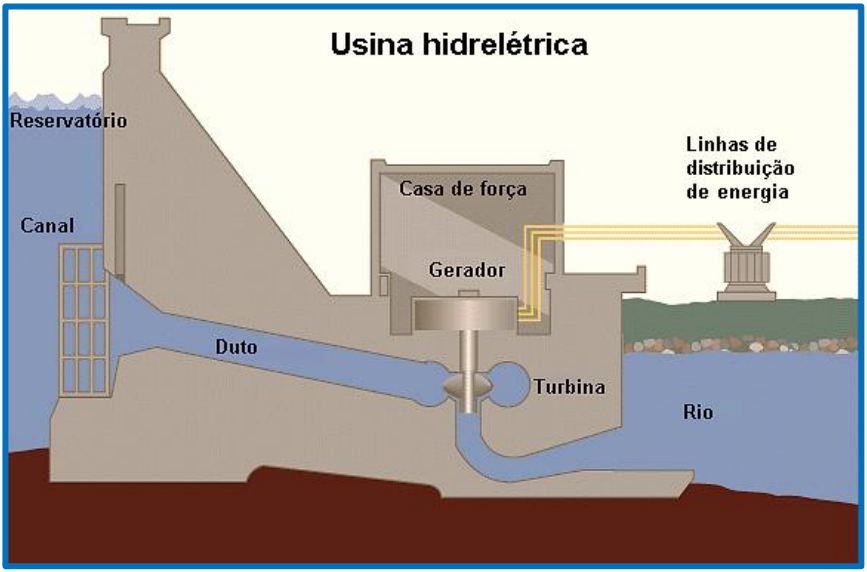
Jurandir Primo

# Energia Hidrelétrica
# Sistemas Fluviais & Marítimos



# Energia Hidrelétrica
# Sistemas Fluviais & Marítimos

*Jurandir Primo*
*Copyright @ 2020*
*1ª edição – janeiro de 2021*

*Capa: Jurandir Primo – Sorocaba/SP*

*Primotech - Engineering Manuals*

*Primo, Jurandir*

*Hidrelétrica, Energia Elétrica, Eletricidade, Potencial Elétrico.*

*Índice para pesquisas: Sistemas de Energia Elétrica*

*ISBN:*

*Livro no sistema de auto-publicação cuja edição, revisão, diagramação e capa foram selecionadas pelo próprio autor, para diminuir custos e facilitar a todos os interessados em engenharia e tecnologia.*

*O autor permite que todas as partes do livro possam ser copiadas ou reproduzidas para fundamentos educacionais, instrutivos e treinamento técnico.*

*Para adquirir esta ou outras publicações do autor, enviar solicitação para:*

*primotechcourses@hotmail.com*

***INDICE:***


***I. INTRODUÇÃO***

***II. HISTÓRIA DA ELETRICIDADE & HIDROENERGIA***

***III. GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA***

***IV. TIPOS DE HIDRELÉTRICAS***

***V. USINAS HIDRELÉTRICAS CONVENCIONAIS***

***VI. TURBINAS HIDRELÉTRICAS***

***VII. GERAÇÃO DE ENERGIA DAS ONDAS DO MAR***

***VIII. ENERGIA TÉRMICA DO OCEANO***

***IX. IMPACTOS AMBIENTAIS POR HIDRELÉTRICAS***

***X. LINKS AND REFERENCIAS***

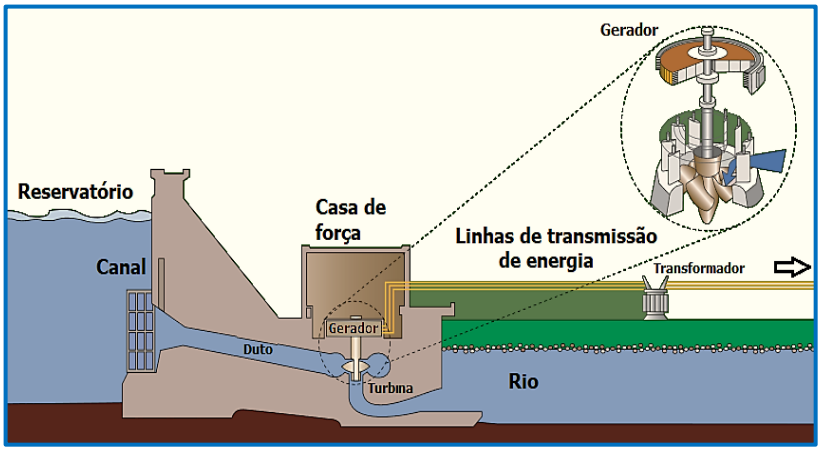
# I. INTRODUÇAO

A energia hidrelétrica em um conceito simples é o processo de usar cachoeiras para acionar **turbinas e geradores** para produzir eletricidade. Como o ciclo da água é um sistema sem fim e em constante recarga, a energia hidrelétrica é considerada uma energia renovável. Existem vários tipos de instalações hidrelétricas, que são alimentadas pela energia cinética da água corrente à medida que se move rio abaixo. Turbinas e geradores **convertem** a energia em eletricidade, que alimenta uma rede elétrica usadas em residências, empresas e indústrias.

A energia hidrelétrica ou energia hidráulica (do grego “*hidra*”, "*água*") é a energia derivada da força da queda d'água ou da água corrente, que pode ser aproveitada para fins de energia elétrica. Desde os tempos antigos, a energia hidrelétrica de vários tipos de **moinhos** de água tem sido usada como uma fonte de energia renovável para irrigação e operação de vários dispositivos mecânicos, como serrarias, moinhos têxteis, elevadores domésticos e assim por diante.

O custo da **hidroeletricidade** é relativamente baixo, o que a torna uma fonte competitiva de eletricidade renovável, uma vez que a quantidade produzida pela estação pode ser aumentada ou diminuída muito rapidamente para se adaptar às mudanças nas demandas de energia. No entanto, represar o fluxo dos rios pode prejudicar os **ecossistemas** locais, e a construção de grandes represas e reservatórios frequentemente envolve o deslocamento de pessoas e animais selvagens. Depois que um complexo hidrelétrico é construído, o projeto não produz resíduos diretos e tem um nível de produção de gás de efeito estufa dióxido de carbono (CO2) consideravelmente menor do que as usinas movidas a combustível fóssil.

A maior parte da energia hidrelétrica vem da energia potencial da água represada que **aciona** uma turbina hidráulica e um gerador. Essa diferença de altura entre a superfície da água e a entrada na comporta, é chamada de altura manométrica. Um grande duto (na "comporta") **conduz** a água do reservatório para acionar a turbina, que, por sua vez, aciona o gerador para produzir eletricidade, bombeando elétrons para um transformador de distribuição e, portanto, para a rede. A **potência** elétrica extraída da água depende do volume e da diferença de altura entre a nascente e a saída de água.




Os sistemas de bombeamento fornecem atualmente os melhores e mais importantes meios de armazenamento de energia em redes elétricas de grande escala e melhoram o fator de capacidade diário do sistema de geração. Onde uma **queda d'água** atende a múltiplos propósitos, uma estação hidrelétrica pode ser adicionada com custo de construção relativamente baixo, já que as estações hidrelétricas têm longa vida econômica, com algumas usinas ainda em serviço após 50 - 100 anos. O custo operacional da mão de obra também costuma ser baixo, já que as hidro

usinas são automatizadas e têm poucos funcionários no local durante a operação normal.

Como as hidrelétricas não queimam combustíveis fósseis, também não **produzem** dióxido de carbono diretamente, pois a hidroeletricidade produz a menor quantidade de gases de efeito estufa. Os maiores impactos de emissão de gases de efeito estufa são encontrados principalmente em regiões tropicais, porque nessas regiões, os reservatórios produzem uma quantidade maior de **metano**, do que em áreas temperadas. Isso se deve aos materiais vegetais em áreas inundadas, que se decompõem em ambiente **anaeróbio** a partir do metano, um gás de efeito estufa. Comparando energias sustentáveis, a **energia eólica** vem em segundo lugar, e em terceiro a **solar fotovoltaica**.

A energia hidrelétrica é produzida em 150 países, com a região da Ásia-Pacífico gerando **32%** da energia hidrelétrica global em 2010. Em comparação com os parques eólicos, as usinas hidrelétricas têm um **fator de carga** mais previsível, pois podem ser facilmente reguladas para acompanhar as variações na demanda. Em comparação com a **energia nuclear**, a construção da hidroeletricidade requer a alteração de grandes áreas do meio ambiente, enquanto uma usina nuclear tem uma pegada pequena e, de acordo com as estatísticas, as falhas em usinas hidrelétricas causaram mais mortes do que falhas em usinas nucleares.

Um transformador de distribuição fornece a transformação final da tensão no sistema de distribuição de energia elétrica, reduzindo a alta tensão usada nas linhas de distribuição até o nível comum usado pelos clientes. Os transformadores **convertem** a alta tensão "*primária*" das linhas de distribuição subterrâneas na tensão "*secundária*" mais baixa dos fios de distribuição e normalmente usam um sistema **trifásico**.

A tensão primária fornece energia nas tensões de distribuição padrão usada na área, que variam de **2.300 volts** a cerca de **35.000 volts**, dependendo dos padrões e da prática de distribuição local; mas geralmente são usados sistemas de **11.000 V** (em sistemas de **50 Hz**) e **13.800 V** (em sistemas de **60 Hz**), mas muitas outras tensões também podem ser usadas. Nos EUA e nos países da América do Sul que usam este sistema, a tensão **secundária** é normalmente a fase dividida **120/240 V**. Em seguida, **três fios** percorrem a linha até um medidor elétrico e posteriormente, um painel de serviço dentro do edifício.

Na Europa, a tensão secundária é geralmente o sistema trifásico **400Y/230**. Existem três enrolamentos secundários de 230 V, cada um recebendo energia de um enrolamento primário conectado a uma das fases primárias. Uma extremidade de cada enrolamento secundário é conectada a um fio "*neutro*", que é aterrado. A outra extremidade dos 3 enrolamentos secundários é trazida para o painel de serviço. Em seguida, as cargas de **230 V** são conectadas entre qualquer um dos fios trifásicos e o neutro.

**Nota:** Na conexão estrela Y (ou WYE em inglês), três extremidades comuns de cada fase são conectadas em um terminal comum (marcado como "N" para neutro), e as outras três extremidades estão conectadas a uma linha trifásica. Uma fonte elétrica trifásica em conexão estrela Y, 230 V é a tensão de qualquer fase para o neutro e 400 V é a tensão de qualquer fase para qualquer outra fase.

**Obs.**: 380Y/220V era a voltagem comum na Europa. Atualmente 400Y/230V é agora a tensão preferida.

No Brasil, tensões secundárias mais altas, como **380 V e 480 V**, são geralmente usadas para usos comerciais e industriais. Alguns clientes comerciais e industriais requerem energia trifásica

em tensões secundárias. Então, para fornecer essa tensão, transformadores trifásicos são usados. Nos Estados Unidos, que usa principalmente transformadores **monofásicos**, três transformadores monofásicos idênticos são frequentemente **ligados** em um banco de transformadores em uma conexão "*Y*" ou "*Delta*", para criar um transformador trifásico.

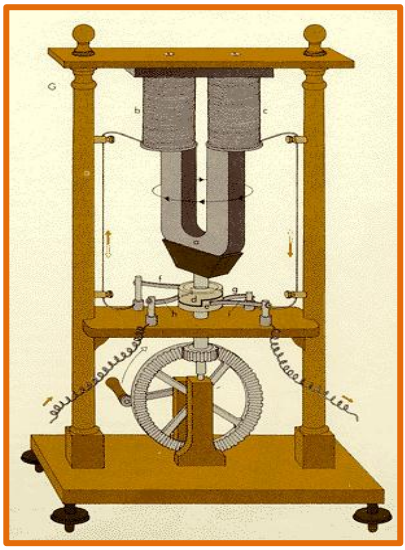
## II. HISTÓRIA DA ELETRICIDADE & HIDROENERGIA:

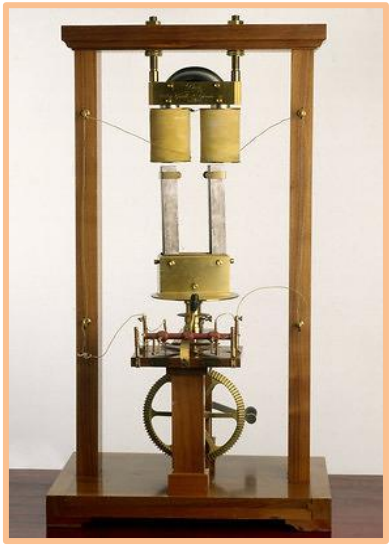
No século XVIII, antes que a conexão entre magnetismo e eletricidade fosse descoberta, geradores eletrostáticos já eram usados, mas tais geradores geravam voltagem muito alta e corrente baixa. O princípio de funcionamento dos geradores eletromagnéticos foi desenvolvido nos anos de 1831 a 1832 por Michael Faraday, mais tarde chamado de **lei de Faraday**, que é uma força eletromotriz através de um condutor elétrico que circunda um fluxo magnético variável. Michael Faraday (1791 - 1867) foi um cientista inglês que contribuiu para o estudo do eletromagnetismo e da eletroquímica.

O **dínamo** foi o primeiro gerador elétrico capaz de fornecer energia para a indústria. O dínamo usa indução eletromagnética para converter rotação mecânica em corrente contínua (DC), por meio do uso de um comutador. O primeiro dínamo básico foi construído por **Hippolyte Pixii** em 1832. O dínamo moderno, próprio para uso em aplicações industriais, foi inventado em 1867 por **Sir Charles Wheatstone e Werner von Siemens**. Na década de 1870, a Siemens usou dínamos eletromagnéticos para alimentar fornos elétricos a arco para a produção de metais e outros materiais.

James Edward Henry Gordon (1852 - 1893) um engenheiro elétrico britânico, em 1875, **publicou** resultados de experimentos com constantes elétricas feitos no Laboratório Cavendish, sob a

supervisão de **James Clerk Maxwell**, cujas palestras foram publicadas em 1879. Entre 1880 e 1884 trabalhou para a "*The Telegraph Construction and Maintenance Company*", construindo grandes dinamismos movidos a vapor, com o intuito de substituir o gás como fonte de iluminação. Ele também projetou grandes máquinas elétricas, como um alternador de 350 quilowatts com geradores de corrente alternada (CA).





Máquina eletromagnética de Pixii, 1832.

**Thomas Alva Edison** (1847 - 1931) foi um inventor e empresário americano. Em 1878, Edison começou a trabalhar em um sistema de **iluminação** elétrica; algo que ele esperava poderia competir com a iluminação a gás e petróleo. Neste mesmo ano, Edison formou a **Edison Electric Light Company** na cidade de Nova York, com vários financiadores, incluindo o banqueiro J. P. Morgan e os membros da família Vanderbilt.

Depois de muitos experimentos, primeiro com **filamentos** de carbono e com platina e outros metais, Edison continuou a apri-

morar seu projeto e, em novembro de 1879, desenvolveu uma **lâmpada elétrica** usando "*uma tira de filamento de carbono enrolada e conectada a fios de contato de platina*", a primeira **luz incandescente** comercialmente prática (hoje com filamento de tungstênio). Edison fez a primeira demonstração pública de sua lâmpada incandescente em 31 de dezembro de 1879, em Menlo Park. Foi nessa época que ele disse: "*Um dia faremos eletricidade tão barata, que só os ricos acenderão velas*".

Em maio de 1879, Henry Villard, presidente da Oregon Railroad and Navigation Company, solicitou que Edison instalasse seu sistema de **iluminação elétrica** a bordo do seu novo navio a vapor de sua empresa, o Columbia. Em maio de 1880, o Columbia foi enviado para a cidade de Nova York e Edison e seu pessoal instalaram seu **novo** sistema de iluminação e, devido a isso, o Columbia se tornou a primeira aplicação comercial de Edison para sua lâmpada incandescente. Em 1882, Edison seguiu com seu "*utilitário*" de distribuição elétrica em corrente direta (**DC)**, projetado para negócios internos e uso residencial como a alternativa de **progresso** para iluminação a gás e óleo.

Em 1886, William Stanley, Jr. (1858 - 1916), um engenheiro elétrico americano, **projetou** uma das primeiras instalações elétricas (uma loja na Quinta Avenida, Nova York) fornecendo iluminação elétrica com o uso de **corrente alternada (AC)**, composta por geradores, transformadores e linhas de alta tensão. Os circuitos de **bobina** desenvolvidos por Stanley deram início aos **transformadores,** hoje a base da distribuição de energia elétrica moderna. Posteriormente, concordando que o sistema **AC** era mais prático do que **DC**, George Westinghouse contratou Stanley como seu engenheiro-chefe em sua fábrica em Pittsburgh.

No mesmo ano, no verão de 1886, a Westinghouse testou o sistema **AC** em Pittsburgh, usando um **alternador** projetado por

Stanley para substituir o modelo da Siemens, que tinha uma tensão mal regulada, para transmitir eletricidade a uma distância de **3 milhas**. Satisfeito com o sistema piloto, a Westinghouse iniciou a produção de corrente alternada comercial e deslocou sua empresa para Buffalo, NY, onde uma concessionária local a colocou em serviço. Além disso, os pedidos para instalação de **25 plantas** com corrente alternada, se seguiram em poucos meses.

Logo após, a Westinghouse começou a construir um sistema de corrente alternada, usando um transformador para aumentar a tensão para **transmissão de longa distância**, em seguida, se voltou para iluminação interna, com um sistema mais eficiente e menos caro, mas que **competia** diretamente com o sistema **DC** de Thomas Edison. Como muitas outras empresas aderiram, a corrente alternada (**AC**) se espalhou rapidamente, e assim no início de 1888, a empresa de Edison reclamou judicialmente, que a corrente alternada era perigosa e inferior ao sistema de corrente direta (**DC**) já patenteada.

Desse modo, na primavera de **1888**, um furor na **mídia** surgiu, devido a uma série de **mortes** causadas por linhas **elétricas** de alta tensão **AC** na cidade de Nova York, atribuídas à ganância e insensibilidade das empresas de iluminação locais. Naquele mesmo ano, um engenheiro elétrico nova-iorquino chamado Harold P. Brown ganhou destaque como **adversário** do uso da corrente alternada, alegando que as empresas de iluminação com base em AC colocavam o público em risco ao usar altas tensões e instalá-lo em um maneira **desleixada**. A campanha de Brown ganhou imediatamente a ajuda de Edison, ajudando Brown na **eletrocussão** pública de **animais** com AC, tentando provar a alegação de Brown de que AC era **mais perigoso** do que DC.

Em 1890, William Stanley fundou a Stanley Electric Manufacturing Company em Pittsfield, Massachusetts, e depois de 1891,

alternadores **polifásicos** foram introduzidos para fornecer correntes de várias **fases** diferentes. Em 1903, a General Electric Corporation comprou o controle acionário da empresa de Stanley. Atualmente, é o site do William Stanley Business Park de Berkshires, em Pittsfield. Os **alternadores** posteriores foram projetados para várias frequências de corrente alternada entre **60** e cerca de **100 Hertz**, para uso com iluminação de arco, iluminação incandescente e motores elétricos.

**Guerra das Correntes:** Às vezes também chamada de "*Batalha das Correntes*", foi determinada por uma série de eventos, devido a uma forte competição de transmissão de energia elétrica, sendo a ***corrente contínua*** (DC) baseada na Edison Electric Light Company e a ***corrente alternada*** (AC) baseada na Westinghouse Electric Company, com a patente licenciada do motor de indução polifásico da Tesla.

**Niagara Falls:** É o nome coletivo das **três cachoeiras** que se estendem pela fronteira internacional entre o Canadá e os Estados Unidos; mais especificamente, entre a província de Ontário e o estado de Nova York. Localizadas no rio Niagara, que drena o Lago Erie para o Lago Ontário, as quedas combinadas formam a maior taxa de fluxo de qualquer cachoeira do mundo, com uma queda vertical de mais de 165 pés (50 m).

Em **1890**, a Comissão Internacional do Niágara com cinco membros chefiada por Sir William Thomson, entre outros cientistas ilustres, deliberou sobre a **expansão** da capacidade hidrelétrica do Niágara com base em dezessete propostas, mas não conseguiu selecionar nenhum dos melhores projetos combinados para desenvolvimento hidráulico e distribuição. No final de 1890, a empresa "*Niagara Falls Power Company*" ofereceu um prêmio de US $ 100.000, para quem desenvolvesse um método de transmissão de eletricidade para longas distâncias.