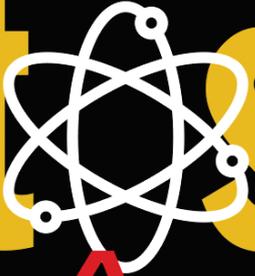


Elementos



de *Eletrodinâmica*

& Um passeio no Lago

A ENERGIA
PODE SER
CRIADA?
É DESTRUÍDA?

O Lago Paranoá é uma dádiva de **Brasília**.
É uma entidade ímpar no âmago da **Capital Federal**

Veja os principais tipos de energia

- >> Energia Solar
- >> Energia Eólica
- >> Energia Geotérmica
- >> Entre Outras.

Energia e Potência Elétrica

- >> Energia e Potência
- >> Corrente Elétrica
- >> Resistores
- >> Saiba mais.

LAGO PARANOÁ

E A VERSATILIDADE

A SERVIÇO

DOS BRASILIENSES

Este material pode ser utilizado como material de apoio nas aulas de eletromagnetismo no Ensino Médio, também estudado independentemente pelo leitor interessado sobre diversos aspectos do Lago Paranoá

ÍNDICE

pg.

1 FONTES DE ENERGIA

- > Utilização da energia 3
- > Princípios básicos de uma hidrelétrica 4
- > Hidrelétrica de Balbina 5

2 DESCOBRINDO O LAGO PARANOÁ

- > Um pouco de história 6
- > Algumas características do Lago 6
- > O Lago 7

3 ENERGIA E POTÊNCIA ELÉTRICA

- > Energia e Potência 8
- > Corrente e resistores elétricos 9
- > Usina Hidrelétrica e Lago Paranoá 11

4 TRANSMISSÃO DE ENERGIA

- > Transmissão de energia elétrica 11

5 CONSUMO

- > Valores de Resistividade 12
- > Descrição do sistema CEB 14
- > Tensões de Fornecimento 15
- > Consumo 16
- > Medição e cobrança da energia elétrica 17
- > Conta de energia elétrica 18
- > Atividades Propostas 18

Introdução

O Lago Paranoá é uma dádiva de Brasília. É uma entidade ímpar no âmago da Capital Federal, possuidor de uma beleza incontestável que alivia o estresse diário do brasiliense. Além da performance paisagista, o Lago Paranoá é também responsável por amenizar o período de seca no Distrito Federal e fomentar uma parcela geração de energia elétrica que abastece a cidade. Nos últimos anos, o Lago também tem atraído a atenção dos indivíduos que vivem e visitam Brasília, avançando o seu potencial turístico. Apesar de tamanha relevância à sociedade brasiliense, o Lago Paranoá é pouco estudado nas escolas de educação básica, sobretudo nas escolas de Brasília. Com isso, na tentativa de aproveitar a enorme demanda de conteúdos que podem ser discutidos a partir das riquezas temáticas do Lago Paranoá, elaboramos este material didático, o qual aborda, numa ótica interdisciplinar, os aspectos históricos, geográficos e físicos desse importante ecossistema. Contudo, é relevante destacar, que, o principal objeto de estudo deste material é o papel do Lago Paranoá como elemento relevante na geração de energia elétrica para o Distrito Federal.



Nesse sentido, os capítulos deste livro foram concebidos de maneira tal que o leitor compreenda os aspectos históricos da construção do Lago Paranoá, entendendo a relevância deste lago artificial para toda a sociedade brasiliense. Além disso, este recurso didático também pretende relacionar as informações citadas anteriormente ao processo de geração, transmissão e consumo de energia elétrica. Sendo assim, os capítulos foram assim distribuídos: no Capítulo 1 o enfoque foi dado às fontes de energia, ressaltando as hidrelétricas e seu princípio de funcionamento; o Capítulo 2, intitulado Descobrimos o Lago Paranoá, discute a história e a geografia do Lago Paranoá, bem como as atividades econômicas e sociais que atualmente ocorrem nos seus arredores; no Capítulo 3, foram discutidos os conceitos de Energia e Potência Elétrica, relacionando-os com dados reais da usina hidrelétrica do Paranoá; o Capítulo 4, foi destinado a explicar como ocorre a transmissão de energia elétrica desde a usina hidrelétrica até as nossas casas, no qual mais uma vez, foram utilizados dados originários de Brasília; no Capítulo 5, discutimos sobre o consumo da energia elétrica, explicando como é calculada a conta de energia elétrica de uma residência, bem como deliberando estratégias de economia de energia.

Por fim, gostaríamos de ressaltar que este material pode ser utilizado como apoio nas aulas de eletromagnetismo no Ensino Médio, e também estudado por qualquer leitor que queira aprender um pouco mais sobre diversos aspectos do Lago Paranoá, bem como sobre a geração, transmissão e consumo de energia elétrica. Esperamos assim, que o material cumpra o requisito de ser uma fonte qualificada de pesquisa a respeito das temáticas supracitadas e que, principalmente, proporcione uma leitura e um aprendizado agradável a todos que o acessarem.

Idealizadores da revista

Professor Dr. Fábio Ferreira Monteiro
Professor Dr. Ronni Geraldo de Amorim
Professor Itevaldo Pereira

Utilização da energia

Neste capítulo, abordaremos alguns benefícios da energia elétrica, bem como, as formas de energia e suas transformações.

Pensemos um pouco. Como seria o dia a dia dos nossos ancestrais sem o conforto da energia elétrica? Casas sem refrigeradores, ar condicionado, telefone, games, TV. E a nossa internet? Por outro lado, poderia ser até melhor! A família toda reunida para conversar. Os mais velhos poderiam transmitir suas experiências aos mais novos.

Com o passar do tempo e a evolução do pensamento científico, a humanidade pôde perceber diferentes formas de energia, dentre elas podemos citar: a mecânica, térmica, luminosa, elétrica, química, etc. Se for considerado em todas as formas em que ela se apresenta, a energia total de um sistema isolado, ou seja, aquele que não interage com o meio exterior, é constante. Essa consideração nos leva ao princípio da conservação da energia, enunciada, independentemente, por Joule, Mayer e Helmholtz, em torno do ano de 1850.

Segundo esse princípio, a energia total do universo é constante. Dessa forma, nos processos observados na natureza a grandeza energia pode ser transferida de um sistema para outro sem que ocorra diminuição ou aumento em sua totalidade.

Levantamento de conhecimentos prévios

- Discuta com seus colegas algumas formas de energia que você conhece;
- Cite algumas situações em que ocorreu transformação de energia;
- Em último caso, qual é a fonte da energia oriunda da queima de combustíveis fósseis e das hidrelétricas?
- A energia pode ser criada? E destruída?
- A energia elétrica pode ser chamada de energia limpa?
- É possível citar situações em que a geração de energia elétrica pode ocasionar algum tipo de desastre ambiental?

EM um sistema isolado ocorre a conservação apenas de um tipo de energia ou ocorre conservação da energia total?

DISCUTA com seu colega ao lado as formas de energia observadas durante a oscilação de um pêndulo simples livre de forças dissipativas.

SABE-SE que a energia não pode ser criada ou destruída e sim transformada de uma forma em outra. Então, de que modo a energia elétrica é obtida nas usinas hidrelétricas?

Embora a definição de energia não seja muito elementar, associa-se a ela, de forma bastante simplificada, a sua capacidade de realizar trabalho. Nesse sentido, a energia do combustível é capaz de mover veículos automotores. Da mesma forma, a energia química dos alimentos é responsável pelo funcionamento do nosso corpo. Assim, como a energia solar é responsável, dentre outras coisas, pelo aquecimento das massas de ar, que por sua vez geram ventos que podem impulsionar cataventos ou locomover embarcações a vela.

Mas nossa realidade é bem diferente. Nascermos sob os benefícios da energia elétrica que se manifesta através das maravilhas tecnológicas. Sem que percebamos dependemos de usinas hidrelétricas, transporte de massa, boas colheitas, sistemas interligados de comunicações, satélites etc.

É o preço do progresso. Sem energia pode haver civilização? Pode ocorrer desenvolvimento?

Sem o domínio da energia não teríamos mandado um homem a Lua ou uma nave a Marte. Não poderíamos usufruir dos meios de transporte que tornam possível o acesso a grandes distâncias ou usufruir dos benefícios da mecanização.

Notadamente, no século XVIII, através da utilização da Máquina a Vapor, utilizadas para remover água das minas de carvão na Inglaterra, teve início a Revolução Industrial que caracterizou a relevância da utilização do uso de energia como fonte primária que tornava

possível as atividades industriais e circulação de mercadorias de forma mais rápida e eficiente em substituição à força dos cavalos e aos braços dos operários.

Na última metade do século XIX, após a utilização exaustiva das máquinas a vapor, novas formas de energia começaram a ser empregadas nas atividades diárias da indústria em ascensão. Iniciou-se assim, o domínio de outras fontes como a energia elétrica, que proporcionou uma maior dinamização no processo industrial, e a energia petrolífera que culminou com o surgimento dos veículos de combustão interna.

DE FORMA GERAL, a fonte de energia principal que nós temos é a energia proveniente do nosso astro principal, o Sol, que por sua vez pode ser transformada em outras formas de energia mediante a intervenção das plantas no processo de fotossíntese.

Pelo fato de não se conseguir explicar corretamente o que é energia, pode-se perceber como ela se manifesta e como se comporta. Nesse sentido, a energia pode ser quantificada e classificada de forma bem particular de acordo com sua manifestação.

VEJAMOS A SEGUIR OS PRINCIPAIS TIPOS DE ENERGIA, BEM COMO, A FONTE ASSOCIADA A CADA TIPO:

Energia Solar. É oriunda da incidência de raios solares sobre a superfície terrestre. Pode ser utilizada simplesmente para aquecimento de água ou ambientes. A mesma pode ser aproveitada por células fotoelétricas que a transforma em energia elétrica. Do mesmo modo, a natureza a utiliza através do ciclo hidrológico da água. Sem ele não teríamos rios, lagos, nuvens ou umidade atmosférica.

Energia eólica. A pequena parcela da energia solar recebida pelo planeta Terra é responsável pelos fenômenos meteorológicos que ocorrem na superfície de nosso planeta. O vento, movimento do ar na atmosfera terrestre, resulta principalmente do maior aquecimento da superfície da terra mais próxima da linha do Equador do que nos locais de altas latitudes. Nos locais mais aquecidos, torna-se menos denso e, conseqüentemente, sobe em direção as camadas superiores da atmosfera. De forma contrária, nas regiões de altas latitudes – mais frias – o ar está mais denso, criando assim uma região de maior pressão. Dessa forma, os ventos das superfícies frias circulam dos polos para o Equador. O vento ainda pode sofrer influência da rotação do nosso planeta e da topografia do local. Com a utilização de tecnologias específicas pode-se aproveitar esse deslocamento de massas de ar para gerar energia elétrica.

Energia geotérmica. Energia proveniente do interior do nosso planeta, constituído de rochas derretidas, que é aquecido. Ela pode ser obtida através de vulcões em erupção, de jatos de água quente e vapor de gêiseres. Essa energia pode ser transformada em energia elétrica, além de ser considerada uma fonte inesgotável.

Termoelétrica. De forma geral, a energia elétrica é obtida a partir da queima de combustíveis fósseis, gerando calor que acionará mecanicamente o rotor do gerador elétrico. Por outro lado, a queima de combustíveis fósseis, para geração de energia elétrica, apresenta vários inconvenientes associados à poluição. Nesses casos são lançados, para a atmosfera,

o monóxido de carbono, os óxidos de nitrogênio e óxidos de enxofre. Além do mais, a queima de combustíveis fósseis está relacionada com sua impossibilidade de renovação. No esgotamento de suas reservas, elas não mais serão regeneradas. Na contramão desse processo podemos citar a energia proveniente do álcool onde grandes canaviais podem ser plantados e replantados várias vezes, acarretando assim sua renovação constantemente.

Energia Nuclear. É a energia contida no núcleo atômico. A mesma é obtida através do rompimento do núcleo, principalmente de urânio, que leva a obtenção de núcleos de elementos mais leves. Os reatores nucleares têm como função gerar energia na forma de calor, para o devido aquecimento de caldeiras, que através do vapor de água acionará o rotor elétrico. Como não ocorre a queima de combustíveis fósseis não há emissão aérea de poluentes, mas, os resíduos nucleares são altamente radiativos além de ter caráter permanente, isto é, podem emitir radiações durante centenas de anos.

Energia Mecânica. Energia associada ao movimento (energia cinética) ou a posição (energia potencial gravitacional) de um corpo em função de um sistema de referência. No caso elétrico, por exemplo, essas duas formas de energia desempenham um papel muito importante no funcionamento de uma turbina.

Energia Elétrica. Essa associação de energia se deve a cargas elétricas em repouso, no caso eletrostático, ou a cargas em movimento, no caso eletrodinâmico.

Finalmente ainda podemos utilizar o efeito gravitacional, principalmente da Lua sobre a Terra. Essa atração gravitacional é responsável por induzir as marés nos oceanos que convenientemente aproveitadas podem gerar energia elétrica.

Por outro lado, vivenciamos nos últimos tempos uma crescente demanda, em escala global, por energia e, associado a esse fato, ocorre um grande clamor popular por fontes energéticas que não sejam degradantes. Nesse sentido, tem-se lançado mão de recursos que sejam renováveis. Sendo assim, em alguns países a energia solar e a eólica já são utilizadas em larga escala. Utilizam-se, também pequenas centrais hidrelétricas de capacidade menor que 30 MW, no fornecimento de energia elétrica para pequenos consumidores.

DENTRE AS VÁRIAS FONTES DE ENERGIA ALTERNATIVAS PODEMOS CITAR ALGUMAS:

Biodiesel. Energia com alto poder calórico, extraída de algumas sementes, por exemplo, de mamona, girassol, amendoim etc., que podem gerar até 9.500Kcal/kg.

Etanol. Sua energia, além de várias aplicações, pode ser utilizada como combustível em veículos automotores. Sua matéria prima pode ser o milho ou a cana de açúcar.

PRINCÍPIOS BÁSICOS DE UMA HIDRELÉTRICA

EXEMPLO:

Determine a potência instalada de uma barragem hidrelétrica na qual o desnível da água é de 100m de altura e sua vazão é da ordem de 2000 L/s. Para efeito de cálculo, considere a densidade da água igual a 1000 kg/m³ e a aceleração da gravidade local igual a 10m/s².

Antes de aplicar a expressão acima é necessário transformar as unidades de vazão para o Sistema Internacional de Unidades (SI), ou seja;

$$z = 2.000 \text{ L/s} = 2 \text{ m}^3/\text{s}^3$$

(lembre-se que 1 m³ corresponde a 1.000 L).

AGORA SUBSTITUINDO OS DADOS NA EXPRESSÃO

- $P_{\text{INSTALADA}} = 10^3 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 10^2$
- $P_{\text{INSTALADA}} = 2 \cdot 10^6 \text{ W}$
- OU
- $P_{\text{INSTALADA}} = 2 \text{ MW}$.

Há casos em que nem toda água do reservatório é destinada à geração de eletricidade. São os chamados usos múltiplos, como por exemplo, utilização desses recursos para irrigação, consumo industrial ou humano. Desse modo, o regime ou vazão fluvial não é constante podendo variar com as necessidades de usos e considerações meteorológicas ligadas ao reservatório.

Dessa forma, o gerenciamento de um reservatório está ligado a diversos fatores apontados anteriormente, além da tecnologia aplicada, dos requisitos ambientais e sociais. Por isso, esse manejo requer uma atuação sistêmica e articulada com os diversos fatores associados a ele.

$$P = d \cdot z \cdot g \cdot h,$$

Onde:

- >> A **densidade** da água é representada pela letra **d**;
- >> A **vazão** da água é expressa pela letra **z**;
- >> A **aceleração** da gravidade é **g**;
- >> A **altura** do reservatório é expressa pela letra **h**.

Hidrelétrica de Balbina

Vimos que geralmente pode ocorrer um represamento de água na construção de uma hidrelétrica. Esse represamento pode trazer alguma consequência ambiental?

A rapidez de escoamento de água de um rio é afetada pela presença de uma represa, pois essa é a sua finalidade, o armazenamento. Durante o seu enchimento até o seu vazamento, através da parte superior da barragem, há um grande deslocamento de água para fora do leito normal do rio, ou seja, ocorre inundação com grande presença de lâmina d'água.

Com a redução da velocidade das águas o rio que transportava grande quantidade de objetos flutuantes tem agora essa capacidade diminuída acarretando assim, maior precipitação em seu leito. Dessa forma, com menos materiais flutuantes a superfície da água torna-se mais cristalina, o que favorece a penetração de luz em locais mais profundos. Com mais luz disponível, maior será a atividade ligada a fotossíntese e conseqüentemente maior aquecimento. Tudo tem início através dos organismos produtores, denominados de autótrofos, que são capazes de transformar a energia proveniente do Sol em energia química que por sua vez são armazenadas, em forma de compostos orgânicos, nas plantas aquáticas. Com esse incremento de compostos orgânicos ocorre também um crescimento dos organismos consumidores, denominados de heterótrofos. Além disso, e considerando o aumento do processo de decomposição dessas plantas, podem ocorrer alterações das condições ambientais aquáticas que tem como consequência a redução de sua acidez e diminuição da oferta de oxigênio.

Por esses motivos apresentados é de suma importância considerar, antes da construção de barragens, variáveis inerentes à inundação.

Como exemplo, pode-se citar a construção da hidrelétrica de Balbina, no Rio Uatumã na Amazônia, que inundou uma área superior a 2.300 km². Essa grande área inundada teve como origem a escolha de uma área muito plana para implantação da usina geradora. Além disso, e considerando a falta de planejamento, não se retirou adequadamente a vegetação do reservatório a ser inundado, transformando em pântanos cheios de materiais em decomposição, comprometendo os afluentes do Rio Uatumã.



Neste capítulo, dedicaremos a nossa atenção ao Lago Paranoá. Contaremos um pouco da sua história, relataremos as atividades econômicas cujas existências dependem do lago e destacaremos as atividades de lazer nele realizadas. Se você pensa que conhece tudo sobre o Lago Paranoá, ficará surpreso. A figura 2.1 mostra o mapa do Lago Paranoá.

LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS:

A seu ver a construção do Lago Paranoá obedeceu a algum propósito ou foi construído apenas para fins paisagísticos?

Pode-se associar a construção do Lago Paranoá a baixa umidade de Brasília?

Como o próprio nome já diz 'Lago Paranoá' pode-se supor então que as águas de sua represa não estão em movimento?

Você poderia citar algumas situações que em se poderia utilizar o Lago Paranoá?

UM POUCO DE HISTÓRIA

Contar a história do Lago Paranoá coincide com os relatos da história de Brasília. Nesse sentido, podemos dizer que do ponto de vista legal, Brasília nasceu com a primeira constituição do Brasil República, a Constituição de 1891, a qual versava em seu art.3º sobre a interiorização da capital da República Federativa do Brasil. Naquela época, o então presidente Marechal Floriano Peixoto, nomeou uma comissão denominada Missão Cruls, liderada pelo astrônomo belga e então Diretor do Observatório Nacional Luíz Cruls, para explorar e demarcar a área na qual seria construída a nova capital. A Missão Cruls trabalhou por dois anos e demarcou



Figura 2.1 - Mapa do Lago Paranoá

uma área de 14400 quilômetros quadrados, conforme previa a constituição, a qual foi denominada de quadrilátero de Cruls. Essa missão, além da delimitação da área que futuramente abrigaria Brasília, também apresentou a orientação para a construção

do Lago Paranoá. O principal objetivo da criação do lago era amenizar a baixa umidade típica do Planalto Central brasileiro comum nos períodos de seca.

Posteriormente a Missão Cruls, houve várias discussões acerca da interiorização da capital, tendo ocorrido também outras missões, as quais corroboraram os trabalhos da missão pioneira – a Cruls. Todas essas discussões culminaram com o início das obras da nova capital federal, o que se deu em 1957, no governo do então presidente Juscelino Kubistchek. Em 1958, as obras da barragem do Paranoá se iniciaram.

Figura 2.2: braços do Lago Paranoá



O espaço destinado de forma definitiva para a construção da nova capital ocupou a área delimitada pelo encontro dos rios Torto, Bananal, Gama e Riacho Fundo, os quais são os formadores do lago e da hidrelétrica do Paranoá. A construção da barragem tinha três metas básicas: suprir a nova capital com a energia elétrica necessária; possibilitar o aumento da umidade relativa do ar; compor a paisagem da nova capital. Originalmente, a Usina Hidrelétrica do Paranoá teria a capacidade de abastecer uma cidade com cerca de 500 mil habitantes.

Portanto, o Lago Paranoá é um lago artificial, tendo sido construído a partir do fechamento da barragem do Paranoá, represando águas do Riacho Fundo, Ribeirão do Gama, Córrego Cabeça de Veado, ao Sul, e do Ribeirão do Torto e Córrego Bananal, ao Norte, além de outros tributários.

A figura 2.2 mostra o Lago Paranoá e os seus braços. A sua construção foi realizada com uma cota de alagamento de 1000 metros. Inicialmente, a energia gerada pela Hidrelétrica do Paranoá seria responsável pelo abastecimento de todo o Distrito Federal; contudo, devido ao crescimento populacional e razões ambientais, hoje a energia gerada por essa hidrelétrica abastece cerca de 2,5% da população brasileira. Historicamente, a ocupação da orla do Lago Paranoá ocorreu de forma elitizada. Primeiramente, houve a construção e instalação de diversos equipamentos destinados ao lazer e ao esporte às margens do lago. Nestes pontos formaram-se os clubes, cuja principal finalidade era motivar os funcionários públicos federais lotados no Rio de Janeiro a se mudarem para Brasília. Além da formação dos clubes, alguns terrenos da orla foram concedidos a instituições filantrópicas. Outros terrenos pertencentes a orla foram apropriados de acordo com o poder econômico. A maior parte dos proprietários construiu além dos limites estabelecidos por lei, invadindo uma área mais próxima ao lago, a qual deveria ser de livre acesso a todos os cidadãos. Como as autoridades legais não fiscalizavam, tampouco coíbiavam essas irregularidades, a partir de então, o acesso à orla do lago tornou-se restrito e elitizado. Porém, o tombamento de Brasília como patrimônio mundial da humanidade, realizado em 1987 pela UNESCO, suscitou o debate acerca do cuidado com a orla do lago, priorizando-o, bem como a observância da legislação que assegura a todos os indivíduos o acesso irrestrito à orla. Por isso, a partir de 1987 muitas campanhas estão sendo realizadas para a desocupação dessas áreas próximas à orla. Dentre tais campanhas, destaca-se uma realizada a partir de 2015 que objetiva revitalizar a orla, tomando para esse fim medidas mais rígidas, como a derrubada de construções.

Algumas características adicionais do Lago Paranoá seguem na tabela abaixo.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Bacia de Drenagem	1.034,07 km
Área Superficial	37,50 km
Volume Total	498 x 10 ⁵ m ³
Profundidade média	12,42 m
Profundidade Máxima	38 m
Perímetro	118,87 km
Comprimento	40 km
Largura Máxima	5 km
Vazão média afluyente dos principais cursos de água (Riacho Fundo e Ribeirão Gama, Bananal e Torto)	12,48 m ³ /s
Vazão média de outras afluências (Córrego Cabeça de Veado e outros, precipitação direta, drenagem urbana, águas subterraneas e efluentes ETEs)	7,27 m ³ /s
Vazão média efluente (Incluindo evaporação direta do Lago)	19,75 m ³ /s
TEMPO MÉDIO DE RETENÇÃO	299 Dias

Tabela 2.1 (Fonseca, 2001 e Pires, 2004)



O Lago

Paranoá foi originalmente concebido com o intuito principal de amenizar o problema da baixa umidade intrínseca ao Planalto Central. Porém, diversas outras atividades potencializam o lago como um dos principais elementos paisagísticos, turísticos e econômicos do Distrito Federal.

Uma importante função exercida pelo Lago Paranoá e praticamente desconhecida por grande parcela da população é o auxílio por ele proporcionado ao controle do volume das águas pluviais. Mediante uma operação especial realizada na barragem durante o período chuvoso, o Lago Paranoá, devido a sua grande capacidade de acumulação, amortecer as ondas de cheia que chegam pelas galerias de águas pluviais. A CEB é a responsável pela realização dessa operação, a qual proporciona uma proteção maior para Brasília contra os efeitos das inundações urbanas ocasionadas pela chuva intensa. Então, concluímos que o Lago Paranoá ajuda Brasília no combate às inundações.

No bojo das atividades econômicas realizadas no Lago Paranoá, a pesca merece destaque. Há estudos que relatam que a pesca seletiva em escala comercial traz benefícios ambientais ao ecossistema do lago. Esses estudos apontaram que a pesca selecionada de algumas espécies, dentre as quais a tilápia, auxilia no controle da quantidade de nutrientes no lago, especificamente o fósforo. Sendo assim, a pesca profissional seletiva foi autorizada nos braços do Riacho Fundo e do Bananal. A figura 2.2 mostra as regiões do lago nas quais a pesca é autorizada. A pesca amadora não encontra qualquer limitação de área, sendo permitida em todo o lago. Dados do IBAMA referentes a 2010 indicam que a quantidade pescada no Lago Paranoá corresponde a cerca de 21% do total disponível no mercado anual do Distrito Federal.

Figura 2.3: Lazer no Lago Paranoá



As atividades recreativas constituem uma importante demanda para o Lago Paranoá. Dentre essas atividades destacam-se as atividades náuticas, para as quais são utilizadas embarcações particulares como jet sky's e lanchas, bem como há passeios coletivos realizados em barcos. Em alguns pontos há a oferta de pedalinhas que podem ser alugados por alguns minutos para um pequeno passeio. A figura 2.3 mostra indivíduos utilizando pedalinhas na região próxima a Ponte JK.

Outra boa opção de lazer no lago reside nos clubes. Há diversos clubes na orla do lago, por meio dos quais o cidadão pode acessar diretamente as suas águas. Festas realizadas nos clubes são eventos muito comuns no dia a dia de Brasília.

Na beira do lago há também a opção de bons restaurantes, com destaque para o Pontão do Lago Sul, o qual reúne uma coletânea de restaurantes e lojas bem próximos a um píer. A figura 2.4 mostra um pouco deste local.

Figura 2.4: Pier



Sobre o Lago Paranoá há quatro pontes principais: Ponte Honestino Guimarães, Ponte das Garças e Ponte JK, no Lago Sul; Ponte do Braguetto, no Lago Norte. Essas pontes são fundamentais para a boa fluência do trânsito em Brasília. A Ponte JK se destaca devido a sua beleza e modernidade, constituindo um importante elemento turístico da capital. Uma foto da Ponte JK é mostrada na figura 2.5.

Na Orla do Lago Paranoá ocorrem com grande frequência inúmeros eventos, dentre os quais destacam-se: campeonatos de velas, maratonas, shows, dentre outros. Por todos os motivos elencados, o Lago Paranoá contribui significativamente com o turismo em Brasília, sendo um ponto de visita obrigatório.

Figura 2.5: Ponte JK



Energia & Potência Elétrica

LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS:

Energia elétrica e Potência elétrica representam a mesma grandeza física?

Os aparelhos elétricos ligados a uma mesma tomada consomem a mesma quantidade de energia?

O que você entende por potência elétrica?

Tente explicar ao seu colega ao lado a diferença entre um carro 1.0 e 2.0.

Discuta com seus familiares a razão dos aparelhos elétricos esquentarem quando estão em funcionamento.

Em uma cadeia alimentar a mesma quantidade de energia de um elo será transmitida para o elo seguinte?

O que significa dizer que um chuveiro tem uma potência de 4.400 W?

Energia e Potência

De onde vem a energia que nós necessitamos para trabalhar, conversar, divertir com os colegas, praticar esportes, além de manter nosso organismo funcionando?

Podemos dizer que a energia que necessitamos, em nosso dia a dia é, em último caso, energia proveniente do nosso astro principal – o Sol?

De que forma os seres vivos obtêm energia necessária para se movimentar e manter suas atividades vitais?

É bem sabido que alguns organismos vivos podem captar e armazenar energia através da fotossíntese. Em uma cadeia alimentar um organismo alimenta-se do organismo que o precede e torna alimento para o organismo que o sucede. É denominado de produtor (ou autótrofo) o primeiro elemento que compõem a cadeia alimentar. Os demais elementos da cadeia alimentar são chamados de consumidores, que por sua vez utilizam da energia absorvida pelos autótrofos que a armazenam nas moléculas orgânicas.

Dessa forma, podemos compreender que a energia não foi criada e nem destruída e sim foi “passando” de um elo para o outro na sucessão alimentar. Sendo assim, podemos concluir que a energia primordial veio do nosso Sol e, que, portanto, pode se manifestar de várias formas diferentes como, por exemplo, luminosa, térmica, elétrica, sonora, movimento etc.

No sistema internacional a energia é expressa em Joules (símbolo J). Por outro lado, costumamos representar a energia presente nos alimentos ou que se pode transferir de um corpo para o outro em calorias (Cal). A relação entre elas é, aproximadamente, dada por:

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J.}$$

Então, do que foi dito acima, a energia pode ser transformada de uma forma em outra. Vejamos mais alguns exemplos para o caso elétrico. Quando acionamos uma campainha transformamos parte da energia elétrica em energia sonora. No caso do ventilador transformamos parte da energia elétrica em mecânica. Da mesma forma, no chuveiro transformamos parte da energia elétrica em energia térmica. Muitas vezes o mais importante não é o consumo de energia, mas a taxa em que ele é realizado. Nesse sentido, associamos a essa taxa uma grandeza física denominada de potência.

Então, denominamos de Potência a quantidade de energia transformada por unidade de tempo.

$$\text{Potência} = \frac{E}{\Delta t}$$

A unidade de potência no Sistema Internacional é joule por segundo

$$1 \text{ J/s} = 1 \text{ Watt (W)}$$

Assim, o que significa dizer que uma lâmpada tem uma potência de 60 W?

Da mesma forma, um chuveiro de 4.400 W consome mais ou menos energia que a lâmpada de 60 W, caso seja ligada durante o mesmo intervalo de tempo?

Corrente e resistores elétricos



LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS:

Discuta com o colega ao lado a seguinte proposição: uma corrente elétrica pode percorrer qualquer material como plástico, madeira, fios, barbantes?

É possível termos uma corrente elétrica no vácuo? E na atmosfera?

Os aparelhos elétricos contêm indicações de 110 V ou 220 V. O que significa isso?

É possível funcionar plenamente um aparelho de 220 V em uma tomada cuja especificação é 110 V? E o contrário?

Em sua opinião qual seria a causa da corrente elétrica? Em que condição um fio elétrico conduz corrente elétrica?

Podemos ter movimento de cargas em condutores que não sejam sólidos, como por exemplo, líquidos ou gasosos?

Podemos ter corrente elétrica em um circuito aberto?

CORRENTES E RESISTORES ELÉTRICOS

De forma geral, pode-se dizer, que corrente elétrica é formada pelo movimento ordenado de cargas elétricas em virtude de uma diferença de potencial (ddp) ou tensão elétrica, ou voltagem. Associados ao movimento de cargas elétricas pode-se associar campos elétricos, campos magnéticos, radiação eletromagnética além do calor. De forma contrária, cargas em repouso só podem gerar campos elétricos. Convém salientar que o campo magnético, gerado por correntes elétricas, pode exercer forças elétricas sobre fios metálicos que transportam corrente. Assim é o princípio básico de funcionamento de rotação dos motores elétricos. Da mesma forma, as radiações eletromagnéticas, como por exemplo, os raios X, as ondas de rádio, luz visível, o infravermelho, o ultravioleta, os raios gama, são emitidas por correntes elétricas que variam de intensidade no decorrer do tempo. Posteriormente, em outro capítulo de nosso paradiático, estudaremos o efeito térmico associado à corrente elétrica.

● É POSSÍVEL QUE OCORRA MOVIMENTOS ORDENADOS DE CARGAS ELÉTRICAS EM CONDUTORES QUE NÃO SEJAM SÓLIDOS, COMO POR EXEMPLO, LÍQUIDOS OU GASES?

● EM CONDUTORES METÁLICOS VIMOS QUE A CORRENTE ELÉTRICA É CONSTITUÍDA PELO MOVIMENTO DE ELÉTRONS. NOS CONDUTORES AQUOSOS AINDA OCORRE O MOVIMENTO ORDENADO DE ELÉTRONS? E NOS GASES?

Analogamente, podemos manter um fluxo de água entre duas caixas conectadas, iguais, enquanto houver uma diferença do nível de água entre elas. Para que o fluxo permaneça é necessário que se mantenha esse desnível. No caso elétrico, esse desnível é denominado de diferença de potencial (ddp), ou voltagem ou tensão elétrica. Nos dispositivos elétricos em funcionamento, esse desnível elétrico é mantido por geradores ou baterias químicas.

Nos componentes elétricos metálicos, a corrente elétrica é formada pelo movimento de elétrons. Em soluções aquosas, por exemplo, constituídas de cloreto de sódio (**NaCl**), a corrente elétrica é formada pelo movimento, em sentido contrário, de íons (**Na⁺** e **Cl⁻**). Podemos ter ainda, um deslocamento de cargas em gases submetidos a uma ddp, tal como as lâmpadas a vapor de mercúrio que iluminam nossas ruas à noite. Nesse caso, o fluxo de cargas é constituído de íons (tanto positivos quanto negativos) e elétrons.

Erroneamente costumamos dizer que a voltagem passa por um trecho de um circuito elétrico. A voltagem não se desloca para lugar nenhum. São as cargas, que constituem a corrente elétrica, que se movimentam. A voltagem (ddp) gera corrente elétrica somente no caso de caminhos fechados.

Nesse sentido, é importante analisar qualitativamente o movimento de cargas em um circuito elétrico alimentado por um gerador, como por exemplo, uma pilha.

● SUPONDO QUE PASSE, AO FINAL DE UM INTERVALO DE TEMPO ΔT , CERTA QUANTIDADE DE CARGA ELÉTRICA DO FIO PARA O TERMINAL POSITIVO DA PILHA. NESSE MESMO INTERVALO DE TEMPO PASSAM MAIS OU MENOS ELÉTRONS DO TERMINAL NEGATIVO DA PILHA PARA O FIO?

● PODE-SE CONSIDERAR O PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA CARGA ELÉTRICA NA QUESTÃO ANTERIOR, OU SEJA, A QUANTIDADE TOTAL DE ELÉTRONS NO SISTEMA PILHA + FIO É A MESMA SE O CIRCUITO ESTIVER "FUNCIONANDO" OU NÃO?

Convencionou-se que a corrente elétrica é orientada, externamente ao gerador, no sentido do polo positivo para o polo negativo. Assim, o sentido da corrente elétrica é, por convenção, oposto ao sentido em que se movem os portadores de cargas elétricas negativas.

Pode-se definir a intensidade média de corrente elétrica, através de uma secção transversal do fio, pela razão entre o módulo da carga elétrica que atravessa essa secção pelo intervalo de tempo, ou, matematicamente:

$$i_m = \frac{Q}{\Delta t} \left(\frac{\text{Coulomb}}{\text{segundo}} \right).$$

No SI (Sistema Internacional de Unidades), a unidade de intensidade média de corrente elétrica é o ampère (símbolo A), onde 1 ampère = $\frac{\text{Coulomb}}{\text{segundo}}$

A secção reta de um fio condutor é atravessada por uma carga de 4 C em 2 s. Qual a intensidade de corrente elétrica associada a essa carga?

A polaridade de uma pilha comum pode mudar de positivo para negativo ou vice-versa no decorrer do tempo?

● EM DISPOSITIVOS COMO PILHAS E GERADORES DE TENSÃO CONTÍNUA AS POLARIDADES DE SEUS TERMINAIS PERMANECEM CONSTANTE COM O TEMPO. NESSA LINHA, DIZ-SE QUE O GERADOR É DE CORRENTE CONTÍNUA. DE FORMA CONTRÁRIA HÁ FONTES DE TENSÃO ONDE A POLARIDADE DE SEUS TERMINAIS INVERTE PERIODICAMENTE. NESSE CASO A CORRENTE GERADA É DENOMINADA DE CORRENTE ALTERNADA.

● UMA HIDRELÉTRICA FORNECE CORRENTE CONTÍNUA (CC) OU CORRENTE ALTERNADA (CA) PARA NOSSAS CASAS?

No próximo capítulo vamos explorar melhor o assunto referente a corrente alternada. Por ora já sabemos que existem geradores de CC e CA. A corrente alternada (CA) podem ser utilizadas na distribuição de energia elétrica para nossas cidades devido a maior facilidade de geração, transmissão e transformação ou, de outra forma, é uma facilidade econômica.

É possível transformar corrente elétrica alternada em corrente elétrica contínua?

Podem-se encontrar dispositivos eletrônicos que são capazes de transformar corrente alternada em corrente contínua. Esses dispositivos são denominados de retificadores. A opção em se utilizar CC ou CA depende da finalidade da corrente elétrica. No caso de CC sua aplicação é importante em processos eletrolíticos utilizados industrialmente, no “carregamento” de baterias e na alimentação de quase todos os componentes eletrônicos. Há presença desses retificadores, por exemplo, em televisores e rádios que são conectados diretamente na rede elétrica de corrente alternada. Por outro lado, a CA tem sua utilização, de forma geral, em iluminações em motores e aquecedores elétricos, dentre outros.

De forma geral, os corpos oferecem maior ou menor oposição (resistência) à passagem de corrente. Essa oposição está associada a estrutura do material, além de suas dimensões.

Nesse sentido, é importante analisar qualitativamente o movimento de cargas em um circuito elétrico alimentado por um gerador, como por exemplo, uma pilha.

● APENAS A INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA É SUFICIENTE PARA DIZER SE UM DISPOSITIVO ELÉTRICO DIFICULTA MAIS OU MENOS A PASSAGEM DE CORRENTE ELÉTRICA DO QUE OUTRO DISPOSITIVO?

● QUANDO UM DISPOSITIVO ELÉTRICO, COMO UM FIO CONDUTOR, É ATRAVESADO POR UMA CORRENTE ELÉTRICA, OS ELÉTRONS RESPONSÁVEIS PELA CONDUÇÃO DA CORRENTE SE DISTRIBUEM EM TODO O VOLUME OU APENAS NA SUPERFÍCIE DESSE DISPOSITIVO?

A caracterização de um dispositivo elétrico, quanto à dificuldade oferecida ao movimento de cargas elétricas depende, além da corrente elétrica, do valor da tensão elétrica ao qual ele foi submetido. De forma contrária, certa corrente elétrica pode atravessar um fio quando ligado a uma bateria, mas

pode-se obter uma corrente mais intensa, em outro fio, se conectarmos duas baterias em série com ele. Mas ainda não podemos afirmar se um fio oferece mais ou menos oposição ao movimento de cargas. De acordo com George Simon Ohm (1787-1854) a grandeza que caracteriza a oposição à passagem de corrente é a resistência elétrica (R), que pode ser obtida pela razão entre a tensão (V) aplicada nos terminais do elemento e a corrente elétrica (i) que o atravessa, ou matematicamente:

$$R = \frac{V}{i}.$$

Sendo a corrente elétrica proporcional à tensão elétrica a razão nos leva a um valor constante para R . Nesse caso, dizemos que o condutor obedece a lei de Ohm, sendo chamados, portanto, de condutores lineares ou ôhmicos.

Como seria o gráfico da tensão em função da corrente elétrica “ $V \times i$ ”?

Da mesma forma, os condutores que não obedecem a lei de Ohm são denominados de condutores não lineares ou não ôhmicos, como é o caso de uma lâmpada elétrica.

● A RESISTÊNCIA ELÉTRICA DE UM CONDUTOR PODE SER ALTERADA QUANDO ELE SOFRE UM AQUECIMENTO OU UMA ILUMINAÇÃO?

A resistência oferecida ao fluxo de cargas (corrente elétrica) depende, de forma geral, de algumas condições, como por exemplo: o comprimento do condutor, sua área, da temperatura, do tipo do material, da resistividade. Analogamente, um fluxo de água encontra maior resistência em um tubo longo do que em um menor ou ainda, uma maior resistência em um tubo fino que em um grosso, desde que seja mantido nas mesmas condições.

Uma das consequências do fluxo de cargas é o choque elétrico que é o resultado da passagem da corrente elétrica através do corpo. A intensidade de corrente depende da voltagem aplicada e da resistência do corpo humano. A resistência do corpo humano depende se ele está seco ou molhado, podendo variar de 500.000 a 100 ohms, respectivamente.

Dessa forma, manusear aparelhos elétricos enquanto se toma banho não é aconselhável. As gotas de água que se acumulam em volta das chaves de liga-desliga de aparelhos como secadores de cabelo podem acabar conduzindo corrente elétrica ao usuário. Os íons que existem na água comum reduzem em muito sua resistência elétrica. Esses íons recebem a contribuição de substâncias dissolvidas na água, especialmente sais. Normalmente existe uma fina camada de sal deixada pela transpiração sobre sua pele, que quando umedecida reduz a resistência dela.

Um choque elétrico é capaz de superaquecer tecidos do corpo humano e interromper funções normais de determinados nervos. Ele pode desarranjar os padrões rítmicos cerebrais, que mantêm o coração batendo num ritmo apropriado, e os centros nervosos que controlam a respiração.

Fonte: Hewit, Paul G. Física conceitual. 2002.

A título de ilustração alguns valores aproximados de corrente elétrica e seus efeitos:

- UMA CORRENTE DE 1 mA A 10 mA PROVOCA APENAS UMA SENSAÇÃO DE FORMIGAMENTO;
- CORRENTES DE 10 mA A 20 mA JÁ CAUSAM SENSAÇÕES DOLOROSAS;
- CORRENTES SUPERIORES A 20 mA E INFERIORES A 100 mA CAUSA, EM GERAL, GRANDES DIFICULDADES RESPIRATÓRIAS;
- CORRENTES SUPERIORES A 100 mA SÃO EXTREMAMENTE PERIGOSAS, PODENDO CAUSAR A MORTE DA PESSOA, POR PROVOCAR CONTRAÇÕES RÁPIDAS E IRREGULARES DO CORAÇÃO (ESTE FENÔMENO É DENOMINADO FIBRILAÇÃO CARDÍACA);
- CORRENTES SUPERIORES A 200 mA NÃO CAUSAM FIBRILAÇÃO, PORÉM DÃO ORIGEM A GRAVES QUEIMADURAS E CONDUZEM À PARADA CARDÍACA.

Fonte: Física vol. 3, Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga.

IV USINA HIDRELÉTRICA E LAGO PARANOÁ

Nesta seção, traremos alguns dados técnicos da hidrelétrica do Paranoá. Esses dados nos auxiliarão na continuidade das discussões sobre potência e energia elétrica citada anteriormente.

DADOS TÉCNICOS:

NOME OFICIAL: Usina hidrelétrica do Paranoá

LOCALIZAÇÃO: Latitude – 15° 47'14" Sul
Longitude – 47° 47'23" Oeste

DATA DO INÍCIO DE OPERAÇÃO: 11.09.1962

DADOS TÉCNICOS :

Barragem, vertedouro e tomada d'água (única) incorporados. Casa de força separada e ao ar livre.

BARRAGEM:

- >> A extensão é de 630 m (600 em terra e 30 em concreto);
- >> A altura é de 48 m;
- >> A barragem é do tipo em terra;
- >> O nível altímetro da crista é de 1004,3 m;
- >> O revestimento da face jusante é constituído por grama e o da face montante é por pedra.

Fonte: Norma técnica de distribuição (NTD - 605)- CEB

ADUTORA

É composta por um trecho em rocha e por um trecho em conduto forçado. A extensão do conduto forçado é de 2 000 m, a espessura é de 10 mm, o diâmetro é de 3 m e queda de 105 m (da tomada d'água até o caracol da turbina). O condutor forçado está conectado a uma chaminé de equilíbrio com cerca de 20 m de altura.

VERTEDOURO

O vertedouro possui três comportas de serviços localizadas na superfície. Possui também três comportas de manutenção. A dimensão de cada comporta de serviço é de 9,4 m de comprimento e 7,5 m de altura. O acionamento das comportas de serviços é mecânico-motorizado (motor/corrente). A abertura máxima é de 2,5 m por comporta. A vazão total, nas três comportas, é de 450 m³/s.

VARIAÇÃO DAS COTAS

O nível altimétrico máximo útil para utilização do reservatório é de **1000,80 m** e o nível mínimo é de **999,80 m**.

TURBINAS

A rotação nominal é de **514,3 rpm**;
A potência é de **12.675 CV**;
O engolimento máximo é de **10,34 m³/s** por máquina;
O eixo das turbinas é vertical;

GERADORES

Frequência de **60 Hz**;
Tensão nominal **13,2 KV**

TRANSFORMADORES PRINCIPAIS

São monofásicos;
Potência nominal de **3,333 KVA** (cada);
Tensão entre fases **13,2/34,5 KV**

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHOS

Potência instalada: **30.000 KVA**;
Garantia física: **13.000KW médios**.

O gerenciamento e controle do nível da água do Paranoá cabe a CEB Geração S/A que regula cheias à jusante da barragem. A água é utilizada, além da geração de energia; para diluição e transporte de esgotos; recepção de águas pluviais; pesca amadora; atrativo turístico; beleza paisagística e lazer. A bacia do Lago Paranoá corresponde a cerca de 20% do território do Distrito Federal.

TRANSMISSÃO DE ENERGIA

LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

- Existe alguma diferença entre corrente contínua e corrente alternada?
- A transmissão de corrente elétrica para nossas casas é realizada em corrente contínua ou alternada?
- Para transmissão em grandes distâncias é aconselhável a transmissão em CC ou CA?
- Discuta com seu colega ao lado a seguinte proposição: durante a transmissão de energia é aconselhável termos maior intensidade de corrente ou tensão elétrica?
- É mais vantajoso utilizar aparelhos elétricos que operem em 110 V ou 220 V?
- Qual a importância de um sistema interligado na distribuição de energia elétrica para uma determinada região?
- Toda energia produzida em uma usina chega a um grande centro consumidor? Justifique sua resposta.

TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A ENERGIA ELÉTRICA PERCORRE DESDE A SUA TRANSFORMAÇÃO NAS USINAS HIDRELÉTRICAS ATÉ O SEU CONSUMO EM NOSSAS CASAS. ESTUDAREMOS TAMBÉM O PORQUÊ DO AUMENTO E DA DIMINUIÇÃO DA TENSÃO ELÉTRICA AO LONGO DESSE PERCURSO.

Convém lembrar que a frequência está associada à quantidade de vezes que o fenômeno se repete na unidade de tempo. No caso elétrico, a frequência relaciona a quantidade de ciclos completos, que a corrente elétrica realiza, em um segundo. Se os aparelhos elétricos não estiverem de acordo com a frequência utilizada, na rede elétrica, eles não funcionam ou funcionam de forma insatisfatória.

A escolha de um modelo (50 Hz ou 60 Hz) dependia dos países que vendiam os equipamentos para as empresas de eletricidade no Brasil. Para equipamentos oriundos da Europa a frequência fornecida era de 50 Hz, se dos Estados Unidos a mesma era de 60Hz.

Devido a essa dependência de origem dos equipamentos, havia no Brasil, até a metade do século passado (XX), diversas frequências como em Curitiba, que adotava 42 Hz, Jundiaí – SP 40 Hz e Petrópolis-RJ 125 Hz. A padronização de frequências ocorreu através da publicação, pelo presidente Castelo Branco, da Lei nº 4.454, de 6 de novembro de 1.964, que adotou a frequência no Brasil em 60 ciclos por segundo.

Retomando a temática sobre transmissão de energia, podemos dizer que existem vantagens e desvantagens na aplicação de um ou de outro tipo de transmissão. A preocupação maior com a transmissão de energia elétrica está associada à minimização das perdas de energia por efeito joule.

PODE-SE DIZER QUE

toda energia gerada em uma hidrelétrica é efetivamente utilizada em seu destino final?

O DIÂMETRO

e o comprimento dos cabos utilizados na transmissão de energia elétrica podem contribuir em perdas de energia elétrica?

Nesse sentido, considerando a transmissão de energia elétrica e, tendo em mente que há o envolvimento e utilização de fios feitos de materiais condutores, pode-se observar que mesmo assim, os fios se aquecem e, conseqüentemente, ocorrem perdas de energia.

Em seu outro trabalho, Ohm procurou observar que outros fatores poderiam influenciar na resistência elétrica dos condutores. Suas observações o levou a Segunda Lei. A mesma associa a resistência elétrica à geometria do condutor e do material que o constitui. Ele estabelece que a resistência elétrica de um condutor homogêneo de seção transversal uniforme é diretamente proporcional ao seu comprimento (L) e inversamente proporcional à área (A) de sua seção transversal, além de depender do tipo do material utilizado e de sua temperatura; dessa forma:

$$R = \frac{\rho L}{A},$$

ONDE A RESISTIVIDADE ELÉTRICA (ρ) DEPENDE DO MATERIAL E DA TEMPERATURA.

De acordo com a equação que aborda a Segunda Lei de Ohm, qual a unidade da resistividade elétrica de um fio retilíneo?

A elevação de temperatura nos metais puros proporciona um aumento na resistividade. Esse fato é decorrente do aumento da amplitude de oscilação dos átomos da rede cristalina. Dessa maneira, ocorre maior probabilidade entre estes e os elétrons livres de se colidirem.

Em alguns materiais como o grafite, o silício, o germânio e em soluções eletrolíticas, ocorre uma diminuição em suas resistividades com o aumento de temperatura. A ocorrência desse fato é atribuída ao aumento de temperatura que provoca quebras nas ligações dos átomos proporcionando, assim, maior quantidade de elétrons livres ou íons para condução de corrente elétrica. De forma contrária, algumas ligas metálicas de cobre,

manganês e níquel, como a constantan, não têm suas resistividades alteradas de forma significativa.

Posteriormente, em Física Moderna, será visto que a incidência de luz em determinados materiais como, por exemplo, o sulfeto de cádmio pode proporcionar uma maior oferta de elétrons livres, destinados a condução de eletricidade, diminuindo assim, sua resistência elétrica e, portanto, tornando-o um condutor melhor.

MOSTRAMOS, NA TABELA ABAIXO ALGUNS VALORES DE RESISTIVIDADE A TEMPERATURA A 200° C, DE DIFERENTES MATERIAIS:

TABELA 4.1

MATERIAL	RESISTIVIDADE (ρ) (Ω.M)
PRATA	$1,62 \cdot 10^{-8}$
COBRE	$1,69 \cdot 10^{-8}$
FERRO	$9,68 \cdot 10^{-8}$
ALUMÍNIO	$2,75 \cdot 10^{-8}$
PLATINA	$10,6 \cdot 10^{-8}$
SILICONE PURO	$2,5 \cdot 10^{-3}$

Aponte, baseado na tabela acima, qual dos materiais apresenta melhor condução (melhor condutor): o cobre ou o ferro? Por quê?

Utilizando os dados da tabela, determine a resistência elétrica de um fio da CEB de 4 km de comprimento, cuja área da seção reta seja de 10 mm².

As estações do ano podem alterar a resistência dos fios da rede elétrica de Brasília? Justifique sua resposta.

A resistência elétrica de um fio pode ser alterada se o fizermos passar por uma tubulação de diâmetro inferior ao seu, mantendo sua resistividade constante?

Após estabelecer uma corrente elétrica em um circuito, haverá transformação de energia. Dessa maneira, por exemplo, a energia química de uma pilha ligada a um circuito transforma-se, além de energia luminosa, mecânica, magnética, etc, em energia térmica.

No intuito de desenvolver máquinas mais eficientes para a indústria cervejeira de seu pai, James Prescott Joule (1818 – 1889), defendia a ideia de que calor é uma forma de energia que podia passar de um corpo a outro em virtude de uma diferença de temperatura. Após a realização de algumas experiências, Joule conseguiu mostrar que a quantidade de energia térmica, produzida a partir de energia mecânica, poderia realizar um trabalho e, além disso, toda a energia mecânica era sempre igual ao trabalho realizado.

Com um simples acionamento de um controle remoto ou apertar de um interruptor, pode-se “acionar” a TV ou acender uma lâmpada. Descreva, tendo como base as diversas transformações de energia, a situação acima, desde uma hidrelétrica até o final do processo.

Vimos anteriormente que a diferença de potencial entre os extremos de um fio condutor pode gerar, nele, uma corrente elétrica. Nesse sentido, teremos um deslocamento de cargas elétricas, que pode ser, por exemplo, o movimento de elétrons. Associando-se o movimento de cargas (elétrons) dentro de um condutor ao movimento de uma moeda em uma tábua inclinada em duas situações:

1ª SITUAÇÃO: A MOEDA É SOLTA CONSIDERANDO A TÁBUA LISA (SEM ATRITO);

Nesse caso haverá perda de energia? Justifique sua resposta.

2ª situação: a moeda é solta considerando a tábua contendo alguns pregos ao longo de sua superfície. Nesse caso há ocorrência de algumas colisões, da moeda com os pregos, ao longo de sua descida.

Nessa situação haverá perdas de energia? Cite quais são as transformações de energia ocorridas ao longo do deslocamento da moeda.

O que ocorreu com a energia perdida na segunda situação?

Dando prosseguimento a nossa analogia, no condutor metálico, por exemplo, um fio de cobre, ocorre perda de energia durante a colisão dos elétrons livres com os átomos do condutor. Essas colisões aumentam a vibração dos átomos da rede cristalina, acarretando assim um aumento de temperatura do metal.

Quando uma corrente elétrica flui através de um fio, há sempre aquecimento?

A transformação de energia elétrica em térmica está de acordo com o princípio da conservação da energia? O que é esse princípio?

Em nossa analogia, consideramos a conversão da energia mecânica em térmica e a conversão de energia elétrica em térmica. Esta última transformação é denominada efeito Joule.

O efeito Joule, como vimos, é devido à transformação de energia elétrica em calor, então pode-se afirmar que ela será sempre indesejável, já que isto incorre em perdas de energia?

Faça uma lista de equipamentos elétricos de sua casa, ou de seu prédio, cujo funcionamento tem como princípio o efeito Joule.

Dando prosseguimento ao processo de transmissão de energia e as discussões anteriores, abordaremos um pouco mais sobre potência. A potência recebida (P) no destino final, casas, indústrias, hospitais etc, é a diferença entre a potência total lançada pelo gerador menos a potência dissipada na rede elétrica, devido ao longo caminho que ela percorre. A potência devido ao gerador pode ser expressa por $P_g = U \cdot i$ e a potência dissipada na rede $P_d = R i^2$ (R é a resistência dos fios de transmissão). Onde P_g é a potência do gerador, P_d é a potência

dissipada, U é a ddp nos terminais do gerador, i é a intensidade de corrente elétrica que percorre os fios e R é a resistência elétrica. Reescrevendo a potência recebida temos:

$$P = P_g - P_d$$

OU

$$P = U \cdot i - R i^2$$

O propósito, então, é diminuir a perda de energia por efeito joule, a qual é devido a transformação de energia elétrica em energia térmica nos fios. Isso pode ser feito através da alteração do valor de R ou valor de i . A resistência R pode ser diminuída com a utilização de fios mais grossos que, por sua vez, acarreta um aumento no custo de transmissão. A outra possibilidade é reduzindo o valor de i . O que torna a potência dissipada menor. Então, como i é o menor possível deve-se aumentar o valor da tensão na transmissão de energia.

Do que foi dito acima é mais vantajoso utilizar aparelhos elétricos que operem em 110 V ou 220 V?

Do ponto de vista de desempenho não há diferença. Mas, ocorrem variações quanto ao aspecto econômico se a opção for de 110 V ou 220 V. Como foi dito acima, a transmissão de energia em maiores tensões requer menos corrente elétrica. Pode-se associar então, que 220V demanda a passagem de menos elétrons e, conseqüentemente, menos gasto de energia, por efeito joule, através dos fios elétricos dos aparelhos até as tomadas.

Então, com o propósito de transmissão de energia são instaladas, próximo às hidrelétricas, subestações elevadoras de tensão, e no destino final subestações que baixem essas tensões elétricas.

Segundo Reis, Lineu Belico, 2014, são tensões típicas de transmissão no Brasil os níveis de alta tensão (AT) 230 KV e em extra-alta tensão (EAT) 345 KV, 440 KV, 500 KV e 765 KV (800 KV). Em distâncias muito longas (mais de 1800 km – Norte para o Sudeste) chegaram a considerar o uso dos níveis em ultra-alta tensão (UAT) 1.000 KV e 1.200 KV.

No outro caso de transmissão deve-se utilizar corrente contínua em alta tensão (CCAT). As principais vantagens, em relação a CA, está em transmissões subterrâneas, sob cursos de água, grandes distâncias ou interligação com frequências diferentes.

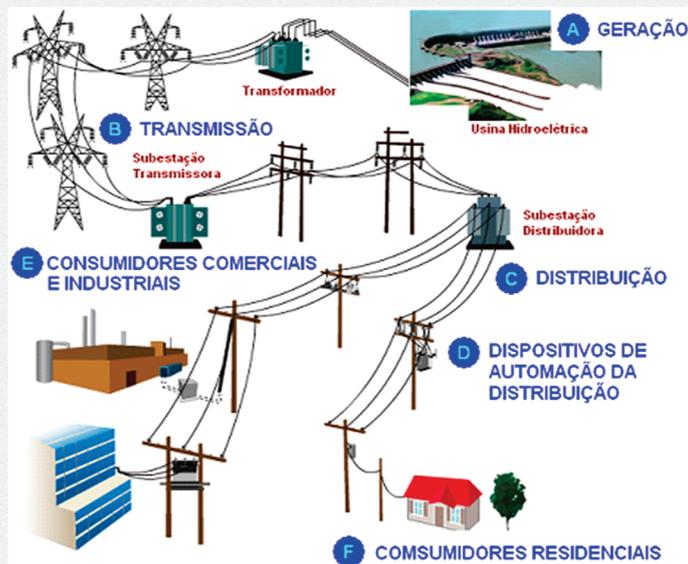
A transmissão de energia elétrica, que geralmente percorre grandes distâncias fora das cidades, pode estar associada a várias dificuldades em sua realização, como por exemplo, a interferência de campos elétricos e magnéticos, controle e manutenção da vegetação, queimadas, questões ligadas a posse das terras, dentre outros. Após a transmissão cabem as companhias distribuidoras “entregar” a energia a seus destinatários finais. De forma contrária à transmissão, a distribuição deve ser realizada a baixas tensões (abaixo de 230 KV). No Brasil a tensão de distribuição utilizada está em torno de 13,8 KV que por sua vez é transformada, de acordo com sua finalidade para 480 V, 220 V ou 127 V.

Da mesma forma que a transmissão, a distribuição de energia também enfrenta alguns problemas na rede elétrica, como por exemplo, grandes aglomerados populacionais, podas de árvores, tráfego de veículos, roubo de energia através dos famosos ‘gatos’.

A distribuição de energia elétrica pode ser primária ou secundária:

Distribuição primária é a linha de distribuição da concessionária (CEB) que trabalha em média tensão (MT) – 23 KV até ser transformada em rede secundária, através de transformadores abaixadores, para 127/220 V. Os cabos devem ser de alumínio com bitola de no mínimo 16 mm²

Distribuição secundária é a linha de distribuição da concessionária que trabalha em baixa tensão (BT), ou seja, após os transformadores abaixadores de tensão (do poste para as casas, comércio, iluminação pública etc).



No Distrito Federal, a concessão de distribuição final de energia, cabe a CEB Distribuição S/A que abrange uma área de 5.779,999 km² que por sua vez é dividida em 31 regiões administrativas comportando uma população de 2.852.372 habitantes (Censo IBGE 2014).

DESCRIÇÃO DO SISTEMA CEB

Devido a insuficiência da geração de energia hidrelétrica do Paranoá, o sistema CEB de distribuição está interligado ao sistema Furnas Centrais Elétricas por 39 subestações, sendo 19 alimentadas em 138 KV, 5 alimentadas em 69 KV e 15 em 34,5 KV, o que lhe proporciona uma capacidade de transformação de 2.414 MVA. Desse total já estão incluídos 30 MVA da Usina do Paranoá. Para alimentar essas subestações é utilizado um circuito elétrico de 1.121 km.

O suprimento de 138 KV da CEB é devido às subestações de Brasília Sul e Samambaia, que pertencem a Furnas, adicionada as usinas de Corumbá III e Corumbá IV. Elas são compostas pelas subestações Águas Claras, Brasília Centro, Brasília Norte, Ceilândia Norte, Ceilândia Sul, Contagem,



Embaixadas Sul, Gama, Mangueiral, Monjolo, Riacho Fundo, Santa Maria, Sobradinho Transmissão, Sudoeste, Estádio Nacional, Cidade Digital, Samambaia Oeste, Taguatinga Norte e Hípica. E O suprimento em 69 KV é devido as subestações

Ceilândia Sul e Sobradinho Transmissão. Por outro lado, o suprimento em 34,5 KV gira em torno das subestações de Brasília Norte, Brasília Centro, Taguatinga, Mangueiral e Brasília Geral e da usina do Paranoá. Convém lembrar que Brasília Norte abrange a região central do DF, Asa Norte, Lago Norte, Cruzeiro, SIA e Sudoeste. Do mesmo modo, a subestação Brasília Centro exerce influência sobre a região central de Brasília constituída pelos Ministérios, Palácios, Setor Bancário e Setor de Autarquias, Embaixada Sul e Estádio Nacional.

SECÇÃO (mm ²)	CORRENTE ADMISSÍVEIS EM CONDUTORES				
	AO AR LIVRE			NO SOLO	PAREDES
	BANDEJA (A)	CANALETA (A)	ELETRODUTO (A)	DUTOS (A)	ALVENARIA (A)
1,5	19,0	20,0	20,0	18,0	15,5
2,5	26,0	27,0	27,0	24,0	21,0
4,0	36,0	37,0	32,0	31,0	28,0
6,0	46,0	48,0	41,0	39,0	36,0
10,0	62,0	66,0	57,0	52,0	50,0
16,0	83,0	89,0	76,0	67,0	68,0
25,0	114,0	117,0	96,0	86,0	89,0
35,0	143,0	144,0	119,0	103,0	111,0
50,0	174,0	175,0	144,0	122,0	134,0
70,0	225,0	222,0	184,0	151,0	171,0
95,0	275,0	269,0	223,0	179,0	207,0
120,0	320,0	312,0	259,0	203,0	239,0
150,0	371,0	367,0	294,0	230,0	275,0
185,0	426,0	418,0	341,0	257,0	314,0
240,0	504,0	492,0	403,0	297,0	369,0
300,0	582,0	656,0	464,0	336,0	420,0

Tabela 4.2: Fonte: Norma técnica de distribuição (NTD - 605)- CEB agosto de 2013

tria permite maior visualização e acessibilidade aos cabamentos; As calhas ou canaletas podem ser fechadas ou abertas, com ou sem ventilação direta; ou placas de concreto pré-moldado. Deve-se tomar o cuidado para que os condutores instalados apresentem bom isolamento evitando, assim, a ação da água ou umidade; Os dutos são destinados a conduzir os cabos enterrados. Devem apresentar alta impermeabilidade e resistência a impactos mecânicos. São constituídos de cerâmica vitrificada, PVC flexível ou rígido.

Convém lembrar que as linhas de transmissão aéreas podem ser constituídas de condutores com ou sem cobertura ou cabos multiplexados (formado pela união de até três fios) com isolamento resistente às condições de tempo, como por exemplo, a ação de chuvas ou incidência solar.

Já as regiões Oeste e Sul do DF são alimentadas pelas subestações de Taguatinga, Ceilândia Sul e Norte, Águas Claras, Brazlândia, Guarã, Monjolo, Gama, Riacho Fundo, Samambaia, Santa Maria, São Sebastião e Mangueiral.

É de responsabilidade da subestação de Brasília Geral (Furnas) o abastecimento da Asa Sul.

A seguir, são apresentada as diversas intensidades de correntes associadas a bitola dos fios condutores que fazem parte do sistema de distribuição da CEB. Mas, antes da leitura da tabela faz-se necessário comentar alguns elementos que a constitui:

Os eletrodutos são tubos que envolvem os condutores que tem como finalidade de protegê-los contra corrosão, ações mecânicas externas, curto-circuito e, em alguns casos, proteger o meio ambiente de perigos de incêndio. Os mesmos podem ser constituídos por aço carbono, alumínio, PVC, polietileno, polipropileno ou ainda, de plástico com fibra de vidro;

As bandejas são eletrocalhas metálicas em chapa de aço que apresentam formato em U. Essa geome

TENSÕES DE FORNECIMENTO

SEGUNDO AS NORMAS TÉCNICAS DE DISTRIBUIÇÃO DA CEB (NTD - 6.01) A ENERGIA FORNECIDA TERÁ FREQUÊNCIA DE 60 HZ NAS TENSÕES:

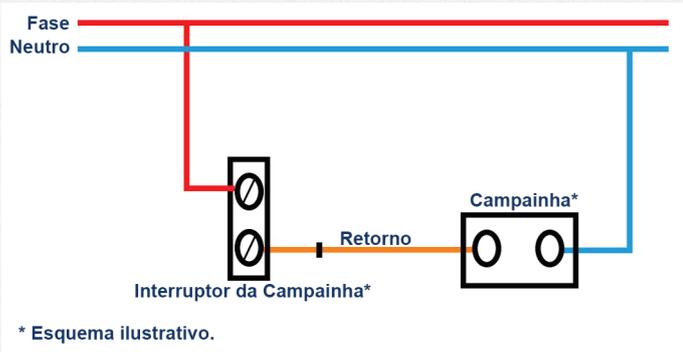
☒ **TENSÃO NOMINAL: 380/220 VOLTS:**
TENSÃO DE ATENDIMENTO ADEQUADA:
MÍNIMA: 348/201VOLTS
MÁXIMA: 396/231 VOLTS

☒ **TENSÃO NOMINAL: 440/220 VOLTS:**
TENSÃO DE ATENDIMENTO ADEQUADA:
MÍNIMA: 402/201 VOLTS
MÁXIMA: 458/229 VOLTS

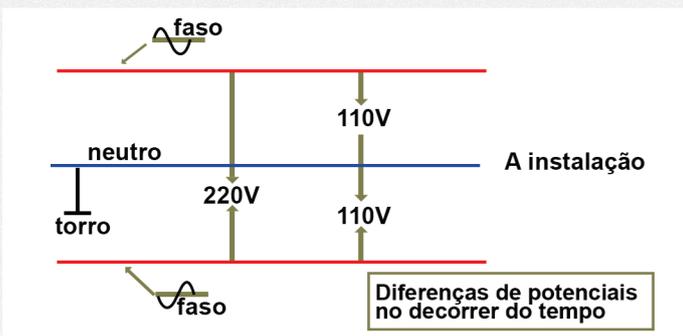
A opção por um tipo ou outro de fornecimento é estabelecida em função da carga instalada (soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora), demanda, tipo de rede de distribuição e local de localização do destino final do consumidor.

O suprimento das necessidades pode ser realizado por:

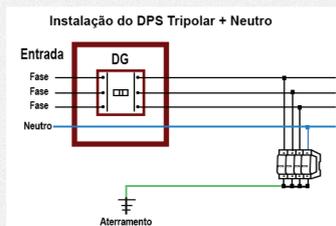
☒ Medições monofásicas contendo dois fios condutores, sendo um deles o fio de fase e o outro neutro com ddp de 220V. Nesse caso a carga instalada deve ser menor ou igual a 11 KW;



☒ Medições bifásicas contendo três fios condutores, sendo 2 fases e um neutro 380/220 volts. Nesse caso a carga instalada deve ser superior a 11KW até 22 KW;



☒ Medidores trifásicos contendo três fios fases e um neutro 380/220 volts. Neste caso a potência instalada de ser de até 26 KVA até 66 KVA.



	LIMITE DE TENSÃO		
	NOMINAL (V)	MÍNIMO (V)	MÁXIMO (V)
MONOFÁSICO	220	201	231
BIFÁSICO	440	402	458
TRIFÁSICO	380	348	396

Tabela 4.3 Norma técnica de distribuição (NTD - 605)- CEB agosto de 2013

Até aqui discutimos o efeito Joule em resistores que não podem se fundir, ou seja, a temperatura máxima que ele atinge é inferior a sua temperatura de fusão. Assim que um resistor é ligado a uma fonte de alimentação, sua temperatura começa a subir. Nesse sentido, há emissão de energia para o meio externo, por condução, convecção ou radiação. No caso de não ocorrer fusão após um intervalo de tempo, a sua temperatura acabará por estabilizar em certo valor. Nesse momento, a potência dissipada no resistor é igual a potência transferida ao meio exterior.

No caso em que um resistor, dissipar 4.400 W, que é o caso de um chuveiro, qual a energia transmitida ao meio externo se ele já estiver atingido exatamente a temperatura de fusão?

Um chuveiro elétrico, uma lâmpada de incandescência ou um ferro de passar são projetados para "trabalharem" em temperaturas inferiores ao ponto de fusão dos materiais que os constituem. Pensando assim, os circuitos elétricos devem ser protegidos devido a problemas causados por um excesso de cargas no seu interior. Para tal proteção devem-se utilizar fusíveis ou disjuntores. A construção de um fusível elétrico leva em consideração um determinado valor de corrente elétrica, acima da qual o calor gerado pelo efeito Joule o leva a fundir (derreter).

• É aconselhável inserir, nos circuitos elétricos, resistores que se fundem para valores pré-determinados de corrente elétrica?

Os fusíveis são constituídos de materiais que apresentam baixa temperatura de fusão, por exemplo, o filamento de uma lâmpada de tungstênio de uma lâmpada de incandescência apresenta temperatura de 2.500 °C sendo inferior a temperatura de fusão (3.380 °C). Assim, o fusível é projetado para suportar corrente elétrica máxima que pode se estabelecer em um circuito elétrico. Nesse sentido, um fusível pode apresentar diversas indicações de corrente elétrica, tais como, 1 A, 2 A, 20 A, 30 A, etc. Essas indicações apontam valores máximos de corrente elétrica que não o danifica e nem o circuito que esteja sob sua proteção.

• Qual a indicação de um fusível de proteção de um chuveiro de 4.400 W conectado a uma rede de 220 V?

• Em um comércio há oito salas, cada uma deve ser iluminada por uma lâmpada de 100 W, e dois corredores, cada um contendo uma lâmpada de 100 W.

• Qual a potência total consumida, se as lâmpadas forem acesas simultaneamente?

• Sendo a tensão de entrada do comércio igual a 110 V determine a corrente necessária para alimentar todas elas ligadas simultaneamente?

• Considerando a questão anterior pode-se dizer que um fusível de 10 A pode proteger esse circuito?

No caso de circuitos mais robustos, isto é, que suportam correntes intensas utiliza-se os disjuntores. No do sistema elétrico, em questão, deve-se instalar disjuntores termomagnéticos unipolares, bipolares e ou tripolares em função do fornecimento monofásico, bifásico e trifásico, respectivamente. Sua instalação deve ser feita no padrão de entrada de forma que fique antes do medidor de energia elétrica. Na rede da CEB os disjuntores suportam no máximo 4,5 KA em rede aérea e 10 KA em caso de rede subterrânea.

CABOS E FUSÍVEIS NH	
SECÇÃO (mm ²)	NH (A)
50	125
70	160
95	200
120	224
150	250
185	300
240	355
300	400
400	425

Tabela 4.4 Norma técnica de distribuição (NTD - 605)- CEB agosto de 2013

Obs: Os fusíveis NH são aplicados na proteção de sobrecorrentes de curto-circuito em instalações elétricas. (NH são as iniciais de Niederspannungs Hochleistung, que em língua alemã significa "Baixa Tensão e Alta Capacidade de Interrupção").

CONSUMO

Levantamento de Conhecimentos Prévios:

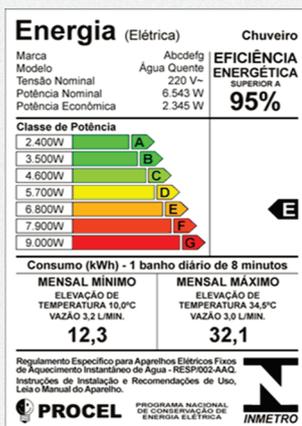
- 1 Todos os aparelhos elétricos de nossas casas apresentam a mesma potência?
- 2 É possível calcular o gasto mensal com cada aparelho elétrico de nossas residências?
- 3 Você já pensou como devemos proceder para calcular o custo de um bom banho?
- 4 Cite algumas medidas simples que possam contribuir para a economia de energia em nossas residências?

Agora que já sabemos como a energia armazenada nas águas das barragens é convertida em energia elétrica, bem como a energia elétrica é transmitida das usinas até as nossas casas, estudaremos a forma com que nos é cobrado pelo uso dessa energia. Para esse fim, no primeiro momento veremos como podemos estimar o valor da nossa conta de energia elétrica, e por fim, analisaremos como a companhia operadora da energia elétrica nos cobra por esse consumo.

Fazendo uma estimativa da conta de energia

Em todos os aparelhos elétricos que utilizamos em nossa residência, há uma pequena placa, geralmente localizada na parte de trás do aparelho, informando o valor eficaz da tensão elétrica que deve alimentá-lo, bem como da potência por ele dissipada.

Tendo em vista que essa informação pode ser encontrada em todos os aparelhos elétricos de nossa residência, podemos realizar um inventário dentre todos os aparelhos que utilizamos e estimar o nosso consumo de energia elétrica.



No inventário deve conter a potência do aparelho, bem como o tempo que permanece em funcionamento. Para ilustrar um inventário, a tabela 5.1 apresenta os aparelhos elétricos presentes numa suposta residência, com os respectivos valores de potência elétrica dispostos na pequena placa, o tempo que cada um permanece ligado durante o dia, bem como a quantidade de dias de uso por mês.

APARELHO	POTÊNCIA MÉDIA	TEMPO DE USO DIÁRIO	QUANTIDADE DE DIAS DE USO POR MÊS
Chuveiro Elétrico	450 W	30 min	30
Computador	150 W	4h	30
Ferro Elétrico	200 W	45 min	8
Forno Microondas	1000 W	15 min	30
Geladeira	130 W	24h	24h
Lâmpada Fluorescente	15 W	6h	30
Lâmpada Incandescente	100 W	6h	30
Televisão	60 W	5h	30
DVD	10 W	3h	4
Ventilador	120 W	4h	30

Tabela 5.1: Inventário dos aparelhos elétricos de uma residência .

Tendo feito o inventário, o próximo passo é determinar a energia elétrica consumida em sua casa em um mês. Para isso, lembremos que a energia consumida por um aparelho elétrico é a potência por ele utilizada ao longo do tempo. Se nos recordarmos da equação da potência elétrica ($P = \frac{E}{\Delta t}$), onde ($E = P \cdot \Delta t$) representa a energia consumida pelo aparelho e Δt representa o tempo que o aparelho permaneceu em funcionamento, podemos encontrar a energia consumida por um determinado aparelho multiplicando sua potência média pelo tempo de uso.

Faremos isso para cada aparelho da tabela 1. Antes disso, nos lembramos de que a unidade de energia utilizada pelas companhias elétricas é o quilowatt-hora (kWh), a qual representa 1000 watt-hora (Wh). Em nossos cálculos, a potência deve ser dada em watt e o tempo em horas. Faremos o cálculo detalhado do consumo mensal do chuveiro elétrico, o consumo dos demais aparelhos estão dispostos na tabela 5.2 e o cálculo será deixado como exercício.

O tempo de utilização diário do chuveiro é 30 min. Temos que converter esse tempo para hora; como 1h = 60 min, basta dividirmos por 60. Assim, obtemos que o tempo diário de utilização é igual a 0,5h. Como a potência do chuveiro elétrico é igual a 4500W, o seu consumo diário de energia elétrica é dado por $4500 \cdot 0,5 \text{ W.h} = 2250 \text{ Wh}$. No mês, o chuveiro é utilizado por 30 dias, logo a energia consumida pelo chuveiro em um mês é dada por $2250 \cdot 30 = 67500 \text{ Wh}$. Para escrever

APARELHO	ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA EM 1 MÊS (30 DIAS)
Chuveiro Elétrico	67,5 kWh
Computador	18 kWh
Ferro Elétrico	1,2 kWh
Forno Microondas	7,5 kWh
Geladeira	93,6 kWh
Lâmpada Fluorescente	2,7 kWh
Lâmpada Incandescente	18 kWh
Televisão	9 kWh
DVD	0,12 kWh
Ventilador	14,4 kWh
TOTAL	232,02 kWh

Tabela 5.2: Inventário de energia elétrica mensal.

Percebemos que na residência fictícia apresentada há um consumo mensal de 232,02 kWh. Contudo, qual é o procedimento da companhia de energia elétrica para medir este valor? Esse é o assunto da próxima seção.

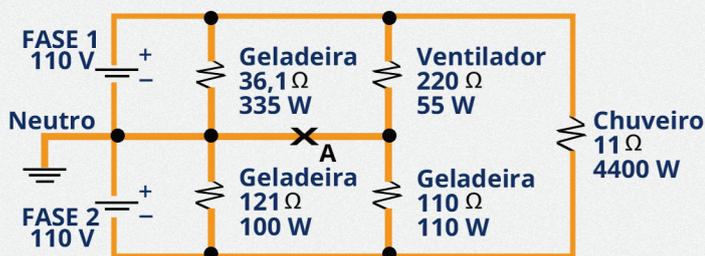
Antes de iniciarmos a discussão da próxima seção vamos comentar sobre circuitos residenciais. Sabemos que as companhias de distribuição de energia fornece tensão de 220 V ou 110 V. Essa distribuição é feita por cabos condutores presos a postes, geralmente distribuídos nas calçadas. De forma geral, a energia elétrica é conduzida para o interior das residências por três fios provenientes do poste para o relógio de luz. O mesmo mede a taxa de energia consumida na residência.

Dos três fios que são conectados ao relógio, dois são energizados, ou seja, conduzem energia elétrica, que por sua vez são denominados fase, e outro fio, que não conduz energia, é o denominado neutro. Desse modo, a rede é denominada bifásica com tensão de 220 V ou 110 V. No caso da rede conter apenas dois fios, um neutro e outro fase, a rede é denominada monofásica.

Todos os fios que chegam ao relógio de luz devem ser ligados ao disjuntor?

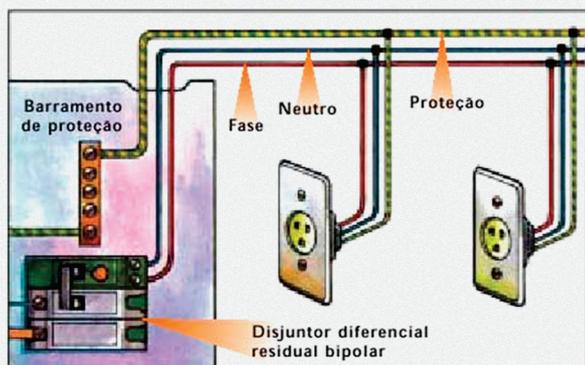
No sentido de se evitar uma sobrecarga no interior da residência ligam-se os fios fase no disjuntor. Dessa forma, pode-se proteger o circuito residencial.

A maioria dos aparelhos elétricos no Brasil utiliza tensão de 110 V. No caso de uma alimentação com esse valor, bifásico, as tomadas possuem uma ligação de forma que utilizam apenas um fio fase e o neutro. Dessa maneira, um dos fios fase não é utilizado. Em caso de se utilizar 220 V usam-se dois fios fase. Esse tipo de ligação é destinado a aparelhos que consomem muita energia como é o caso dos chuveiros.



Como o próprio nome diz, o fio terra é ligado à terra no intuito de evitar que o usuário leve um choque ao manusear os aparelhos elétricos. A resistência desse fio, que é de cobre, é menor que a do corpo humano. Nesse sentido, a corrente elétrica excedente no aparelho escoar pelo fio terra até a terra, evitando que as pessoas tomem choque.

CIRCUITO DE TOMADAS DE USO GERAL (FN)



- **VERMELHO:** SÃO CONECTADOS OS FIOS FASE;
- **AZUL:** É CONECTADO O FIO NEUTRO, (PARA O CASO DE 110 V);
- **VERDE:** O FIO TERRA.

MEDIÇÃO E COBRANÇA DA ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA POR UMA RESIDÊNCIA

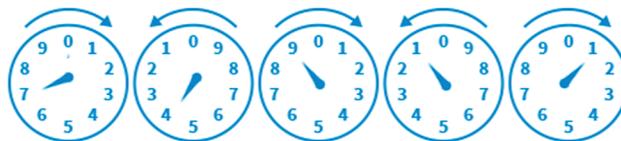
A companhia responsável pelo fornecimento da energia elétrica deve conhecer o valor energético mensal consumido por cada residência para realizar a cobrança devida. Para isso, em cada residência há um medidor, também conhecido como relógio de luz, o qual é lido por um funcionário da companhia duas vezes por mês, uma no início e outra no final do mês.

A diferença entre as duas leituras indicará o consumo da residência. Há medidores analógicos e digitais. O modelo mais comum do medidor é analógico. Tendo em vista que este é o modelo mais comum, explicaremos como efetuar a leitura neste modelo. Para esse fim, tomaremos como base a figura 5.3 e as etapas descritas a seguir. Lembre-se que a leitura corresponde sempre ao último número ultrapassado pelo ponteiro no seu sentido de rotação.



COMO LER O RELÓGIO DE LUZ

Medidor relógio



1. Note que da direita para esquerda o primeiro, o terceiro e o quinto relógios giram no sentido horário, enquanto os outros giram em sentido anti-horário. A leitura deve ser feita da direita para a esquerda

2. Devemos anotar o número do primeiro ponteiro, neste caso o número 7. Ao visualizar este primeiro ponteiro, temos que nos atentar que a volta ainda não foi completada, o que nos indica que no próximo ponteiro, o qual marca 5, devemos anotar o 4.

3. Ou seja, para efetuar a leitura de um ponteiro, devemos sempre observar o anterior. Caso o ponteiro da direita esteja caminhando para o zero, significa que o algarismo deste segundo relógio ainda não foi ultrapassado. Porém, caso o ponteiro da direita já tenha ultrapassado o zero, o algarismo a ser indicado neste segundo relógio será ele próprio.

4. Se o ponteiro estiver entre dois números, devemos anotar o menor dos dois algarismos.

Seguindo a metodologia apresentada, temos que: da direita para a esquerda o primeiro ponteiro marca 7, o segundo marca 4, o terceiro marca 9, o quarto marca 1 e o quinto marca 1. Sendo assim, o medidor está indicando nesta leitura 11947.

Supondo que a leitura do mês anterior tenha dado 10321, o consumo do mês foi de $11947 - 10321 = 1626$ kWh.

E agora, o que fazer com este número? Na próxima seção analisaremos uma conta de energia elétrica e visualizaremos a forma com que a companhia energética se apropria dessa medição.

5. Duas leituras mensais são necessárias porque o valor indicado é cumulativo, ou seja, o relógio não é zerado a cada leitura. Na prática, o funcionário da companhia energética mede uma vez por mês, utilizando como referência (primeira leitura) a leitura do mês imediatamente.

A CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

Nesta seção, estudaremos a forma com que a companhia energética nos cobra a energia elétrica que consumimos por mês. No caso dos moradores de Brasília, a companhia é denominada CEB – Companhia Energética de Brasília. A nossa discussão tomará como referência a figura 5.4 colocada logo abaixo, a qual traz o modelo de conta da CEB.

Figura 5.4: Modelo de conta da CEB

1. Nessa área da conta está disposta os dados da companhia que administra o fornecimento de energia elétrica da sua cidade, que neste caso é a CEB.
2. Nesse ponto aparece o nome e o endereço do cliente.
3. Essa região é destinada às informações básicas da conta: o mês referência, o vencimento, o consumo e o total a pagar.
4. Nessa área estão dispostas as datas das últimas leituras realizadas, bem como da próxima.
5. Nesse ponto são mostrados os valores da leitura: a marcação do relógio no momento da leitura, a marcação do relógio no mês anterior, a diferença entre essas duas marcações, o número de dias e o fator multiplicador.
6. Nessa região, aparecem os dados mais específicos do cliente, tais como o CPF, a classificação do usuário, e o tipo de medidor (relógio).
7. Essa área traz um histórico do consumo do cliente.
8. Nesse ponto temos uma descrição da conta.

Façamos um breve detalhamento dos pontos relacionados anteriormente. Conforme percebemos, a região 3 da conta disposta na figura 5.3 mostra o consumo do mês da leitura, bem como do mês anterior. Na seção 5.2 vimos que o medidor registra o consumo continuamente; dessa forma, para descobrirmos o consumo devemos subtrair esses dois valores. No exemplo dado, o consumo é igual a 2002 kWh (81600 – 79598). Ainda na região 3, temos o número de dias que o medidor registrou entre as duas medições, bem como o fator multiplicador, o qual é igual a 1,0 para o medidor do tipo mais comum. Caso o fator de multiplicação seja diferente de 1,0, ele deve ser multiplicado pela diferença entre as duas leituras para nos fornecer o consumo.

Na região 8 da conta, há o detalhamento da cobrança. Nela aparece o valor cobrado por quilowatt-hora consumido. É importante comentar que o valor do quilowatt-hora não é fixo, variando para diferentes faixas de consumo, bem como para diferentes consumidores. No caso da conta de energia apresentada na figura 5.3, a classificação do consumidor é comercial e o valor de cada quilowatt-hora por ele consumido custava R\$ 0,4065617. Nesse sentido, para obtermos o valor que deverá ser pago, multiplicamos o consumo pelo valor unitário do quilowatt-hora, isso nos fornece R\$ 813,93. Em Brasília, além do consumo, cliente também paga uma tarifa de iluminação pública, pela qual era cobrado R\$ 121,96. Portanto, o valor que deverá ser pago pelo cliente nesta conta de energia será a somado do valor do consumo com a referida tarifa, o que nos dá R\$ 935,89.

ECONOMIA

Apesar do acesso a energia elétrica nos parecer tão fácil, disponibilizar a energia nessa forma não é tão simples assim. Um bom exemplo disso são as constantes ameaças de racionamento no fornecimento de energia elétrica que são noticiadas pelo Brasil a fora. Conforme estudamos nos capítulos anteriores, a energia é uma constante da natureza que constantemente se transforma de uma forma para outra. Ou seja, sempre haverá energia. Porém, a pergunta que deve ser feita é a seguinte: sempre haverá energia na forma que precisamos? A resposta pode ser negativa caso continuemos com maus hábitos de consumo. Assim, para evitarmos que nos falte essa forma energética tão fundamental no nosso cotidiano, devemos nos conscientizar e tomar uma nova postura em relação ao seu consumo. Enumeramos a seguir algumas medidas simples, que adequadas ao nosso dia a dia, nos ajudarão a economizar energia elétrica, quais sejam:

Não colocar alimentos quentes na geladeira, pois eles exigem maior gasto de energia para a refrigeração;

Evite abrir a porta da geladeira muitas vezes seguidas, ou seja, pegue de uma única vez tudo aquilo que for utilizar;

Descongele a sua geladeira periodicamente, pois uma camada grossa de gelo também aumenta o consumo (o gelo é isolante térmico);

Lembre-se que o chuveiro representa cerca de 25% do consumo de energia elétrica de uma residência. Logo, não demore no banho e limpe regularmente os orifícios de saída de água;

Ainda em relação ao chuveiro, dê preferência ao uso da posição verão;

Evite acender as lâmpadas durante o dia;

Dê preferência às lâmpadas fluorescentes, pois elas duram em média 8000 horas, enquanto as incandescentes duram 1000 horas;

Nunca deixe a televisão ligada quando não tiver ninguém assistindo;

Só utilize a máquina de lavar após ter juntado uma quantidade de roupa correspondente à sua capacidade máxima;

Limpe o filtro da máquina de lavar com frequência;

Em relação ao ferro de passar, lembre-se que toda vez que você o liga, ele demora cerca de 5 minutos para esquentar toda a superfície e gasta muita energia. Sendo assim, acumule a maior quantidade de roupas possível para passá-las de uma só vez;

Ao passar a roupa, obedeça a temperatura indicada a cada tipo de tecido.

Além dos cuidados citados acima, é importante manter as instalações elétricas de forma adequada, utilizando fios de espessura específica para cada intensidade de corrente elétrica que os percorrerá, evitando assim, perdas de energia e aquecimento excessivo, que podem ser causa de incêndios.

Lembre-se que economizando energia elétrica você estará colaborando com o bem-estar não só da sua geração, como também com o de gerações futuras. Além disso, economizará um bom dinheiro.

ATIVIDADES PROPOSTAS

1. Faça um inventário dos aparelhos elétricos da sua casa e estime o valor da conta de energia elétrica.

2. Enumere atitudes diferentes das apresentadas no texto que nos ajudariam a economizar energia elétrica.

3. Pesquise algumas razões pelas quais as lâmpadas fluorescentes serem mais econômicas que as incandescentes. Para a sua resposta ficar bem fundamentada, embase sua resposta numa pesquisa sobre os seguintes termos: intensidade luminosa, eficiência luminosa, nível de iluminação, fluxo luminoso.

Elementos

de *Eletrodinâmica*
& Um passeio no Lago

