



SOLIENS

VIRTUAL ACADEMY

Introdução à Eletricidade (Parte 1)

1.0.1

Página propositalmente em branco para preservar formatação de impressão.



Índice

Lista de Figuras	4
Introdução	5
Corrente Elétrica	6
Força Eletromagnética	7
Entendendo o Conceito de Energia Elétrica	9
Usando Condutores para Fazer o Circuito	11
Potência (Watt).....	12
Fornecimento de Energia Elétrica	13
Mas como a energia elétrica é criada?.....	13
Fontes	14
Corrente Alternada	14
Corrente Contínua	18
Compreendendo as Direções	19
Fluxo Convencional.....	19
Fluxo Real	20
Terra	20
Associação de componentes	22
Conexões em Série.....	22
Conexões em Paralelo.....	24
Resistência.....	25
Unidades elétricas	32
Referências Bibliográficas.....	33

Lista de Figuras

Figura 1 – Circuito simples - Fonte: O Blog do Mestre (www.oblogdomestre.com.br).....	5
Figura 2 – Átomo e sua constituição – Fonte: Blog Lei de Ohm(www.leideohm.blogspot.com.br)	7
Figura 3 – Materiais existentes em um fio condutor - Fonte: Tecnologia do Globo (www.tecnologiadoglobo.com)	8
Figura 4 – Conceito de corrente elétrica – Fonte: pinimg.com	10
Figura 5 – Analogia da tensão elétrica. - Fonte: www.bosontreinamentos.com.br	10
Figura 6 – Circuito simples em série - Fonte: www.energiaeletrica.net	14
Figura 7 – Circuito alternado simples – Fonte: Wikipédia (www.wikipedia.com)	16
Figura 8 – Gerador de CA – Fonte: Wikipédia (www.wikipedia.com)	16
Figura 9 – Tipos de ondas - Fonte: BZ Tech (www.bztech.com.br).....	17
Figura 10 – Corrente Contínua – Fonte: Só Física (www.sofisica.com.br).....	18
Figura 11 – Circuito em série – Fonte: cfq-carolina-torres-9a.blogspot.com.br	23
Figura 12 - Circuito em paralelo – Fonte: cfq-carolina-torres-9a.blogspot.com.br	24
Figura 13 – Símbolo R de Resistência – Fonte: Murall (www.murall.com.br) ..	25
Figura 14 – Circuito com resistência – Fonte: Embarcados (www.embarcados.com.br)	26
Figura 15 – Analogia Ohm, Amp e Volt – Fonte: www.mundodaeletrica.com.br	28
Figura 16 – Resistor usada em circuitos – Fonte: (alunosonline.uol.com.br) ..	29
Figura 17 Energia Elétrica Fonte: Energy Book(www.energybook.info)	32
Figura 18 – Unidades Elétricas – Fonte: Blog do Eletricista (www.blogdeletricista.blogspot.com.br)	32

Introdução

Essa unidade destina-se a quem não tem familiaridade com as unidades elétricas e a eletrônica em si, portanto forneceremos aqui um material introdutório.

Você provavelmente tem alguma ideia sobre o que é a Eletrônica. Você está perto de vários aparelhos eletrônicos de consumo, como tocadores de mp3, equipamentos de som, computadores, câmeras digitais e televisores. Você sabe que debaixo de cada exterior existe uma variedade surpreendente de componentes minúsculos conectados juntos no modo certo para fazer algo acontecer. E agora você vai entender como.

Nesta unidade, você vai descobrir que os elétrons que se movem em harmonia formando uma Corrente Elétrica, que é moldada por eletrônica.

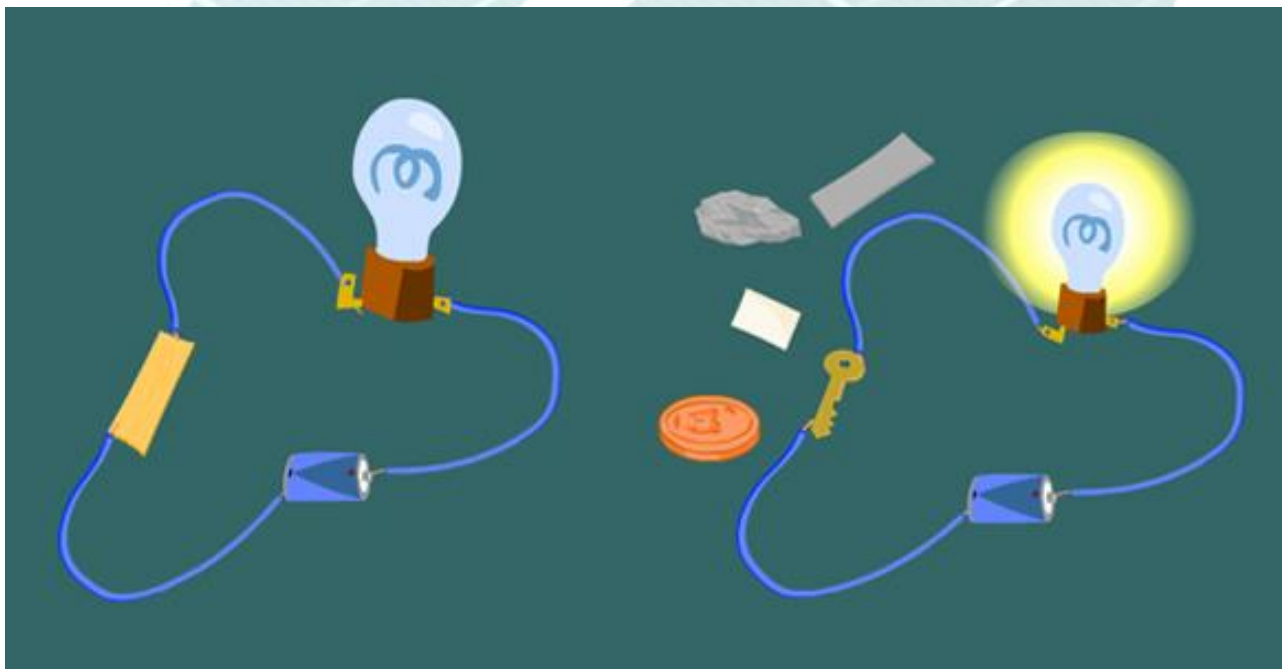


Figura 1 – Circuito simples - Fonte: O Blog do Mestre (www.oblogdomestre.com.br)

Quando você liga uma luz na sua residência, você está conectando uma fonte de Energia (geralmente fornecida pela sua companhia de energia ou por um sistema fotovoltaico) a uma lâmpada. Isso é conhecido como circuito elétrico.

Os sistemas elétricos, como os circuitos em sua casa, usam um corrente padrão para fazer coisas como lâmpadas trabalharem. Os sistemas eletrônicos controlam a corrente elétrica, mudando suas flutuações, direção e tempo de várias maneiras, a fim de realizar uma variedade de funções. Este controle é o que distingue os sistemas elétricos.

Corrente Elétrica

A corrente elétrica é o fluxo de cargas elétricas carregadas por pequenas partículas chamadas elétrons. Então, onde exatamente você encontra elétrons e como eles se movimentam?

Você encontra respostas dando uma espiada dentro do átomo. Os átomos são os blocos de construção naturais de tudo. Eles são tão pequenos que você pode encontrar milhões deles em uma única partícula de poeira! Os elétrons são encontrados em todos os átomos no universo, fora do centro do átomo, ou núcleo. Todos os elétrons têm uma carga elétrica negativa e são atraídos para partículas positivamente carregadas, conhecidos como prótons, que existem dentro do núcleo. A carga elétrica é uma espécie de força dentro de uma partícula, e as palavras 'positivo' e 'negativo' são usados para descrever as duas forças diferentes que expõem efeitos. (Podemos chamá-los 'norte' e 'sul').

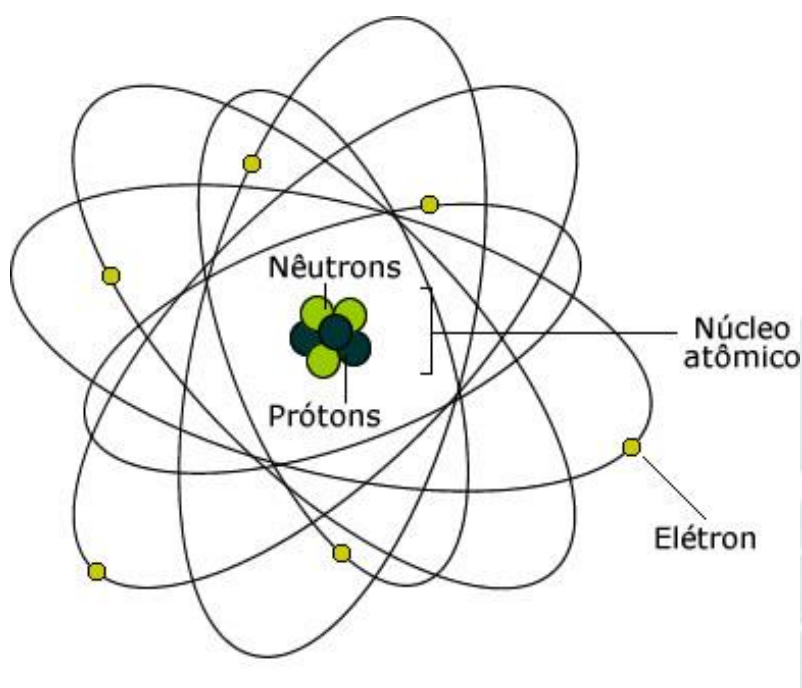


Figura 2 – Átomo e sua constituição – Fonte: Blog Lei de Ohm(www.leideohm.blogspot.com.br)

Em circunstâncias normais, um número igual de prótons e elétrons residem em cada átomo, e o átomo é dito ser eletricamente neutro.

Força Eletromagnética

A força entre os prótons e os elétrons, conhecida como força eletromagnética, age como cola invisível, mantendo as partículas atômicas juntas, como a força gravitacional da terra mantém a lua à vista. Os elétrons mais próximos do núcleo são mantidos no átomo com uma força maior do que os elétrons mais distantes do núcleo, e alguns átomos se agarram aos seus elétrons externos com uma grande força, enquanto outros são um pouco mais relaxados.

Materiais como ar, a madeira e o plástico, nos quais os elétrons estão todos firmemente ligados são isolantes - eles não gostam de deixar seus elétrons serem facilmente transportados por uma corrente elétrica. No entanto, outros materiais, como metais, são condutores porque têm elétrons "livres" que vagueiam entre os átomos, normalmente se movendo ao acaso.

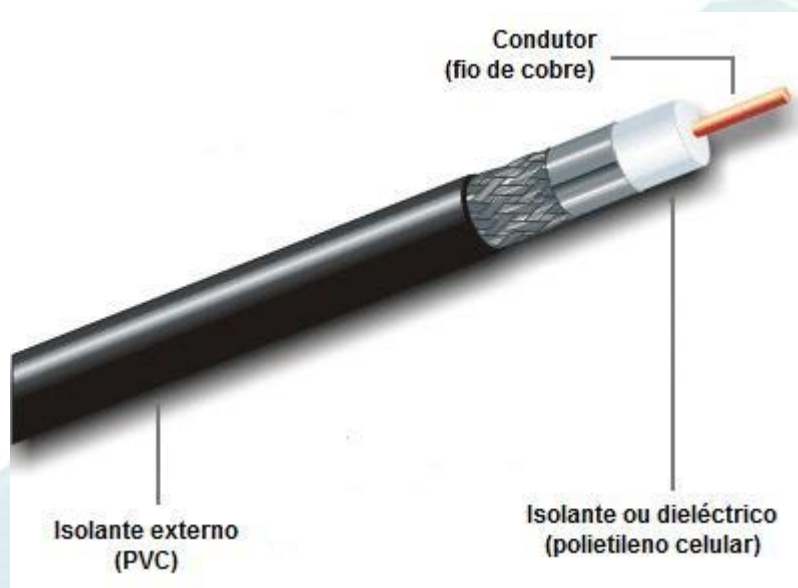


Figura 3 – Materiais existentes em um fio condutor - Fonte: Tecnologia do Globo

Quando você libera os elétrons com um impulso, todos eles tendem a se mover em uma direção e é aí que você tem uma corrente elétrica. Este fluxo é instantâneo pois todos esses elétrons livres, incluindo aqueles nas extremidades, movem-se ao mesmo tempo.

Um coulomb é definido como a carga transportada por $6,242 \times 10^{18}$ elétrons. Se um coulomb de carga passar por um ponto dentro de um Segundo, dizemos que a força da corrente elétrica é um ampère, ou um Amp (abreviado como A).

Entendendo o Conceito de Energia Elétrica

Uma corrente elétrica que flui em um condutor move a energia de sua fonte, tal como uma bateria, a um lugar onde possa fazer algo útil. Esse lugar poderia ser uma lâmpada, motor ou alto-falante, por exemplo. Esses objetos convertem a energia elétrica em outra forma de energia, como luz, calor ou energia mecânica. Desta forma, você faz o brilho do filamento, a rotação do motor ou a vibração do diafragma do alto-falante.

Como você não pode ver - e não necessariamente deseja tocar - as massas de elétrons, tente pensar sobre a água para ajudar a fazer sentido.

Uma única gota de água não pode fazer muito para ajudar um grupo inteiro de gotas de água para trabalhar em uníssono, temos que as unir através de um cano, direcionar o fluxo de água para um objeto (por exemplo, uma roda de água), e você pode colocar a energia da água resultante para um bom uso.

Assim como milhões de Gotas de água que se movem na mesma direção constituem uma corrente, também milhões de elétrons se movendo na mesma direção resultam em uma corrente elétrica. Dessa maneira, Benjamin Franklin veio com a ideia de que a eletricidade age como um líquido e tem propriedades semelhantes, como corrente e pressão.

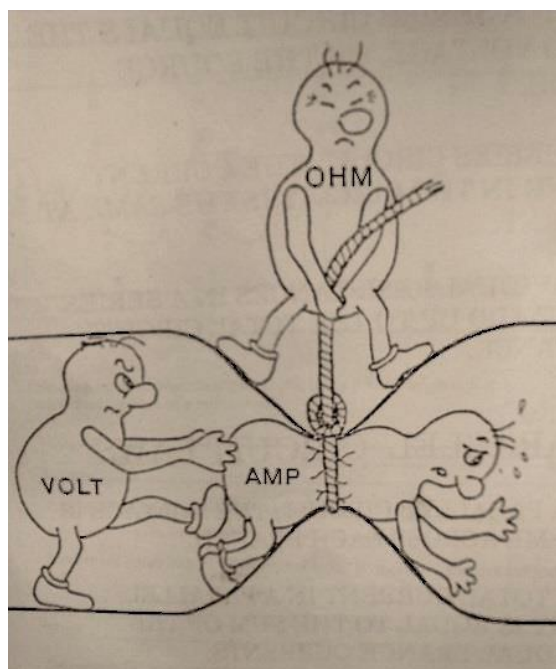


Figura 4 – Conceito de corrente elétrica – Fonte: pinimg.com

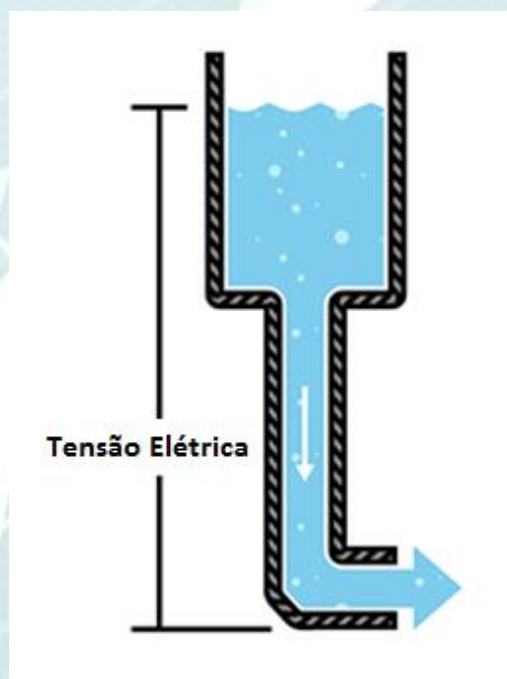


Figura 5 – Analogia da tensão elétrica. -
Fonte: www.bosontreinamentos.com.br

Tensão

Pense na tensão como pressão elétrica. Assim como a pressão da água empurra a água através de válvulas, a tensão envia elétrons através de fios e outros componentes do circuito. Quanto maior for a pressão, mais forte será o impulso e, portanto, quanto maior for a tensão, mais forte a corrente elétrica que é empurrada através de um circuito.

Você também pode ouvir os termos diferença de potencial, potencial de voltagem, potencial ou queda de tensão. Tente não deixar que esses termos diferentes o confundam. Nós discutiremos isso um pouco mais a frente.

Usando Condutores para Fazer o Circuito

Correntes elétricas não apenas fluem em qualquer lugar. (Se o fizessem, você estaria recebendo choques o tempo todo). Os elétrons só continuam fluindo se você fornecer um caminho condutor fechado, ou circuito, para que eles possam se mover e começar esse fluxo aplicando uma fonte de energia elétrica tal como uma bateria.

Cobre e outros condutores são comumente formados em fio para fornecer um caminho para o fluxo de elétrons livres, para que você possa direcionar energia elétrica para uma lâmpada ou qualquer outra parte. Tal como acontece com os tubos e a água, quanto mais livremente os elétrons fluem.

Se houver uma ruptura no caminho (um circuito aberto), os elétrons ficam presos. Imagine a água que flui através de um tubo aberto. A água flui por um curto tempo, mas depois para quando toda a água sai do tubo. Cada circuito

precisa de pelo menos três coisas básicas para garantir que os elétrons se energizem e entreguem sua energia a algo que precisa.

Para o circuito funcionar precisamos de:

✓ Uma fonte de eletricidade (ou energia elétrica): A fonte fornece a força que empurra os elétrons na reação em cadeia. Você pode também ouvir os termos fonte elétrica, fonte de alimentação, fonte de tensão e fonte de energia para descrever uma fonte de eletricidade.

✓ Uma carga: A carga é a coisa que usa a energia em um circuito (para por exemplo, uma lâmpada ou um alto-falante). Pense na carga como destino para a energia elétrica.

✓ Um caminho: Um caminho condutor fornece um fluxo para a corrente elétrica entre a fonte e a carga.

Potência (Watt)

Os elétrons criam força de trabalho. O trabalho é uma medida da energia que um dispositivo como uma lâmpada ou um motor usa sobre uma determinada quantidade de tempo quando você aplica uma tensão para ela. Quanto mais elétrons você empurrar, e quanto mais força você empurrá-los, mais energia elétrica fica disponível e mais trabalho pode ser feito.

A energia total utilizada no trabalho durante algum período de tempo é conhecida como Watt. A potência é calculada multiplicando a força (tensão) pela força do fluxo de elétrons (corrente):

Tensão x corrente = potência ou V (volt) x I (ampere) = P (watt).

Os cálculos de energia são realmente importantes em eletrônica. Se você energizar muitos elétrons em uma parte só, correrá o risco de gerar muita energia térmica e pode fritar essa parte. Muitas peças eletrônicas tem as potências máximas para que você evite entrar em uma situação de aquecimento.

Fornecimento de Energia Elétrica

Se você tomar um fio de cobre e organizá-lo em um círculo, torcendo as extremidades juntos, você acha que os elétrons livres fluem? Bem, os elétrons podem “dançar” um pouco, porque eles são tão fáceis de mover-se, mas a menos que uma força esteja puxando-os de uma maneira ou de outra, você não vai conseguir fazer a corrente para fluir.

Pense sobre o movimento da água que está apenas em um tubo fechado: a água pode saltar para cima e para baixo um pouco, mas não vai correr através do tubo por conta própria. Você precisa introduzir uma força para entregar a energia necessária para obter uma corrente fluindo através do tubo. Assim como um carro precisa de gasolina para andar, um circuito precisa de uma fonte de energia elétrica para funcionar.

Mas como a energia elétrica é criada?

Todas as fontes de energia elétrica tomam alguma forma de energia (por exemplo, mecânico, químico, calor ou luz) e convertem-nas. Porque diferentes fontes produzem diferentes tipos de corrente elétrica:

Corrente Contínua (conhecida como CC ou DC -*Direct Current*) e corrente alternada (conhecida como CA ou AC -*Alternating Current*).

✓ Corrente contínua é um fluxo constante de elétrons em uma direção, com pouca variação na força da corrente. As baterias produzem CC e a maioria dos circuitos eletrônicos usa CC.

✓ Corrente alternada é um fluxo flutuante de elétrons que continua mudando a direção para frente e para trás. As companhias de energia fornecem CA nas tomadas dentro das residências.

Fontes

O símbolo que é comumente usado para representar uma bateria em um diagrama é mostrado abaixo. O sinal positivo significa o cátodo e o sinal negativo significa o ânodo. Geralmente a tensão é mostrada ao lado do símbolo.

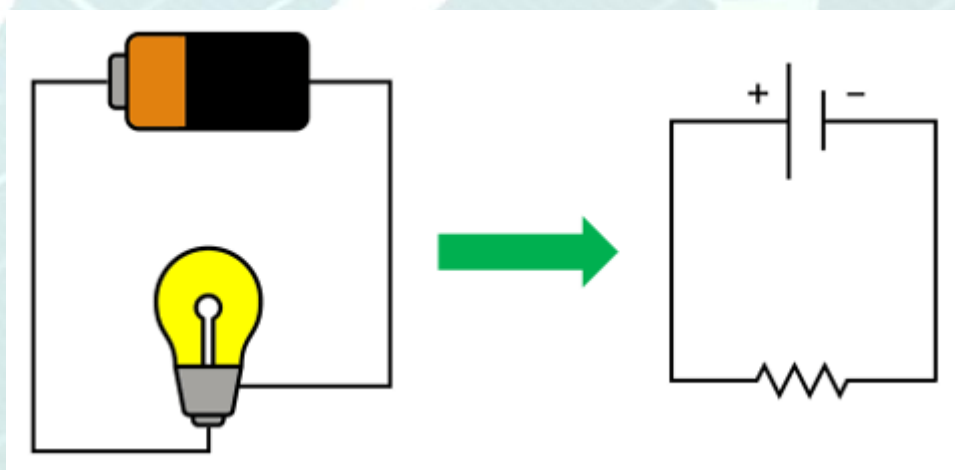


Figura 6 – Circuito simples em série - Fonte:
www.energiaeletrica.net

Corrente Alternada

Da fonte de energia quando você conecta uma luz em uma tomada elétrica em sua casa, você está usando energia elétrica proveniente de uma usina geradora. Plantas de geração convertem energia de recursos como água, carvão,

petróleo, gás natural, urânio ou energia solar em energia elétrica. É por isso que se diz que a energia elétrica é uma fonte de energia secundária: gerada através da conversão de uma fonte de energia primária.

Muitas plantas usam a energia térmica gerada por reações nucleares ou de combustíveis fósseis para transformar a água em vapor. Então o vapor exerce pressão sobre as aletas de uma turbina, fazendo com que ela gire.

As turbinas de usinas são conectadas a geradores eletromecânicos, que convertem a energia mecânica (o movimento da turbina) em energia elétrica. Um gerador contém uma bobina de fio dentro de um enorme ímã. Enquanto a turbina gira, gira a bobina do fio, e pronto! - Corrente elétrica é induzida no fio. Essa é apenas uma maneira técnica de dizer que algo induz o fluxo de elétrons, sem qualquer contato direto com o fio.

O fluxo de elétrons pode ser induzido movendo um fio perto de um ímã, ou movendo um ímã perto de um fio. Esta técnica é chamada de indução eletromagnética e funciona graças à estreita relação entre magnetismo e eletricidade. À medida que a bobina gira dentro do ímã, faz com que os elétrons fluam em uma direção, mas quando a bobina gira 180° graus, o ímã puxa os elétrons na outra direção novamente. Esta rotação cria uma Corrente Alternada (CA). Nas usinas de energia do Brasil, a bobina faz 60 rotações completas a cada segundo, o fluxo de elétrons muda de direção 120 vezes por segundo.

A rotação é chamada de ciclo. O número de ciclos por segundo na corrente é conhecida como frequência e é medida em unidades chamadas Hertz, abreviadas como Hz. Na Europa é comum gerar CA a 50 Hertz, nos Estados Unidos e muitos outros países usamos 60 Hertz como um padrão. No Brasil não é diferente.

A corrente alternada CA é transformada em tensões mais elevadas, para transmissão a longas distâncias. Quando a corrente atinge seu destino, ela é reduzida para baixas tensões (110/220 volts em algumas partes do Brasil, por exemplo) para distribuição em residências e empresas. O símbolo utilizado nos diagramas de circuito para uma tensão CA é \sim , como no diagrama abaixo:

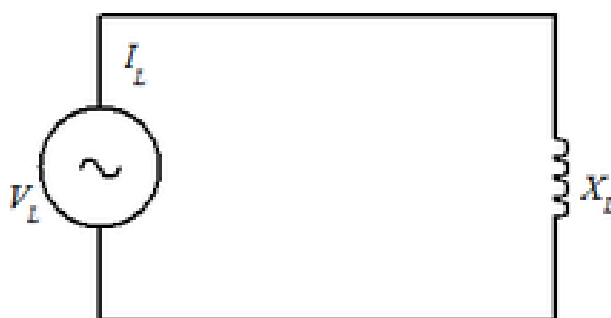


Figura 7 – Circuito alternado simples – Fonte: Wikipédia (www.wikipedia.com)

Exemplo de um gerador de corrente alternada (CA):

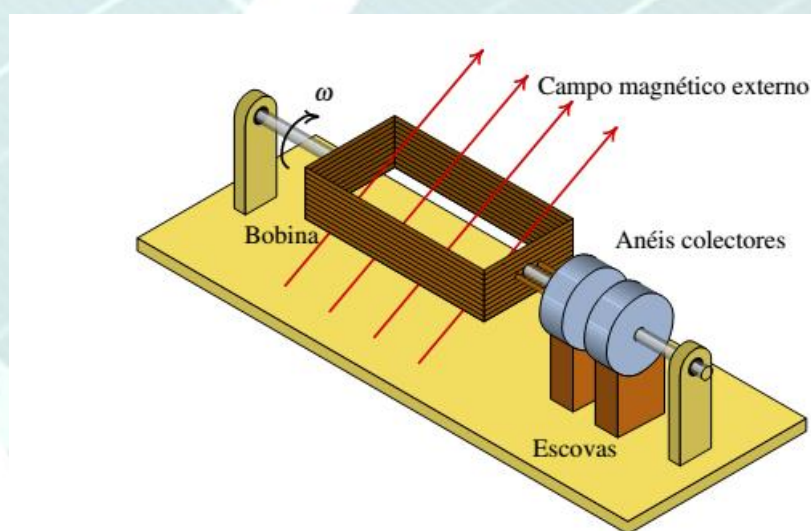


Figura 8 – Gerador de CA – Fonte: Wikipédia (www.wikipedia.com)

A corrente alternada CA está constantemente mudando, então você não pode descrever sua força com um único número, como você pode com corrente contínua CC. Uma maneira comum de discutir suas variações é olhar para uma forma de onda, ou o padrão da tensão ao longo do tempo. A forma de onda CA mostra como a tensão de mudança faz com que os elétrons fluam em uma direção (a região positiva do gráfico abaixo) e depois a outra (a área negativa):

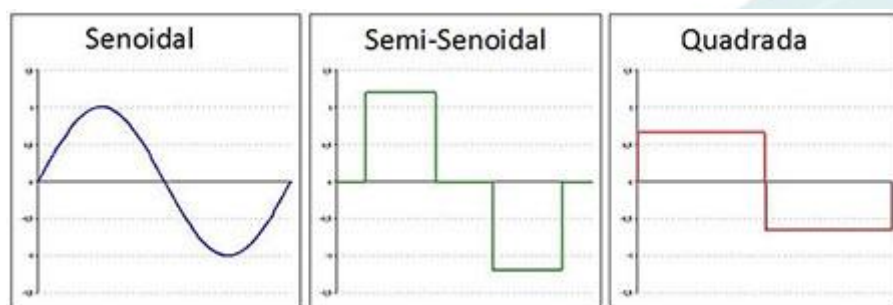


Figura 9 – Tipos de ondas - Fonte: BZ Tech (www.bztech.com.br)

A corrente instantânea é a intensidade da corrente em um único ponto no tempo, e a corrente de pico é a magnitude (valor absoluto) da corrente em seu ponto mais alto e mais baixo. Como você pode usar a função de seno matemática para calcular a corrente para um determinado tempo, as formas de onda de CA são frequentemente referidas como ondas senoidais.

Não precisa se preocupar, nós queremos apenas que você saiba o conceito de que a Corrente Alternada é formada por ondas senoidais.

Edison desenvolveu corrente contínua. Durante os primeiros anos de eletricidade, a corrente contínua foi o padrão nos EUA.

Tesla acreditava que a corrente alternada (ou AC) era a solução para este problema. A Feira Mundial de Chicago teve lugar em 1893. A General Electric fez uma oferta para eletrificar a feira usando a corrente direta de Edison por

US\$ 554.000, mas perdeu para George Westinghouse, que disse que poderia operar a feira por apenas US \$ 399 mil usando a corrente alternada da Tesla.

Nesse mesmo ano, a “Niagara Falls Power Company” decidiu conceder à Westinghouse - que tinha licenciado a patente de motor de indução de polifase AC de Tesla - o contrato para gerar energia de Niagara Falls. Embora alguns duvidassem de que as quedas pudessem alimentar a cidade de Buffalo em Nova York, Tesla estava convencido de que não só podia alimentar Buffalo, mas também todo o Leste dos Estados Unidos e posteriormente utilizada em todo o mundo.

Corrente Contínua

Corrente contínua CC (DC) é um fluxo de carga elétrica que sempre ocorre na mesma direção. A corrente não precisa sempre ter a mesma magnitude, mas se for definida como CC, a direção do fluxo da portadora de carga nunca vai ser revertida. Isto contrasta com a corrente alternada que varia a direção do fluxo.

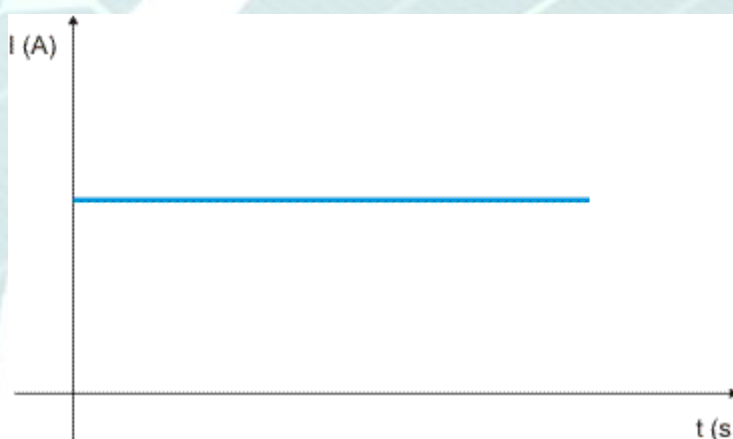


Figura 10 – Corrente Contínua – Fonte: Só Física (www.sofisica.com.br)

Fontes de corrente contínua incluem fontes de alimentação, células eletroquímicas e baterias, células e painéis fotovoltaicos. A intensidade, ou amplitude, de uma corrente contínua pode variar com o tempo, e esta flutuação

pode ser periódica. Em alguns desses casos, a CC tem um componente sobreposto a ele. Um exemplo disso é a saída de uma célula fotovoltaica que recebe um sinal de comunicações de luz modulada. Uma fonte de CC às vezes é chamada de gerador de CC.

Baterias e várias outras fontes de CC produzem uma tensão constante. Isso é chamado de CC puro e pode ser representado por uma linha reta, horizontal em um gráfico de tensão versus tempo. O pico e os valores eficazes são os mesmos. O valor de pico a pico é zero porque a amplitude instantânea nunca muda. Em alguns casos, o valor de uma tensão de corrente contínua pulsa ou oscila rapidamente com o tempo, de maneira semelhante às mudanças em uma onda de corrente alternada.

Compreendendo as Direções

Fluxo real do elétron v.s. Fluxo de corrente convencional

Os primeiros cientistas descreveram a corrente elétrica como o fluxo de uma carga indo de um terminal positivo para um terminal negativo. Muito mais tarde, os cientistas determinaram que na realidade os elétrons fluem de um terminal negativo para um terminal positivo. Mas o convencionalizado padrão. Descreve-se a direção da corrente elétrica em diagramas com uma seta que aponta à direção oposta do fluxo de elétrons real. Ou seja, da forma que os primeiros cientistas descreveram.

Fluxo Convencional

A corrente flui do lado positivo para o lado negativo, que é o contrário do fluxo real dos elétrons. Todas as descrições de circuitos eletrônicos usam corrente convencional, então se você vir uma seta representando o fluxo de

corrente em um diagrama de circuito, você sabe que está mostrando a direção do fluxo de corrente convencional.

O símbolo I , é usado para representar a Corrente, que é medida em amperes (ou ampères, abreviado para A). Nos circuitos CA, a corrente está constantemente invertendo o sentido. Então, como você mostra uma corrente em um diagrama de circuito? Qual caminho a ponta deve apontar? A resposta é que não importa. Você escolhe arbitrariamente uma direção para fluxo (conhecido como a direção de referência), e você deve rotular a corrente I . O valor de I flutua para cima e para baixo conforme a corrente alterna. Se o valor de I for negativo, isso significa apenas que a corrente (convencional) está fluindo no sentido oposto.

Fluxo Real

É o movimento dos elétrons e acontece do polo negativo para o polo positivo. Esse movimento se dá no sentido contrário ao do campo elétrico se os portadores forem negativos (caso dos condutores metálicos), e no mesmo sentido do campo, se os portadores forem positivos. Mas existem casos em que verificamos cargas se movimentando nos dois sentidos. Isso acontece quando o condutor apresenta os dois tipos de cargas livres.

Terra

Em eletricidade, o circuito de terra pode ter dois diferentes tipos de conexão:

1. É uma conexão direta com a terra - O pino central em um plugue de três pinos está ligado à terra. Atrás da tomada na parede há um fio que se conecta a uma haste de metal enterrada no chão. Isso fornece proteção extra para os circuitos, fornecendo um caminho para dispersar

correntes perigosas diretamente na terra. Um caminho direto para o chão - em vez de uma casa ou pessoa.

2. É uma conexão que usa o termo “terra flutuante” e refere-se a um circuito que não está conectado diretamente a terra, e sim ao circuito de “Neutro” e pode ser perigoso. É melhor ficar longe de tal circuito até que seja aterrado com segurança!

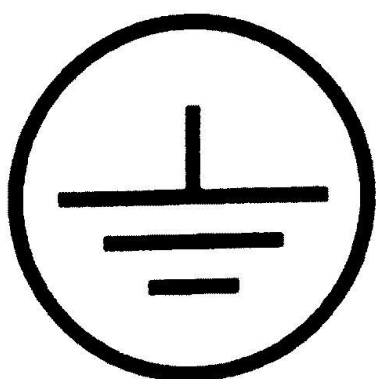


Figura 11 – Símbolo terra – Fonte: (www.pantojaindustrial.com)

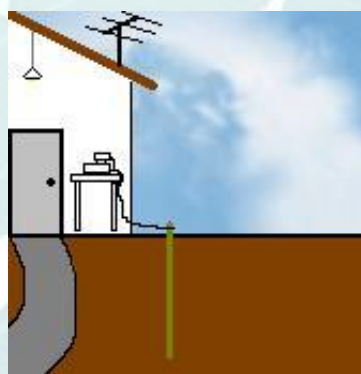


Figura 12 – Aterramento – Fonte: (www.pantojaindustrial.com)

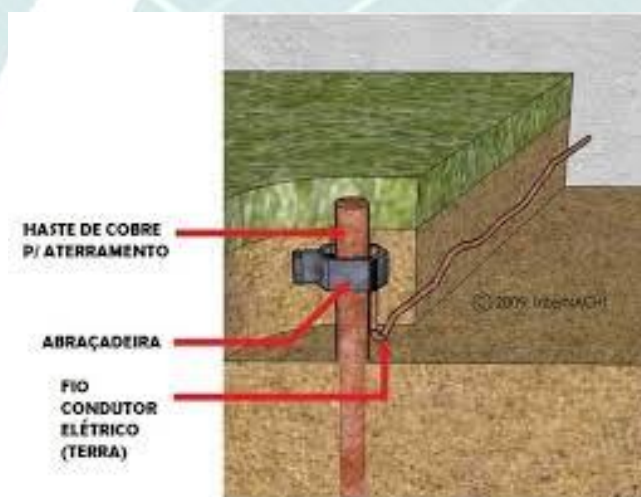


Figura 13 – Aterramento – Fonte: www.eletricistabrasil.com.br

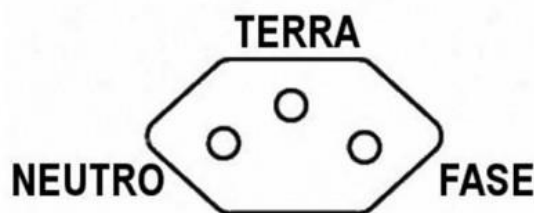


Figura 14 – Tomada padrão Brasil - Fonte: www.foxlux.com.br

Associação de componentes

Assim como você pode construir estruturas de todas as formas e tamanhos conectando tijolos ou peças juntas de várias maneiras, você também pode construir diferentes tipos de circuitos através da ligação de componentes eletrônicos. Exatamente como você conecta componentes em conjunto dita como eles fluem através do circuito e como a tensão é deixada cair durante todo o circuito.

Conexões em Série

No circuito de lâmpada simples que examinamos anteriormente nesta unidade a corrente flui do terminal positivo da bateria através do interruptor e, em seguida, através da lâmpada e volta para o terminal negativo da bateria. Este é um arranjo de um circuito em série, o que significa apenas que a corrente atravessa cada componente sequencialmente ou em série.

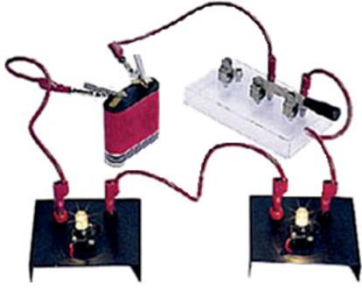
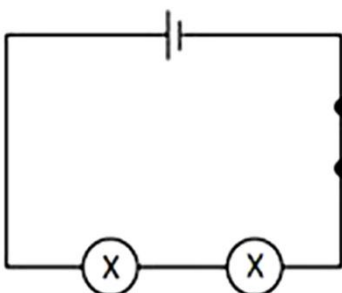
CIRCUITO	ESQUEMA
	

Figura 11 – Circuito em série – Fonte: cfq-carolina-torres-9a.blogspot.com.br

Duas coisas importantes que você precisa lembrar sobre os circuitos da série são:

✓ Cada componente tem a mesma corrente.

✓ A tensão fornecida pela fonte é dividida (não necessariamente uniformemente) entre os componentes. Se você adicionar as quedas de tensão em cada componente, você obtém a tensão de alimentação total.

Pode ocorrer um problema com circuitos em série: se um componente falhar, cria-se um circuito aberto, interrompendo o fluxo de corrente para cada circuito. Assim, se você tem 200 lâmpadas ligadas em série e uma delas queima, todas as lâmpadas se apagam.

Conexões em Paralelo

Você pode corrigir o problema de todos os componentes em um circuito em série, quando um componente falha, através da fiação dos componentes usando conexões paralelas, tal como no circuito abaixo.

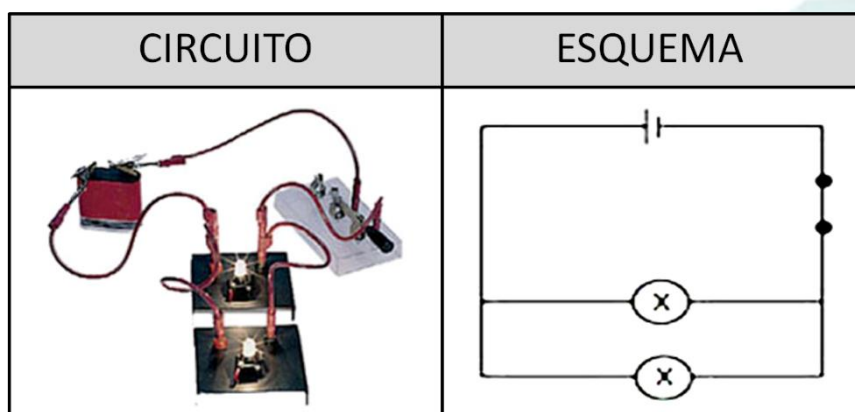


Figura 12 - Circuito em paralelo – Fonte: cfq-carolina-torres-9a.blogspot.com.br

Com um circuito paralelo, se algumas lâmpadas queimarem, as outras ficam acesas. Lâmpadas são constantemente instaladas em circuito paralelo. Como podemos ver na imagem acima, a corrente flui do positivo da bateria e, em seguida, divide-se em cada ramo do circuito, cada lâmpada obtém uma parte da corrente de suprimento. A corrente que flui através de uma lâmpada não flui através da outra lâmpada.

Em circuitos paralelos, a tensão entre cada ramo paralelo do circuito é a mesma. E quando você sabe como calcular a corrente fluindo em cada ramo do circuito, você pode ver que se você adicionar todas as correntes, você recebe a corrente total fornecida pela bateria.

Duas coisas importantes que você precisa lembrar sobre circuitos paralelos são:

✓ A tensão em cada ramo é a mesma.

✓ A corrente fornecida pela fonte é dividida entre os ramos. As correntes em cada ramo somam-se à corrente de suprimento total.

Para os mesmos componentes do circuito, conectando-os em paralelo eles puxam mais energia da fonte do que conectados em série. Se o seu circuito for alimentado por uma bateria, você precisa estar ciente de quanto tempo sua bateria pode fornecer a corrente necessária para o seu circuito.

A capacidade de uma bateria é medida em amp-horas. Uma bateria com uma classificação de um amp-hora dura apenas uma hora em um circuito desenhado para um ampere de corrente. Portanto, quando você decide qual fonte de energia usar para um circuito, você deve levar em conta tanto a corrente que um circuito requer e quanto tempo você deseja executar o circuito.

Resistência

Se você jogar um disco de mármore na areia, o disco não vai muito longe. Mas se você jogar esse mesmo disco na superfície de um grande lago congelado, o mármore desliza por muitos metros antes de eventualmente chegar a uma parada total. Uma força chamada fricção, freia o mármore em ambas as superfícies - no entanto, a areia fornece mais atrito do que o gelo.



Figura 13 – Símbolo R de Resistência – Fonte: Murall (www.murall.com.br)

A resistência na eletrônica é muito parecida com o atrito nos sistemas mecânicos: A resistência nada mais é do que os freios nos elétrons à medida que se movem através de materiais.

Neste capítulo, você verá exatamente o que é resistência, onde você pode encontrar resistência (em toda parte) e como você pode usá-la para sua vantagem selecionando resistências (quantidades controladas de resistência) para seus circuitos eletrônicos.

Você explora a relação íntima entre a tensão (a força elétrica que empurra elétrons) e corrente em componentes que têm resistência, que é resumido muito bem em uma equação muito simples com o seguinte nome: Lei de Ohm.

A resistência é uma medida da oposição de um objeto ao fluxo de elétrons. Esta oposição pode soar como algo ruim, mas na verdade é muito útil. A resistência é o que torna possível gerar calor e luz, restringir o fluxo da corrente elétrica quando necessário e garantir que a tensão correta seja fornecida a um dispositivo. Por exemplo, à medida que os elétrons percorrem o filamento de uma lâmpada, eles encontram tanta resistência que eles freiam muito. Trabalhar para superar a resistência produz calor, como quem queimou suas mãos tentando segurar uma corda em movimento sabe. O filamento tem uma resistência e produz tanto calor que acende.

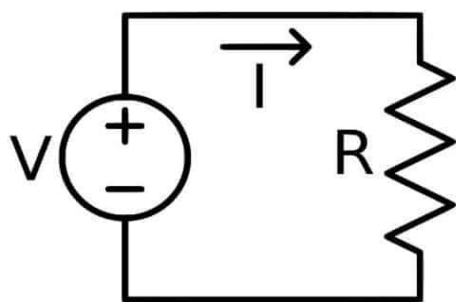


Figura 14 – Circuito com resistência – Fonte: Embarcados
(www.embarcados.com.br)

Tudo - mesmo o melhor condutor - exibe uma certa quantidade de resistência para o fluxo de elétrons. Quanto maior a resistência, mais restritivo o fluxo dessa corrente. Então, o que determina quanta resistência um objeto tem?

A resistência depende de vários fatores:

✓ **Material:** Alguns materiais permitem que elétrons livres transitem livremente, o que os faz Condutores, visto que outros prendem firmemente a todos seus elétrons, tornando-os isoladores. Os condutores têm uma resistividade menor que os isoladores porque eles fornecem menos resistência ao fluxo de corrente com o mesmo volume de material.

✓ **Área transversal:** Quanto maior o diâmetro, mais facilmente os elétrons se movimentam e menor a resistência ao seu movimento. Pense em água fluindo através de um tubo: quanto mais largo o tubo, mais fácil a água flui. A resistência varia inversamente com a área da seção transversal. Um fio de cobre com um diâmetro grande tem uma resistência mais baixa do que um fio de cobre com um pequeno diâmetro.

✓ **Comprimento:** Quanto mais longo o material, maior a resistência e mais oportunidades existem para que os elétrons colidam com outras partículas pelo caminho. A resistência varia diretamente com o comprimento do material.

✓ **Temperatura:** Para a maioria dos materiais, quanto maior a temperatura, maior a resistência. Temperaturas mais altas significam que as partículas dentro têm mais energia, então eles se movimentam muito mais, tornando mais difícil para os elétrons passarem. Imagine tentar fazer seu caminho através de uma estação de trem lotado - fazê-lo é sempre muito mais difícil se todo mundo está

correndo. Uma exceção notável é um dispositivo chamado termistor: aumente a temperatura de um termistor e você reduz a sua resistência de uma forma muito previsível. (Você pode imaginar como ele é útil em circuitos de sensores de temperatura.)



Figura 15 – Analogia Ohm, Amp e Volt – Fonte:
www.mundodaeletrica.com.br

Você usa o símbolo R para representar resistência em um circuito eletrônico. A resistência é medida em unidade chamada ohms, abreviadas com a letra grega ômega (Ω): quanto maior o valor do ohm, maior a resistência.

Um ohm é uma resistência tão pequena que é provável que você veja a resistência medida em quantidades maiores, como kilohms (kilo + ohm), que são milhares de ohms é abreviado $k\Omega$, ou megaohm (mega + ohm), que são milhões de ohms e é abreviado $M\Omega$.

Portanto, $1\ k\Omega = 1000\ \Omega$ e $1\ M\Omega = 1.000.000\ \Omega$.

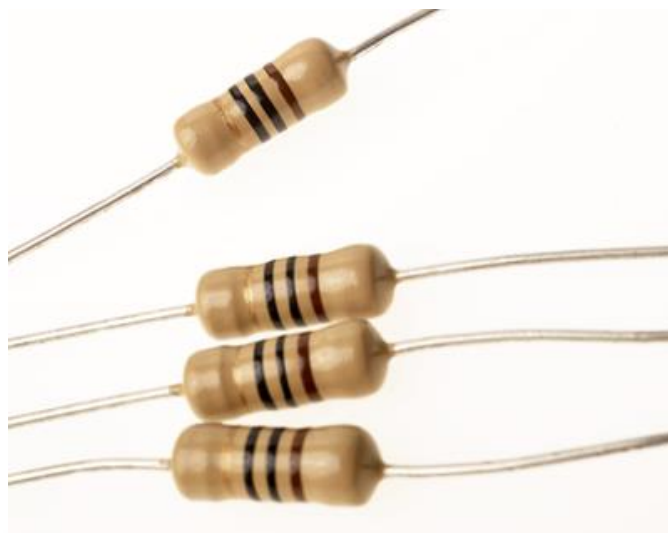


Figura 16 – Resistor usada em circuitos – Fonte: (alunosonline.uol.com.br)

A relação entre tensão (V) e corrente (I) em um componente com resistência (R) foi descoberto no início de 1800 por Georg Ohm, que deu seu nome para a unidade de resistência. Ele descobriu que para componentes com resistência fixa, tensão e corrente variam da mesma maneira: o dobro da tensão, e a corrente é dobrada; a metade da tensão e a corrente é reduzida para metade.

Ele resumiu esta relação de forma bastante agradável na matemática simples: Lei de Ohm.

$$V = R \times I$$

A Lei de Ohm estabelece que a tensão é igual à corrente multiplicada pela resistência, ou o que esta equação realmente significa é que a tensão (V) medida

através de um componente com uma resistência fixa é igual ao produto da corrente (I) fluindo através do componente e o valor da resistência (R).

Por exemplo, no circuito simples com uma bateria de 9 volts aplicada a uma resistência de $1\text{ k}\Omega$ produz uma corrente de 9 miliamperes (que é $0,009\text{ A}$) através do circuito:

Uma voltagem de 9 volts aplicada a um resistor de $1\text{ k}\Omega$ produz uma corrente de 9 Miliamperes.

A definição de um ohm, ou unidade de resistência, vem do trabalho de Georg Ohm. O ohm é definido como a resistência entre dois pontos de um condutor quando um volt aplicado através desses pontos produz um ampere de corrente através do condutor.

Para ajudá-lo a lembrar, pense na Lei de Ohm como uma Regra Muito Importante.

Ao usar a Lei de Ohm, preste atenção a suas unidades com cuidado. Certifique-se de que você sabe a diferença entre quilo e mili antes de você sair usando uma calculadora.

Se você pensar na Lei de Ohm como $\text{Volts} = \text{Amperes} \times \text{Ohms}$, você vai ficar bem. Por exemplo, uma lâmpada com uma resistência de corrente de 50 miliamperes. A maneira correta de realizar o cálculo é converter 50 miliamperes para $0,05$ amperes, e depois multiplicar por 100, para obter 5 volts.

Lembre-se de como você pode reorganizar os termos de uma equação contendo variáveis para resolver uma variável, desde que você conheça os valores das outras variáveis?

As mesmas regras se aplicam à Lei de Ohm. Você pode reorganizar seus termos para criar mais equações, para um total de três.

$$V = R \times I$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

Todas essas três equações dizem a mesma coisa, mas de maneiras diferentes. Você pode usa-las para calcular uma quantidade quando você conhece as outras duas. Qual usar vai depender do que você está tentando fazer. Por exemplo:

✓ Para calcular uma **tensão** desconhecida, multiplique a corrente vezes a resistência ($V = I \times R$). Por exemplo, se você tiver uma corrente de 2 miliamperes através de um resistor de 2 kΩ, a tensão em toda a resistência é 2 miliamperes × 2 Kilohms (ou 0,002 amps × 2000 ohms) = 4 volts.

✓ Para calcular uma **corrente** desconhecida, pegue a tensão e divida-a pela Resistência ($I = V / R$). Por exemplo, se 9 volts forem aplicados através de um resistor de 1 kΩ, a corrente é 9 volts / 1000 ohms = 0,009 amps ou 9 miliamperes.

✓ Para calcular uma **resistência** desconhecida, pegue a tensão e divida-a pela Corrente ($R = V / I$). Por exemplo, se você tiver 3,5 volts em um resistor com 10 miliamperes de corrente passando por ele, a resistência é de 3,5 volts / 0,01 amps = 350 ohms.



Figura 17 Energia Elétrica Fonte: Energy Book(www.energybook.info)

Unidades elétricas

Símbolo	Unidade
A	Ampere unidade de corrente
V	Volt unidade de tensão
W	Watt unidade de potencia
Ohm	Ohm unidade de resistencia
F	Farad unidade de capacitancia
Hz	Hz unidade de frecuencia

Figura 18 – Unidades Elétricas – Fonte: Blog do Eletricista (www.blogdeletricista.blogspot.com.br)

Esperamos que os conceitos tenham sido aprendidos com sucesso. Qualquer dúvida por favor nos envie pelo fórum.

Referências Bibliográficas

Alternative Energy Development: Michigan will be Nation's Leader in Alternative Energy Technology, Jobs" (PDF). State of Michigan, Office Of The Governor. Retrieved February 22, 2012.*

California Solar Rights Act". Retrieved February 25, 2012.*

A New Electronic Rectifier", L.O Grondahl & P.H. Geiger, Transactions, American Institution of Electrical Engineers, February 1927 pp. 358 – 366

A Performance Calculator. Rredc.nrel.gov. Retrieved on 2012-04-23.

Ahmad Mojiri, Robert A. Taylor, Elizabeth Thomsen, Gary Rosengarten, Spectral beam splitting for efficient conversion of solar energy — A review. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews 28, December 2013, Pages 654–663, doi: 10.1016/j.rser.2013.08.026

Al-Mohamad, Ali (2004). "Efficiency improvements of photo-voltaic panels using a Sun-tracking system". Applied Energy. 79 (3): 345–354. doi: 10.1016/j.apenergy.2003.12.004.

Amanda Cain (22 January 2014). "What Is a Photovoltaic Diesel Hybrid System?". RenewableEnergyWorld.com.

Anand Upadhyay (6 April 2015). "Brazil Announces Huge 350 MW Floating Solar Power Plant". CleanTechnica.com.

Andreas P. Friedrich, Helmuth Lemme The Universal Current Sensor. Sensorsmag.com (2000-05-01). Retrieved on 2011-12-22.

Andresen, Bjarne; R. Stephen Berry (May 1977). "Thermodynamics in finite time. I. The step-Carnot cycle". Physical Review A. 15: 2086–2093. Doi: 10.1103/PhysRevA.15.2086.

Andrew J. Robinson; Lynn Snyder-Mackler (2007). Clinical Electrophysiology: Electrotherapy and Electrophysiologic Testing (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins. p. 10. ISBN 978-0-7817-4484-3.

Andrews, Rob W.; Pearce, Joshua M. (2013). "The effect of spectral albedo on amorphous silicon and crystalline silicon solar photovoltaic device performance". Solar Energy. 91: 233–241. Doi: 10.1016/j.solener.2013.01.030.

Andrews, Rob W.; Pollard, Andrew; Pearce, Joshua M. (2013). "The Effects of Snowfall on Solar Photovoltaic Performance". Solar Energy. 92 (8497): 84–97. Doi: 10.1016/j.solener.2013.02.014.

Anthony C. Fischer-Cripps (2004). The electronics companion. CRC Press. p. 13. ISBN 978-0-7503-1012-3.

April 25, 1954: Bell Labs Demonstrates the First Practical Silicon Solar Cell". APS News. American Physical Society. 18 (4). April 2009.*

Army evaluating transportable solar-powered tents | Article | The United States Army. Army.mil (2010-12-08). Retrieved on 2013-07-17.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. —. NBR-10899: Energia Solar Fotovoltaica – Terminologia. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. —. NBR-11704: Sistemas Fotovoltaicos – Classificação. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. —. NBR-11876: Módulos Fotovoltaicos – Especificação. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. —. NBR-11877: Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. —. NBR-5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. —. NBR-5419: Proteção contra Descargas Atmosféricas. Rio de Janeiro, 2016.

B.H Khan, 'Non-Conventional Energy Resources', TMH Publications 01-01-2006

Bazilian, M.; Onyeji, I.; Liebreich, M.; MacGill, I.; Chase, J.; Shah, J.; Gielen, D.; Arent, D.; Landfear, D.; Zhengrong, S. (2013). "Re-considering the economics of photovoltaic power" (PDF). Renewable Energy. 53: 329–338. doi: 10.1016/j.renene.2012.11.029.

Beginners' Guide to Solar Trackers: How to Increase Output for Your Home Solar Panel System, 17 August 2011 (archived)

Boerema, Nicholas; Morrison, Graham; Taylor, Robert; Rosengarten, Gary (2012-09-01). "Liquid sodium versus Hitec as a heat transfer fluid in solar thermal central receiver systems". Solar Energy. 86 (9): 2293–2305. doi: 10.1016/j.solener.2012.05.001.

Boerema, Nicholas; Morrison, Graham; Taylor, Robert; Rosengarten, Gary (2013-11-01). "High temperature solar thermal central-receiver billboard design". Solar Energy. 97: 356–368. doi: 10.1016/j.solener.2013.09.008.

Boerema, Nicholas; Taylor, Robert A.; Morrison, Graham; Rosengarten, Gary (2015-09-01). "Solid-liquid phase change modelling of metallic sodium for application in solar thermal power plants". Solar Energy. 119: 151–158. doi: 10.1016/j.solener.2015.06.024.

BOXWELL, M. Solar Electricity Handbook: A Simple Practical Guide to Solar Energy (em inglês). [S.l.]:

Greenstream Publishing, 2013. 200 p. ISBN 978-1-907670-28-2

Branker, K.; Pathak, M.J.M.; Pearce, J.M. (2011). "A Review of Solar Photovoltaic Levelized Cost of Electricity". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15 (9): 4470–4482. doi: 10.1016/j.rser.2011.07.104. hdl:1974/6879.

Brennan, M.P.; Abramase, A.L.; Andrews, R.W.; Pearce, J. M. (2014). "Effects of spectral albedo on solar photovoltaic devices". *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 124: 111–116. Doi: 10.1016/j.solmat.2014.01.046.

Bullock, Charles E. and Peter H. Grambs. *Solar Electricity: Making the Sun Work for You*. Monegon, Ltd., 1981.

Bushong, Steven. "Advantages and disadvantages of a solar tracker system". *Solar Power World*. Retrieved 20 August 2016.

Calculation of Solar Insolation". *PVEducation.org*. Archived from the original on Jan 29, 2016.*

CASTAÑER, L. e MARKVART, T. *Practical handbook of photovoltaic: fundamentals and applications* (em inglês). [S.l.]: Ed. Elsevier, 2003. ISBN 1-85617-390-9

CERAGIOLI, Paulo César. *Manual de Energia Solar Fotovoltaica*. 1997

Chen, Fu-hao; Pathreker, Shreyas; Kaur, Jaspreet; Hosein, Ian D. (2016-10-31). "Increasing light capture in silicon solar cells with encapsulants incorporating air prisms to reduce metallic contact losses". *Optics Express*. 24 (22). doi:10.1364/oe.24.0a1419. ISSN 1094-4087.

Chow, T. T. (2010). "A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology". *Applied Energy*. 87 (2): 365–379. doi: 10.1016/j.apenergy.2009.06.037.

Chow, T. T. (2010). "A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology". *Applied Energy*. 87 (2): 365–379. doi: 10.1016/j.apenergy.2009.06.037.

Comparing Photovoltaic (PV) Costs and Deployment Drivers in the Japanese and U.S. Residential and Commercial Markets" (PDF). <http://www.nrel.gov/NREL.gov>. June 2014. pp. 16, 27. Archived from the original on 24 September 2014. Retrieved 24 September 2014. External link in |website= (help)*

Concentrix Solar: Concentrator Modules". Retrieved 2008-12-03.*

Crawford, Mark. "DOE's Born-Again Solar Energy Plan," *Science*. March 23, 1990, pp. 1403-1404. "Waiting for the Sunrise," *Economist*. May 19, 1990, pp. 95+.

Dan Fink, www.homepower.com Charge Controller Buyer's Guide, January 2012

Darul'a, Ivan; Stefan Marko (2007). "Large scale integration of renewable electricity production into the grids" (PDF). *Journal of Electrical Engineering*. 58 (1): 58–60. ISSN 1335-3632. Retrieved 2008-02-10.

Daten und Fakten at the Wayback Machine (archived July 19, 2011). Pellworm island website (in German)

Dickon Ross, Cathleen Shamieh, and Gordon McComb - *Electronics for Dummies* (em inglês) – Wiley – 2010 - ISBN 978-0-470-68178-7

Drif, M.; Perez, P. J.; Aguilera, J.; Aguilar, J. D. (2008). "A new estimation method of irradiance on a partially shaded PV generator in grid-connected photovoltaic systems". *Renewable Energy*. 33 (9): 2048–2056. doi: 10.1016/j.renene.2007.12.010.

Edelson, Edward. "Solar Cell Update," *Popular Science*. June, 1992, p. 95.

EDN.com Solar power anti-islanding and control, 7 August 2012

El-Sharkawi, Mohamed A. (2005). *Electric energy*. CRC Press. pp. 87–88. ISBN 978-0-8493-3078-0.

Erica Goodemay, *New Solar Plants Generate Floating Green Power*, *New York Times*, 20 May 2016.

Example of diy PV system with pictures. *Instructables.com* (2007-11-05). Retrieved on 2012-04-23.

Falling silicon prices shakes up solar manufacturing industry. *Down To Earth* (19 September 2011). Retrieved 20 April 2014.

FERNÁNDEZ SALGADO, José M.. *Guía completa de la energía solar fotovoltaica* (em espanhol). [S.l.]: A. Madrid Vicente, 2008. 296 p. ISBN 978-84-96709-12-6

FORBES, Justin Gerdes, *Solar Energy Storage About To Take Off In Germany and California*, 18 July 2013

Foukal, Peter; et al. (1977). "The effects of sunspots and faculae on the solar constant". *Astrophysical Journal*. 215: 952. Bibcode:1977ApJ...215.952F. doi: 10.1086/155431.

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. "World Record Solar Cell with 44.7% Efficiency". *Fraunhofer ISE*.

Fraunhofer ISE Levelized Cost of Electricity Study, November 2013, p. 19

Fraunhofer ISE report, archived version as per September 2014 (archived PDF)

Gevorkian, Peter (2007). *Sustainable energy systems engineering: the complete green building design resource*. McGraw Hill Professional. ISBN 978-0-07-147359-0.

Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018" (PDF). www.epia.org. EPIA - European Photovoltaic Industry Association. Archived from the original on 12 June 2014. Retrieved 12 June 2014.*

Go Power Electric RV and Marine Solar Power Solutions

Gordon Wigan (trans. and ed.), *Electrician's Pocket Book*, Cassel and Company, London, 1884

Graham, Michael. (2005-10-15) Low-cost PV solar kit preferred by diy-communities. Treehugger.com. Retrieved on 2012-04-23.

GREENPRO.EnergiaFotovoltaica: ManualdeTecnologias, ProjectoeInstalação.Disponível em:<http://greenpro.de/po/fotovoltaico.pdf>.2004

Grid-Tied Inverter Safety. Homepower.com. Retrieved on 2012-04-23.

Griffiths, David J. (1999). Introduction to electrodynamics (3. ed., reprint. With corr. ed.). Upper Saddle River, NJ [u.a.]: Prentice-Hall. ISBN 0-13-805326-X.

H. T. Nguyen and J. M. Pearce, Incorporating Shading Losses in Solar Photovoltaic Potential Assessment at the Municipal Scale, Solar Energy 86(5), pp. 1245–1260 (2012). Source:

HEGEDUS, S. y LUQUE, A.. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering (em inglês). [S.l.]: John Wiley and Sons, 2011. 1132 p. ISBN 978-0-470-72169-8.

Heidari, N., Gwamuri, J., Townsend, T., Pearce, J.M. (2015). Open access Impact of Snow and Ground Interference on Photovoltaic Electric System Performance. IEEE Journal of Photovoltaics 5(6),1680-1685, (2015).

HIAM, Alexander - Marketing for Dummies 3rd Edition 2009

History of average turn-key prices for rooftop PV systems up to 100 kWp in Germany. photovoltaik-guide.de, pv-preisindex since 2009, using month of January figures, and Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar), September 2009, page 4, quarterly figures from EUPD-Researchfor, data for years 2006–2008. Used exchange rate of 0.74 euro-cents per US\$.*

History of Solar Energy". <http://exploringgreentechnology.com/>. Retrieved 29 April 2015. External link in |website= (help)*

Hosein, Ian D.; Lin, Hao; Ponte, Matthew R.; Basker, Dinesh K.; Saravanamuttu, Kalaichelvi (2013-11- 03). "Enhancing Solar Energy Light Capture with Multi-Directional Waveguide Lattices". Optical Society of America. doi: 10.1364/OSE.2013.RM2D.2.

How much energy will my solar cells produce?". Retrieved 2012-05-30.*

Howard M. Berlin, Frank C. Getz, Principles of Electronic Instrumentation and Measurement, p. 37, Merrill Pub. Co., 1988 ISBN 0-675-20449-6.

<http://blog.totvs.com/ficha-tecnica-de-produto/>

<http://energyinformative.org/potential-of-solar-energy/> Willson, Richard C.; H.S. Hudson (1991). "The Sun's luminosity over a complete solar cycle". Nature. 351 (6321): 42–4. Bibcode: 1991Natur.351...42W. doi: 10.1038/351042a0.

<http://www.9wsyr.com/news/local/story/Solvay-Electric-using-solar-panels-on-utility/4fFgF35JP0yyCmRElazaQg.csp>

http://www.academia.edu/1499891/Incorporating_Shading_Losses_in_Solar_Photovoltaic_Potential_Assessment_at_the_Municipal_Scale

http://www.academia.edu/4074627/Simple_and_lowcost_method_of_planning_for_tree_growth_and_lifetim_e_effects_on_solar_photovoltaic_systems_performance

http://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/egon/pvt/pdf/is-es03_lca.pdf

<http://www.engeworks.com.br/eventos.asp?pagina=c2>

<http://www.iea.org> (2014). "Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Energy" (PDF). IEA. Archived from the original on 7 October 2014. Retrieved 7 October 2014.

<http://www.imsconstrutora.com.br/?p=6552>

<http://www.inmetro.gov.br/prodcert/>

http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publication/s/IRENA_Power_to_Change_2016.pdf

<http://www.mutua.com.br/art/o-que-e-art>

<http://www.solar-electric.com> All About Maximum Power Point Tracking (MPPT)

<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>

Hunt, Bruce J (1994). "The Ohm Is Where the Art Is: British Telegraph Engineers and the Development of Electrical Standards" (PDF). Osiris. 2nd. 9: 48–63. doi: 10.1086/368729. Retrieved 27 February 2014.

Hunt, Tam. "Spain and Portugal Lead the Way on Renewable Energy Transformation". Renewable Energy World.

Hybrid Wind and Solar Electric Systems". <http://energy.gov>. DOE. 2 July 2012. External link in |website= (help)*

Innovative Electrical Concepts at the Wayback Machine (archived March 18, 2009). International Energy Agency (2001) site7. Ecotourisme.ch. Retrieved on 2012-04-23.

Installations of Buildings – Part 7-712: Requirements for Special Instalations or Locations – Solar Photovoltaic (PV) Power Supply Systems. 2013

INTERNATIONAL ELETROTECNICAL COMISSION – IEC 60364-7-712: Electrical

INTERNATIONAL ELETROTECNICAL COMISSION – IEC 62446: Grid Connected

INTERNATIONAL ELETROTECNICAL COMISSION – IEC TS 62548: Photovoltaic

Introduction to Photovoltaics (em inglês). [S.l.]: Ed. Jones & Bartlett, 2011. 218 p.

Introduction to Solar Radiation". Newport Corporation. Archived from the original on Oct 29, 2013.*

It's payback time for home generation. BBC News (2010-06-22). Retrieved on 2012-04-23.

J. M. Pearce (2009). "Expanding Photovoltaic Penetration with Residential Distributed Generation from Hybrid Solar Photovoltaic + Combined Heat and Power Systems". *Energy*. 34: 1947–1954. doi: 10.1016/j.energy.2009.08.012.

Joern Hoppmann; Jonas Volland; Tobias S. Schmidt; Volker H. Hoffmann (July 2014). "The Economic Viability of Battery Storage for Residential Solar Photovoltaic Systems - A Review and a Simulation Model". ETH Zürich, Harvard University. Retrieved March 2015. Check date values in: `|access-date=` (help)

John Quiggin (January 3, 2012). "The End of the Nuclear Renaissance |". *National Interest*.

Kajihara, Atsushi, and A. T. Harakawa. "Model of photovoltaic cell circuits under partial shading." *Industrial Technology*, 2005. ICIT 2005. IEEE International Conference on. IEEE, 2005.

Ken Darrow and Mike Saxenian *Appropriate Technology Sourcebook at the Wayback Machine* (archived September 22, 2010). villageearth.org

Komp, Richard J. *Practical Photovoltaics*. Aatec Publications, 1984. *Making and Using Electricity from the Sun*. Tab Books, 1979.

Korech, Omer; Gordon, Jeffrey M.; Katz, Eugene A.; Feuermann, Daniel; Eisenberg, Naftali (2007-10-01). "Dielectric microconcentrators for efficiency enhancement in concentrator solar cells". *Optics Letters*. 32 (19). doi: 10.1364/OL.32.002789. ISSN 1539-4794.

Kyocera and Century Tokyo Leasing to Develop 13.4MW Floating Solar Power Plant on Reservoir in Chiba Prefecture, Japan, Kyocera, December 22, 2014

Kyocera, partners announce construction of the world's largest floating solar PV Plant in Hyogo prefecture, Japan". *SolarServer.com*. 4 September 2014.*

Lakatos, John; Oenoki, Keiji; Judez, Hector; Oenoki, Kazushi; Hyun Kyu Cho (March 1998). "Learn Physics Today!". Lima, Peru: Colegio Dr. Franklin D. Roosevelt. Archived from the original on 2009-02-27 Retrieved 2009-03-10.

Lashkaryov, V. E. (1941) Investigation of a barrier layer by the thermoprobe method, *Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Fiz.* 5, 442–446, English translation: *Ukr. J. Phys.* 53, 53–56 (2008)

Law, Edward W.; Kay, Merlinde; Taylor, Robert A. (2016-02-01). "Calculating the financial value of a concentrated solar thermal plant operated using direct normal irradiance forecasts". *Solar Energy*. 125: 267–281. doi: 10.1016/j.solener.2015.12.031.

Law, Edward W.; Prasad, Abhnil A.; Kay, Merlinde; Taylor, Robert A. (2014-10-01). "Direct normal irradiance forecasting and its application to concentrated solar thermal output forecasting - A

review". *Solar Energy*. 108: 287–307. doi: 10.1016/j.solener.2014.07.008.

Levelized Cost of Electricity—Renewable Energy Technologies" (PDF). <http://www.ise.fraunhofer.de>. Fraunhofer ISE. November 2013. p. 4. Archived from the original on 3 August 2014. Retrieved 3 August 2014. External link in `|website=` (help) "Crossing the Chasm" (PDF). Deutsche Bank Markets Research. 27 February 2015. p. 9. Archived from the original on 1 April 2015.*

Light management for reduction of bus bar and gridline shadowing in photovoltaic modules - IEEE Xplore Document". ieeexplore.ieee.org. Retrieved 2017-02-27.*

Light sensitive device" U.S. Patent 2,402,662 Issue date: June 1946*

List of Eligible SB1 Guidelines Compliant Photovoltaic Modules

Liu, B. Y. H.; Jordan, R. C. (1960). "The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation". *Solar Energy*. 4 (3): 1. Bibcode:1960SoEn....4....1L. doi:10.1016/0038-092X(60)90062-1.

M. Bazilian; I. Onyeji; M. Liebreich; et al. (2013). "Re-considering the economics of photovoltaic power" (PDF). *Renewable Energy* (53). Archived from the original on 31 August 2014. Retrieved 31 August 2014.

M. Mostofi, A. H. Nosrat, and J. M. Pearce, "Institutional-Scale Operational Symbiosis of Photovoltaic and Cogeneration Energy Systems" *International Journal of Environmental Science and Technology* 8(1), pp. 31–44, 2011. Available open access: [1]

M.J.M. Pathak, P.G. Sanders, J. M. Pearce, Optimizing limited solar roof access by exergy analysis of solar thermal, photovoltaic, and hybrid photovoltaic thermal systems. In: *Applied Energy*, 120, pp. 115–124 (2014). doi: 10.1016/j.apenergy.2014.01.041

Map-Photovoltaic Resource of the United States

Mavrokefalos, Anastassios; Han, Sang Eon.; Yerci, Selcuk; Branham, M.S.; Chen, Gang. (June 2012). "Efficient Light Trapping in Inverted Nanopyramid Thin Crystalline Silicon Membranes for Solar Cell Applications". *Nano Letters*. 12 (6): 2792–2796. Bibcode:2012NanoL..12.2792M. doi:10.1021/nl2045777.

Milton Kaufman. *Handbook of electronics calculations for engineers and technicians*. McGraw-Hill.

Mingareev, I.; Berlich, R.; Eichelkraut, T. J.; Herfurth, H.; Heinemann, S.; Richardson, M. C. (2011-06-06). "Diffraction optical elements utilized for efficiency enhancement of photovoltaic modules". *Optics Express*. 19 (12). doi: 10.1364/OE.19.011397. ISSN 1094-4087.

Murray, Charles J. "Solar Power's Bright Hope," *Design News*. March 11, 1991, p. 30.

Naidu, M.S.; Kamataru, V. (1982), High Voltage Engineering, Tata McGraw-Hill, p. 2, ISBN 0-07-451786-4

Napa Valley's Far Niente Winery Introduces first-ever Floatovoltaic solar array" (PDF). Far Niente.*

Napa Winery Pioneers Solar Floatovoltaics". Forbes. 18 April 2012. Retrieved 31 May 2013.*

NATIONAL FIRE PROTECTION AGENCY – National Electric Code. 2014

New Solar Plants Generate Floating Green Power NYT May 20, 2016

New study: Hybridising electricity grids with solar PV saves costs, especially benefits state-owned utilities". SolarServer.com. 31 May 2015.*

NREL.gov Residential, Commercial, and Utility-Scale Photovoltaic (PV) System Prices in the United States, p.6 February 2012

Otanicar, T.P.; Taylor, R. A.; Telang, C. (2013). "Photovoltaic/thermal system performance utilizing thin film and nanoparticle dispersion based optical filters". Journal of Renewable and Sustainable Energy. 5: 033124. doi: 10.1063/1.4811095.

P. Derewonko and J.M. Pearce, "Optimizing Design of Household Scale Hybrid Solar Photovoltaic + Combined Heat and Power Systems for Ontario", Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2009 34th IEEE, pp.1274–1279, 7–12 June 2009.

Pathak, M.J.M.; Pearce, J.M.; Harrison, S.J. (2012). "Effects on amorphous silicon photovoltaic performance from high-temperature annealing pulses in photovoltaic thermal hybrid devices". Solar Energy Materials and Solar Cells. 100: 199–203. arXiv: 1203.1216Freely accessible. doi: 10.1016/j.solmat.2012.01.015.

Pathak, M.J.M.; Girotra, K.; Harrison, S.J.; Pearce, J.M. (2012). "The Effect of Hybrid Photovoltaic Thermal Device Operating Conditions on Intrinsic Layer Thickness Optimization of Hydrogenated Amorphous Silicon Solar Cells". Solar Energy. 86: 2673–2677. doi: 10.1016/j.solener.2012.06.002.

Pearce, Joshua (2002). "Photovoltaics – A Path to Sustainable Futures". Futures. 34 (7): 663–674.doi: 10.1016/S00163287(02)00008-3.

Pearce, Joshua. M; Adegboyega Babasola; Rob Andrews (2012). "Open Solar Photovoltaic Systems Optimization". Proceedings of the 16th Annual National Collegiate Inventors and Innovators Alliance Conference. NCIIA: 1–7.

People building their own solar systems from kits. Greenplanet4energy.com. Retrieved on 2012-04-23.

PEREIRA, Filipe.; OLIVEIRA, Manuel. Curso Técnico Instalador de Energia Solar Fotovoltaica. Porto: Publindústria, 2015

Phillips Erb, Kelly (19 August 2013). "Out Of Ideas And In Debt, Spain Sets Sights On Taxing The Sun". Forbes. Retrieved 20 November 2014.

Photovoltaic Design and Installation For Dummies, Mayfield Ryan, 2010.

Photovoltaic System Pricing Trends – Historical, Recent, and Near-Term Projections, 2014 Edition" (PDF). NREL. 22 September 2014. p. 4. Archived from the original on 29 March 2015.*

Photovoltaic System Pricing Trends – Historical, Recent, and Near-Term Projections, 2014 Edition" (PDF). NREL. 22 September 2014. p. 4. Archived from the original on 29 March 2015.*

Photovoltaic Systems – Minimum Requirements for System Documentation, Commissioning Tests and Inspection. 2009

Photovoltaic... Cell, Module, String, Array" (PDF). WordPower—Ian Woofenden. 2006. Retrieved August 2015. Check date values in: |access-date= (help)*

Photovoltaics Report" (PDF). Fraunhofer ISE. 28 July 2014. Archived from the original on 31 August 2014. Retrieved 31 August 2014.*

Photovoltaik-Preisindex" [Solar PV price index]. PhotovoltaikGuide. Retrieved 30 March 2015. Turnkey net-prices for a solar PV system of up to 100 kilowatts amounted to Euro 1,240 per kWp.*

Phys.org A novel solar CPV/CSP hybrid system proposed, 11 February 2015

Pico Solar PV Systems for Remote Homes – A new generation of small PV systems for lighting and communication" (PDF). IEA-PVPS. January 2014.*

Power Shift: DFJ on the lookout for more power source investments. Draper Fisher Jurvetson. Retrieved 20 November 2005.

Pumping Water with Sunshine". Retrieved 7 January 2014.*

PV Education.org Module Materials

PV operation and maintenance costs. (PDF) . Retrieved on 2012-04-23.

PV resources website, Hybrid power station accessed 10 Feb 08

PV Status Report 2013 | Renewable Energy Mapping and Monitoring in Europe and Africa (REMEA). Iet.jrc.ec.europa.eu (11 April 2014). Retrieved 20 April 2014.

PV Thermal". Solarwall. Retrieved 15 February 2017. *

QUASCHNING, V. Understanding Renewable Energy Systems. London: Earthscan, 2006

Quaschnig, Volker (2003). "Technology fundamentals—The sun as an energy resource". Renewable Energy World. 6 (5): 90–93.

RACKHAM, Neil - Alcançando Excelência em Vendas – Spin Selling.

Rahmani, R.; Fard, M.; Shojaei, A.A.; Othman, M.F.; Yusof, R., A complete model of stand-alone photovoltaic array in MATLAB-Simulink environment, 2011 IEEE Student Conference on Research and Development (SCORED), pp 46–51, 2011.

Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.

Reflective Coating Silicon Solar Cells Boosts Absorption Over 96 Percent. Scientificblogging.com (2008-11-03). Retrieved on 2012-04-23.

Regan Arndt and Dr. Ing Robert Puto. Basic Understanding of IEC Standard Testing For Photovoltaic Panels. Available: <http://tuvamerica.com/services/photovoltaics/ArticleBasicUnderstandingPV.pdf>

Renewable Energy in Hybrid Mini-Grids and Isolated Grids: Economic Benefits and Business Cases". Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance. May 2015.*

Renewable Energy Policy Network for the 21st century (REN21), Renewables 2010 Global Status Report, Paris, 2010, pp. 1–80.

Requirements for Solar Installations". bootsontheroof.com. 2011. Retrieved March 31, 2011.*

Residential Photovoltaic Metering and Interconnection Study

Richard C. Jaeger, Travis N. Blalock, Microelectronic circuit design, pp.46–47, McGraw-Hill Professional, 2003 ISBN 007-250503-6.

Rob Andrews and Joshua M. Pearce, "Prediction of Energy Effects on Photovoltaic Systems due to Snowfall Events" in: 2012 38th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC). Presented at the 2012 38th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), pp. 003386–003391. Available: DOI open access

Rob Andrews, Andrew Pollard, Joshua M. Pearce, "Improved parametric empirical determination of module short circuit current for modelling and optimization of solar photovoltaic systems", Solar Energy 86, 2240–2254 (2012). DOI, open access

Rob W. Andrews, Andrew Pollard, Joshua M. Pearce, A new method to determine the effects of hydrodynamic surface coatings on the snow shedding effectiveness of solar photovoltaic modules. Solar Energy Materials and Solar Cells 113 (2013) 71–78. open access

Romanognoles - http://www.romagnole.com.br/produtos/estrutura_solar

Rozario, J.; Vora, A.H.; Debnath, S.K.; Pathak, M.J.M.; Pearce, J.M. (2014). "The effects of dispatch strategy on electrical performance of amorphous silicon-based solar photovoltaic-thermal systems". Renewable Energy. 68: 459–465. doi: 10.1016/j.renene.2014.02.029.

Rozario, Joseph; Pearce, Joshua M. (2015). "Optimization of annealing cycles for electric output in outdoor conditions for amorphous silicon photovoltaic-

thermal systems". Applied Energy. 148: 134–141. doi: 10.1016/j.apenergy.2015.03.073.

Running Out of Precious Land? Floating Solar PV Systems May Be a Solution". EnergyWorld.com. 7 November 2013.*

Ryan Mayfield, Photovoltaic Design and Installation for Dummies, Wiley Publishing, Inc., 2010 ISBN 978-0-470-59893-1 pages 10–200

S.A. Kalogirou, Y. Tripanagnostopoulos (30 January 2006). These systems are most often used for domestic hot water (DHW) and electricity production

Santbergen, R; R.J.C. van Zolingen (22 October 2007). "The absorption factor of crystalline silicon PV cells: A numerical and experimental study". Solar Energy Materials & Solar Cells.

SCHENCK, Barbara Findlay - Small Business Marketing for DUMmIES 2nd Edition 2005

Sears, Francis; et al. (1982), University Physics, Sixth Edition, Addison Wesley, ISBN 0-201-07199-1

Service Lifetime Prediction for Encapsulated Photovoltaic Cells/Minimodules, A.W. Czanderna and G.J. Jorgensen, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO.

Shockley, William; Queisser, Hans J. (1961). "Detailed Balance Limit of Efficiency of p-n Junction Solar Cells" (PDF). Journal of Applied Physics. 32 (3): 510. Bibcode:1961JAP....32..510S. doi:10.1063/1.1736034.

Short Of Land, Singapore Opts For Floating Solar Power Systems". CleanTechnica. 5 May 2014.*

Smil, Vaclav (1991). General Energetics: Energy in the Biosphere and Civilization. Wiley. p. 369.

Smil, Vaclav (2003). Energy at the Crossroads: Global Perspectives and Uncertainties. MIT Press. p. 443.

Smil, Vaclav (2006). Energy at the Crossroads (PDF). Organisation for Economic Co-operation and Development.

Smith, Clare (2001). Environmental physics. London, United Kingdom: Routledge. ISBN 0-415-20191-8. "battery" (def. 4b), Merriam-Webster Online Dictionary (2009). Retrieved 25 May 2009.

Snapshot of Global PV 1992-2014" (PDF). <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=32>. International Energy Agency — Photovoltaic Power Systems Programme. 30 March 2015. Archived from the original on 30 March 2015. External link in `|website=` (help)*

Solar Cells. chemistryexplained.com

Solar Panel Comparison Table". Retrieved 2012-10-21.*

Solar Panels Floating on Water Could Power Japan's Homes, National Geographic, Bryan Lufkin, January 16, 2015

Solar photovoltaics: Competing in the energy sector". European Photovoltaic Industry Association (EPIA). 2011-09-01. Retrieved 2014-04-05.*

Solar Power (Photovoltaic, PV)". Agriculture and Agri-Food Canada. Retrieved 5 February 2010.*

Solar Power World Solar Panels. Planning Portal. Retrieved on 2013-07-17.

Solar Rises in Malaysia During Trade Wars Over Panels". New York Times. 12 December 2014. Plunging Cost Of Solar PV (Graphs). CleanTechnica (7 March 2013). Retrieved 20 April 2014.*

Solar Well Pumps". Retrieved 7 January 2014.*

Space-Based Solar Power". energy.gov. 6 March 2014. Retrieved 29 April 2015.*

Stephen A. Dyer, Wiley Survey of Instrumentation and Measurement', John Wiley & Sons, 2004 ISBN 0471221651, p.290

Stetson, H.T. (1937). Sunspots and Their Effects. New York: McGraw Hill.

Sunflower Floating Solar Power Plant In Korea". CleanTechnica. 21 December 2014.*

T. L. Lowe, John Rounce, Calculations for A-level Physics, p. 2, Nelson Thornes, 2002 ISBN 0-7487-6748-7.

Tabor, H. Z.; Doron, B. (1990). "The Beith Ha'Arava 5 MW(e) Solar Pond Power Plant (SPPP)--Progress Report". Solar Energy.

Tam Hunt (9 March 2015). "The Solar Singularity Is Nigh". Greentech Media. Retrieved 29 April 2015.

Taylor, R.A.; Otanicar, T.; Rosengarten, G. (2012). "Nanofluid-based optical filter optimization for PV/T systems". Light: Science & Applications. 1: e34. doi: 10.1038/lsa.2012.34.

Taylor, R.A.; Otanicar, T.; Herukerrupu, Y.; Bremond, F.; Rosengarten, G.; Hawkes, E.; Jiang, X.; Coulombe, S (2013). "Feasibility of nanofluid-based optical filters". Applied Optics. 52 (7): 1413–1422. doi:10.1364/AO.52.001413. PMID 23458793.

Technological advantages. Mecasolar.com. Retrieved on 2012-04-23.

Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Energy" (PDF). IEA. 2014. Archived from the original on 7 October 2014. Retrieved 7 October 2014.*

Tesla launches Powerwall home battery with aim to revolutionize energy consumption". Associated Press. May 1, 2015.*

The Nobel Prize in Physics 1921: Albert Einstein", Nobel Prize official page*

The Sun and Climate". U.S. Geological Survey Fact Sheet 0095-00. Retrieved 2005-02-21.*

The Worst Metric in Renewables: 'The Payback Period'. Renewable Energy World (2010-04-19). Retrieved on 2012-10-01.

Thermal insulation — Heat transfer by radiation — Physical quantities and definitions". ISO 9288:1989. ISO catalogue. 1989. Retrieved 2015-03-15.*

Thompson, Silvanus P. (2004), Michael Faraday: His Life and Work, Elibron Classics, p. 79, ISBN 1-4212-7387-X "gigohm: Definition from". Answers.com. Retrieved 2013-09-16.

Tiwari, G. N.; Singh, H. N.; Tripathi, R. (2003). "Present status of solar distillation". Solar Energy.

Tritt, T.; Böttner, H.; Chen, L. (2008). "Thermoelectrics: Direct Solar Thermal Energy Conversion". MRS Bulletin.

Tsokos, K. A. (28 January 2010). Physics for the IB Diploma Full Colour. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-13821-5.

Types of PV systems. Florida Solar Energy Center (FSEC), a research institute of the University of Central Florida.

Uematsu, T; Yazawa, Y; Miyamura, Y; Muramatsu, S; Ohtsuka, H; Tsutsui, K; Warabisako, T (2001-03-01). "Static concentrator photovoltaic module with prism array". Solar Energy Materials and Solar Cells. PVSEC 11 - PART III. 67 (1-4): 415–423. doi: 10.1016/S0927-0248(00)00310-X.

Ursula Eicker, Solar Technologies for Buildings, Wiley 2003, ISBN 0-471-48637-X, page 226

US Solar Market Grew 41%, Had Record Year in 2013 | Greentech Media

VENTRE, JERRY AUTOR. Photovoltaic systems engineering. CRC press, 2004.

Vikram Solar commissions India's first floating PV plant". SolarServer.com. 13 January 2015.*

We And Our World. D.A.V. College Managing Committee. From the book/ We And Our World

Werner Siemens (1860), "Vorschlag eines reproducibaren Widerstandsmaasses", Annalen der Physik und Chemie (in German), 186 (5), pp. 1–20, doi:10.1002/andp.18601860502

Winery goes solar with Floatovoltaics". SFGate. 29 May 2008. Retrieved 31 May 2013.*

Y. Tripanagnostopoulos, M. Souliotis, R. Battisti, A. Corrado "APPLICATION ASPECTS OF HYBRID PV/T SOLAR SYSTEMS" http://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/egon/pvt/pdf/is-es03_lca.pdf

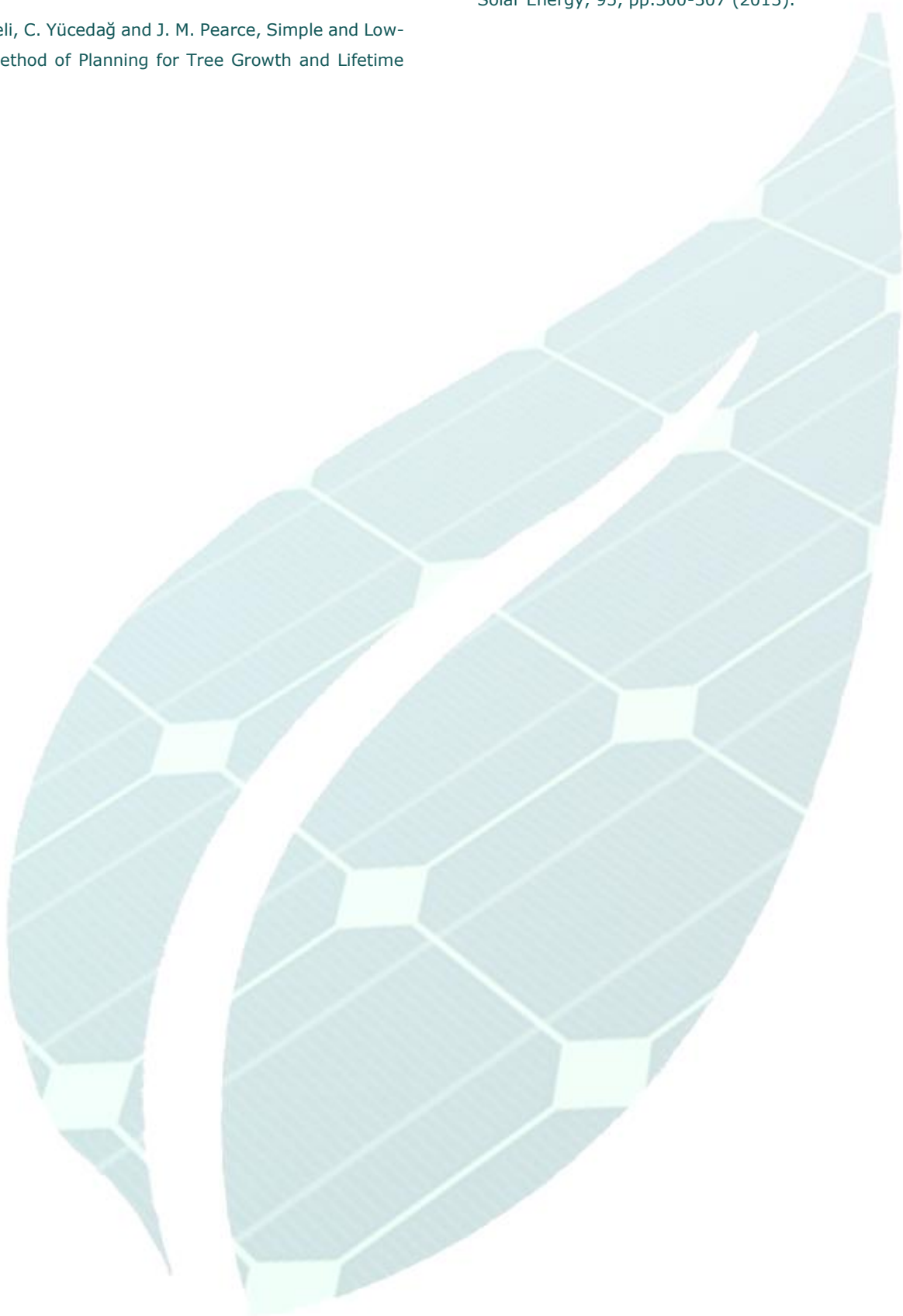
Yamakura Dam in Chiba Prefecture". The Japan Dam Foundation. Retrieved 1 February 2015.*

Yaskell, Steven Haywood (31 December 2012). Grand Phases On The Sun: The case for a mechanism

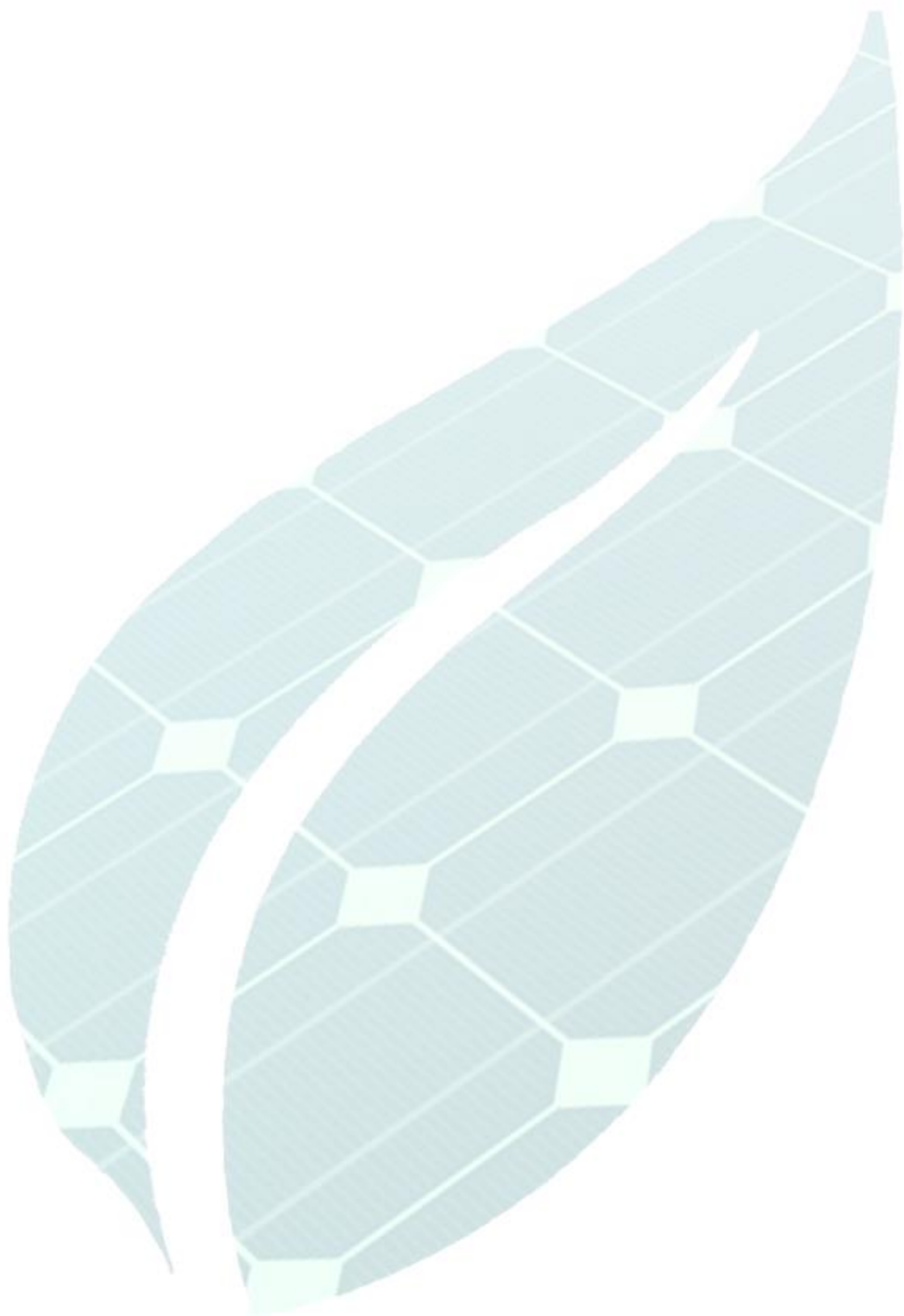
responsible for extended solar minima and maxima.
Trafford Publishing. ISBN 978-1-4669-6300-9.s

Z. Dereli, C. Yücedağ and J. M. Pearce, Simple and Low-
Cost Method of Planning for Tree Growth and Lifetime

Effects on Solar Photovoltaic Systems Performance,
Solar Energy, 95, pp.300-307 (2013).



Página propositalmente em branco para preservar formatação de impressão.





SOLIENS

WWW.SOLIENS.COM.BR

CONTATO@SOLIENS.COM.BR