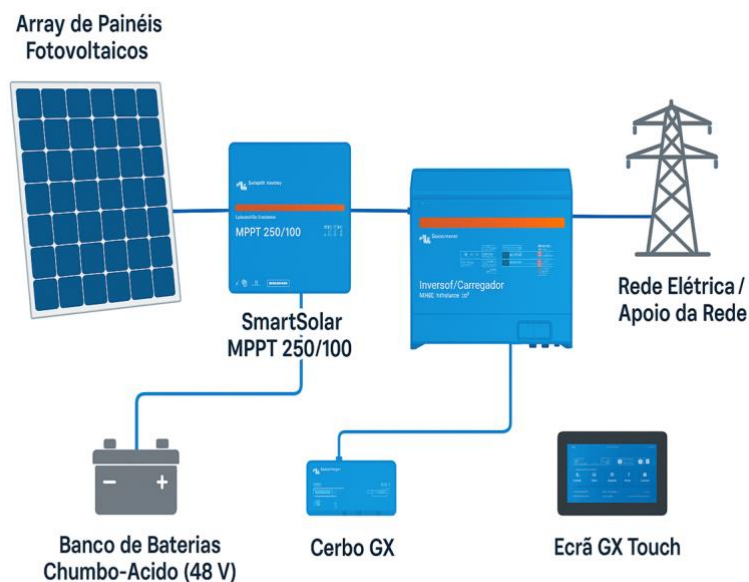


Figura 3: Esquema geral do sistema de energia eléctrica *offgrid*.

Com este sistema a rede estará ligada ao inversor pela entrada de apoio gerador/rede. O sistema pode ser programado para carregar as baterias com a rede quando o seu valor está abaixo de um determinado limite, ou a comutação pode ser manual para alimentação dos pontos de consumo directamente através de um comutador de duas vias instalado no quadro eléctrico (escolhemos o sistema de energia *offgrid* ou a rede). É possível automatizar esta comutação entre sistema solar *offgrid* e rede através de um dispositivo apropriado para o efeito.

O sistema *offgrid* necessita desde a sua utilização inicial de ter o banco de baterias instalado. Deste modo o investimento não pode ser faseado.

Em jeito de conclusão

Esperando que tenhas agora mais certezas do que dúvidas para avançares na construção do teu sistema elétrico fotovoltaico, desejo-te muito boa sorte nesse empreendimento.

De resto, e apesar de eu ter apresentado neste pequeno livro alguma informação técnica acerca do mundo da electricidade, espero que acima de tudo doravante contemples uma vida com menos interruptores e radiação eletromagnética à tua volta.

Afinal acredito que toda a vida neste mundo lograria se nos ocupássemos mais em vivermos lentamente, se nos recusássemos mais a acreditar na ideia de comer tanto e de comprar tanto, se preferíssemos mais a brincadeira e o ócio à depredação mercadológica e à produtividade a qualquer custo.

Que vida restará e que alegrias conheceremos, se nos tornarmos insaciáveis?



Paz para todos,

André Montanha