

HISTÓRIA DAS USINAS HIDRELÉTRICAS

Geraldo Magela Pereira

Delfino L. G. Gambetti

Resumo – O presente trabalho apresenta um resumo sobre a história das usinas hidrelétricas. A geração de energia hidrelétrica se iniciou em 1882 com a implantação da Usina Vulcan Street Plant, rio Fox, no estado do Wisconsin (EUA), com potência instalada de 12,5 kW.

Abstract – This paper presents a summary of the history of hydroelectric plants. Hydroelectric power generation began in 1882 with the installation of the Vulcan Street Plant, on the Fox River, in the state of Wisconsin (USA), with an installed capacity of 12.5 kW.

Palavras-Chave – Usinas hidrelétricas; Energia elétrica; Projetos e construção.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta um resumo sobre a história das usinas hidrelétricas, extraído do livro Projeto de Usinas Hidrelétricas Passo a Passo do autor (2015).

2. HISTÓRIA DAS USINAS HIDRELÉTRICAS

As barragens têm servido aos povos por pelo menos 5.000 anos, como atestam as ruínas de obras pré-históricas de irrigação na Mesopotâmia, no Egito, Índia, Pérsia e no Extremo Oriente (Jansen, 1983). O Quadro 1 apresenta uma cronologia do conhecimento da água.

Quadro 1 –Cronologia de conhecimento a respeito da água antes de Cristo (a. C.). Mays (1999).

Período	Tipo de Uso
Pré-histórico	Minas de água, fontes naturais.
III a II milênio a.C.	Barragens, Cisternas e Poços.
II milênio a.C.	Suprimento de água por gravidade: canais e condutos.
Século VIII a VI a.C.	Linhas longas de abastecimento de água com túneis e pontes, bem como intervenções para aproveitamentos de água cárstica.
Século VI a.C.	Banheiros públicos: banheiras, chuveiros, latrinas, lavanderia. Uso definitivo de dois ou três tipos de qualidade de água: potável, sub potável e não potável, incluindo uso para irrigação.
Século VI a III a.C.	Tubos pressurizados e sistemas de sifão.

A história remota das barragens não é bem conhecida. Muitas datadas de antes de 1.000 A.C. podem ser apenas estimadas. Isto é particularmente verdade no Egito antigo, cuja cronologia peculiar, às vezes, lança apenas uma fraca luz em muitas dinastias e suas realizações de engenharia. Ruínas de obras antigas na Índia e Sri Lanka (Ceilão) oferecem alguma evidência de como os reservatórios de água foram criados pelas civilizações antigas. Um dos métodos comuns de construção envolvia as barreiras de terra através dos rios. Alguns dos lagos formados ocupavam vastas áreas.

Os materiais de construção eram transportados em cestas ou outros *containers*. A compactação era realizada incidentalmente pelos pisotear dos pés dos transportadores. Até hoje em alguns países onde os custos do trabalho são relativamente baixos, esse método é usado. Os construtores antigos fizeram uso livre de solos e cascalhos. Como eles só tinham um leve conhecimento da mecânica dos materiais e dos escoamentos das cheias, seus métodos eram ao acaso, e, frequentemente, suas obras ruíam.

No Egito antigo, a construção de canais foi o maior esforço dos faraós. Os primeiros deveres dos governadores das províncias eram a escavação de canais (e reparos), os quais eram usados para irrigar grandes extensões de terras nas épocas de cheia do rio Nilo. A terra foi retalhada com pequenas bacias através de um sistema de diques. Como reportado pelo USBR-United States Bureau of Reclamation, (Jansen, 1983), um dos registros mais antigos de obras de engenharia é o relativo à fundação da cidade de Memphis, junto ao rio Nilo, a qual pode ser estimada entre 5.700 e 2.700 A.C. O historiador Heródoto atribui esta construção a Menés, o primeiro faraó do início da dinastia egípcia. De acordo com algumas interpretações dos registros de Heródoto, Menés construiu uma barragem de alvenaria no rio Nilo, em Kosheish, 20 km a montante do sítio planejado para a capital. Esta versão, considerada lenda por alguns historiadores, relata que, antes de fundar a capital, Menés desviou o curso do rio Nilo para o lado leste, construindo uma barragem grande junto das colinas líbias, com o propósito de assegurar espaço para a construção da cidade do lado oeste, mais protegido dos ataques inimigos.

Algumas traduções dos escritos de Heródoto sugerem que a barragem, composta de alvenaria de pedras cortadas, alcançou 15 m de altura e uma extensão de 450 m. O ceticismo dos historiadores modernos tem raízes na magnitude do projeto, que eles julgam estar além da capacidade dos construtores daquele tempo. No entanto, registra-se que no canal seco de Wadi el-Garawi (perto de Helwna, 32 km ao sul da cidade do Cairo), encontra-se bem preservada a

barragem de alvenaria de Sadd al-Kafara, construída para reservar água para os trabalhadores das pedreiras da região. Essa barragem alcançou 11 m de altura e uma extensão de 107 m. Os paramentos da barragem, de montante e de jusante, são muros de alvenaria de cascalho de 24 m de espessura, separados na base por 36 m de distância. Eles se estendem da base ao topo da barragem. O núcleo foi preenchido com cascalho, pedras e terra. A barragem, evidentemente, não tinha uma trincheira de vedação escavada na fundação. A face exposta do paramento de montante foi revestida com blocos de pedra calcária, em degraus, sem juntas argamassadas. As pedras, com peso médio de 50 kg, foram colocadas em degraus de 30 cm de altura em talude de 0,75 V:1,00 H. A base da barragem tinha 84 m de largura, face a face, e a crista 61 m. A sua maior deficiência, aparentemente, era a ausência de um vertedouro. O reservatório, com apenas 570.000 m³, não era suficiente para controlar as cheias. Evidentemente, ela foi galgada e sua seção central foi rompida antes do término da construção, uma vez que não existem sinais de sedimentação do reservatório. Embora os construtores esperassem que a crista mais baixa no centro da barragem servisse de vertedouro, o núcleo neste ponto não foi adequadamente protegido contra erosão por galgamento. Esse erro primário foi cometido em muitas barragens em outros lugares, como reportado por Jansen (1983). A ruptura desta barragem, provavelmente, desencorajou os egípcios antigos de construir outras barragens com esse tipo de seção.

Os sumérios, ao Sul da Mesopotâmia, também construíram cidades, templos e canais que se inserem entre os primeiros trabalhos de engenharia. Cabe lembrar que esses povos já lutavam pelos direitos da água desde o início da História. A irrigação foi vital para a Mesopotâmia, entre os rios Tigre e Eufrates, para o Egito e Grécia, como atestam os remanescentes dessas obras de irrigação pré-históricas na região. No século VIII A.C., os assírios copiaram dos armênios o sistema de túneis que eles utilizavam para trazer água das fontes subterrâneas nas colinas para a cidade, no pé destas. Ao longo dos séculos, esse sistema se espalhou pela região até o norte da África e ainda hoje é usado. Essas obras no Oriente Médio, bem como as obras de irrigação pré-históricas no México e na América, estão registradas em Mays (1999) e USBR-Jansen (1983).

As quedas d'água tem sido usadas para realizar trabalho há milhares de anos. A ação direta do jato proveniente de uma queda sobre uma roda d'água, por exemplo, produz energia mecânica. Os romanos já conheciam esses dispositivos desde o século I A.C. No entanto, as rodas só passaram a ser usadas extensivamente a partir do século XIV em trabalhos de moagem, nas serrarias, e para a alimentação de fábricas têxteis, dentre outras utilizações. Ao final do século XVIII, existiam 10.000 rodas d'água na Nova Inglaterra.

Durante os séculos XVIII e XIX, com o surgimento de tecnologias como a máquina a vapor, o motor, o dínamo, a lâmpada e a turbina hidráulica, tornou-se possível converter a energia mecânica em energia elétrica. Moinhos e fábricas eram construídos juntos aos sítios das hidrelétricas visando-se utilizar diretamente a energia disponível. A potência dessas primeiras usinas, limitada a 100 kW (134 CV), é comparada com as de outras fontes de energia no período entre 1.700 e 1.970 (Fig. 1).

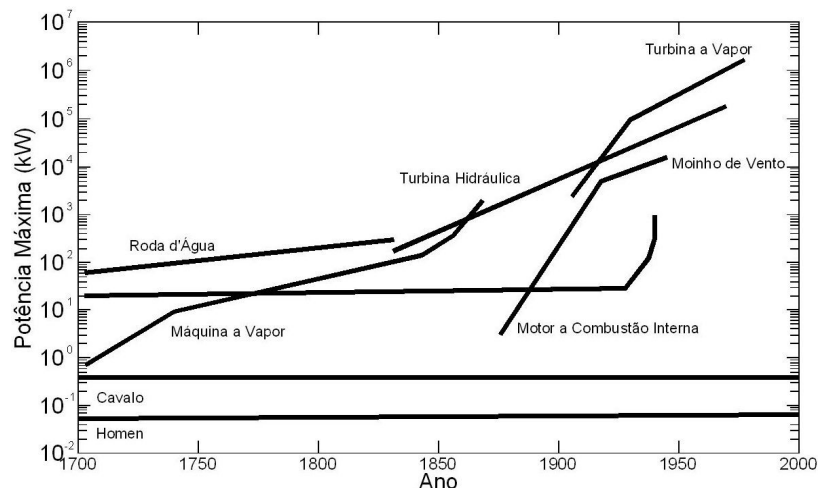


Figura 1. Máquinas selecionadas - potências máximas. Período de 1.700 a 1.970. Fonte: Gulliver e Arndt (1991).

3. AS USINAS HIDRELÉTRICAS NO BRASIL

No Brasil, a primeira usina hidrelétrica entrou em operação em 1883. Ela foi construída no ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha, na cidade de Diamantina (MG). Foi instalada numa queda de 5 m e possuía dois dínamos Gramme de 8 HP cada, que geravam energia capaz de movimentar bombas d'água para desmonte das formações rochosas das minas de diamante. Mais tarde, a usina passou a gerar energia para abastecimento da cidade. A linha de transmissão associada tinha 2 km de extensão. Em 1887, foi colocada em operação no rio Macacos, Nova Lima, Minas Gerais, uma usina de 500 HP, sob uma queda de 40 m, para atender a uma mineração de ouro e para iluminação. Dois anos depois, em 1889, entrou em operação a Usina Marmelos Zero no rio Piabanha, Minas Gerais, (Figs. 2, 3 e 4), da Companhia Mineira de Eletricidade. Foram instalados dois grupos de geradores com potência de 126 kW cada um, da empresa americana Max Nothman & Co, para fornecimento de energia para Juiz de Fora. Em 1891 foi instalado um terceiro gerador, de 125 kW, para fins industriais.



Figura 2. Usina Marmelos Zero. Vista aérea do reservatório para jusante com a BR-040 à direita (CBDB, 2011).

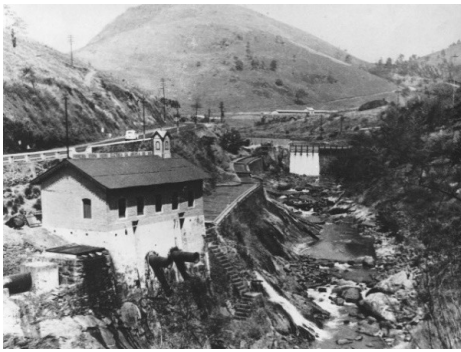


Figura 3. Usina Marmelos Zero. Vista geral de jusante para montante com casa de força em primeiro plano e barramento vertente ao fundo.

Fonte: CBDB (2011).



Figura 4. Usina Marmelos Zero. Detalhe do barramento vertente. Fonte: CBDB (2011).

A Light Serviços de Eletricidade S.A. foi fundada em 30 de maio de 1905, no Rio de Janeiro (CBDB, 2011), com a tarefa de implantar e colocar em funcionamento no Brasil o desenvolvimento da engenharia de barragens e usinas hidrelétricas. A Fig. 5 mostra os aproveitamentos da Light.

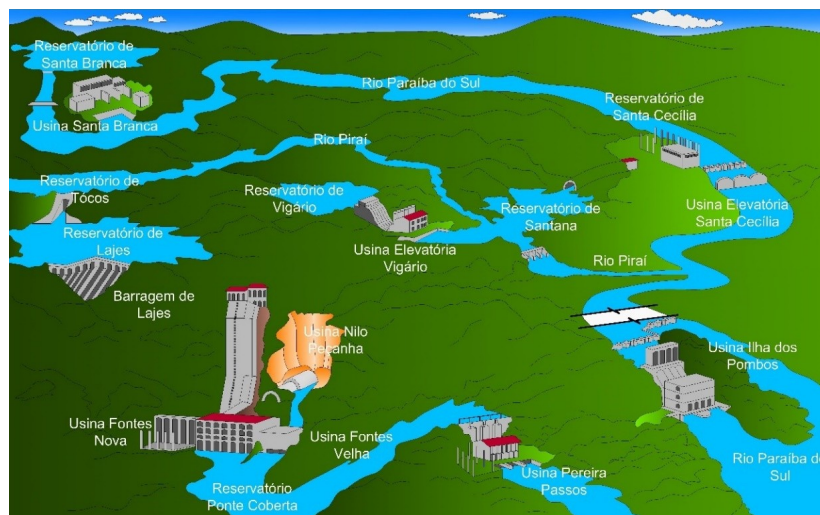


Figura 5. Esquema dos aproveitamentos hidrelétricos da Light. Fonte: Adaptado de “Esquema geral do aproveitamento hidrelétrico dos rios Paraíba, Pirai e do ribeirão das Lajes” (Light, 1981).

A UHE Fontes Velha foi inaugurada em 1908, com potência de 12 MW, a maior da América Latina e a segunda maior do mundo (Figura 6). A barragem, concluída em 1906, era uma estrutura do tipo concreto gravidade em arco de 100 m de raio, 32 m de altura, com 234 m de extensão na crista, sendo 134 m do vertedouro de lâmina livre. Em 1909 foi concluída a ampliação para 24 MW, gerenciada pelo Eng Clint Kearny (CBDB, 2011), um evento digno de destaque.



Figura 6. Usina Fontes Velha. Estrutura da casa de força (24 MW), Light (1908). Fonte: CBDB (2011).

Em 1914, foi concluída a barragem de Tócos, com 25 m de altura, foi concluída no rio Piraí, Rio de Janeiro, e um túnel de 8,4 km de extensão, na época o mais longo túnel hidráulico do mundo (8,4 km), para desviar água (25 m³/s) para o reservatório de Lajes, possibilitando aumentar capacidade da UHE Fontes para 54 MW. Cabe registrar que a Light reabilitou e repotenciou essa usina na década de 1990.

Em 1924, foi concluída a UHE Ilha dos Pombos, a 150 km do Rio de Janeiro (Fig. 7). A usina tem um canal de adução com 2,5 km de comprimento constituído por diques de terra compactada e trechos em concreto. O vertedouro principal, localizado na margem esquerda, tem três comportas tipo setor, com vão de 45 m por 7,40 m de altura, área de 333 m², que até hoje são as maiores do mundo e operam normalmente (CBDB, 2011, e Erbisti, 2002). Em 1937, após a ampliação, a usina, com 31 m de queda bruta, atingiu a potência de 167 MW. Nos anos 90, após mais de 50 anos de operação, foi executada uma reabilitação completa da barragem.

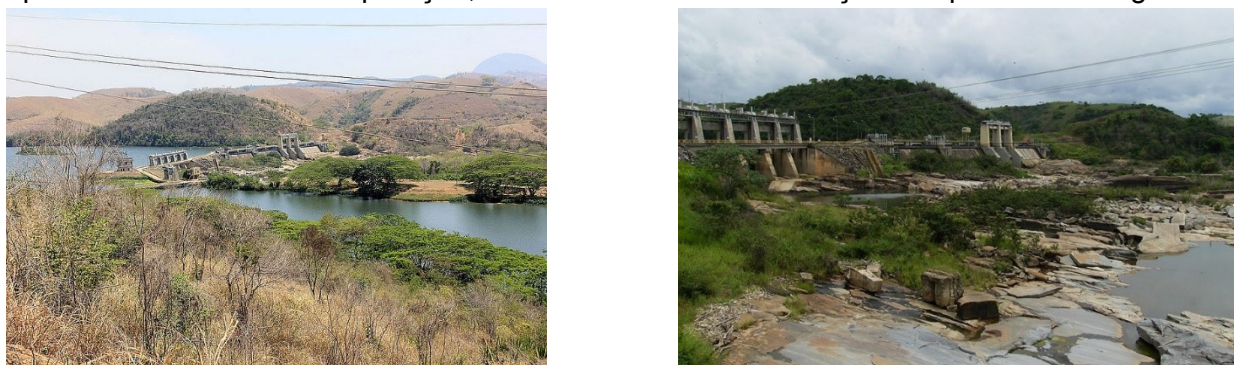


Figura 7. UHE Ilha do Pombos. Fonte: CBDB (2011).

Cabe destacar que os projetos eram comandados por engenheiros politécnicos. A título de informação, registra-se que, exatamente em 1937, foi criada a Seção de Geologia e Petrografia do IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Em 1938, ela foi transformada em Seção de Geologia e Minas e, em 1939, em Seção de Solos, chefiada por Ernesto Pichler, que se dedicava a estudos na área de Geologia de Engenharia (os primeiros passos), sobre a qual, até então, não existiam informações precisas (Ruiz, 1987). A Seção de Geologia Aplicada do IPT foi criada em 1955.

Em 1940, a Light foi autorizada a ampliar a Usina de Lajes. O projeto do engenheiro Billings elevou em 26 m a altura da barragem, que passou a ser de contrafortes com 63 m, aumentando a capacidade do reservatório em 1.052 milhões de metros cúbicos. A ampliação, com mais três unidades de 39 MW, elevou a potência instalada para 172 MW. A elevação da altura da barragem implicou na construção do dique de Cacaria, na barragem do rio da Prata, no Dique 4 e no Dique 5. A obra foi concluída em 1958.

O CBDB publicou em 2011, na comemoração dos seus 50 anos, um excelente livro sobre a história das barragens no Brasil nos séculos passados. Recomenda-se consultar essa publicação para maiores detalhes sobre nossa brilhante história.

O Quadro 2, a seguir, resume uma série de eventos importantes para o Setor Elétrico brasileiro. Destaca-se a criação das companhias: CSN-Companhia Siderúrgica Nacional, 1941; CVRD-Companhia Vale do Rio Doce, 1942; em 1943 iniciou-se a criação das companhias estaduais e federais de energia; Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), 1945; Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), 1952; Usinas Elétricas do Paranapanema (USELPA), 1953; Companhia Energética do Rio Pardo (CHERP), Centrais Elétricas do Urubupungá (CELUSA) e Centrais Elétricas de Goiás (CELG), 1955; Centrais Elétricas do Espírito Santo (ESCELSA), 1956, FURNAS, 1957, ELETROBRÁS, 1961.

Quadro 2 – Eventos de Energia Elétrica no Brasil 1880 e 2010 (2013).

Ano	Evento.
1889	1ª UHE de grande porte, Marmelos Zero, Cia. Mineira de Metais (JF-MG)
1903	Congresso aprova texto disciplinando o uso da energia elétrica
1905	Criada, em 30/05, a The Rio de Janeiro LIGHT and Power Co. Ltd.
1908	Inauguração da UHE Fontes Velha, 12 MW, (RJ), à maior da América Latina e a 2ª do mundo
1909	Concluída a Ampliação de Fontes Velha para 24 MW
1913	UHE Delmiro Gouveia – 1ª hidrelétrica da cachoeira de Paulo Afonso no rio S. Francisco (BA)
1920	Capacidade instalada atinge 360 MW
1924	Inauguração da UHE Ilha dos Pombos
1930	Capacidade instalada atinge 780 MW (541 hidrelétricas, 337 térmicas e 13 mistas)
1934	Edição do Código de Águas
1940	Capacidade instalada atinge 1.250 MW
1941	CSN - Companhia Siderúrgica Nacional
1942	CVRD - Companhia Vale do Rio Doce
1943	Ano de Início da Criação das Companhias Estaduais e Federais de Energia
1945	CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. Início do projeto de Paulo Afonso I
1950	Capacidade instalada atinge 1.900 MW
1952	BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social; CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
1953	USELPA – Usinas Hidrelétricas do Rio Paranapanema
1954	UHE Paulo Afonso I em operação. CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina
1955	CHERP e CELUSA. CELG – Centrais Elétricas de Goiás
1956	ESCELSA – Centrais Elétricas do Espírito Santo
1957	FURNAS (iniciam-se os projetos de Porto Colômbia, Marimbondo, Estreito e Volta Grande)
1960	Capacidade instalada atinge 4.800 MW. Ministério das Minas e Energia
1961	ELETOBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras S. A.
1962	CANAMBRA – Canambra Engineering Company executou estudos no Brasil
1963	UHE Furnas ligando MG-RJ-SP
1965	DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
1966	CESP. Projetos dos rios Paranapanema, Tietê, Grande e Paraná. Jupia, I. Solteira, Á. Vermelha. Continuam os projetos do rio Paranaíba (S. Simão, Emborcação)
1968	ELETROSUL, UTE Santa Cruz, ENERAM (Comitê Coordenador dos Estudos Amazônia)
1970	Capacidade instalada atinge 11.460 MW
1973	ITAIPU, ELETRONORTE, NUCLEBRÁS, CEPEL
1979	LIGHT nacionalizada. UHE Sobradinho
1980	Capacidade instalada atinge 31.300 MW
1984	UHE Itaipu, UHE Tucuruí
1985	Usina Nuclear ANGRA I
1990	Capacidade instalada atinge 53.000 MW
1996	ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
1997	ELETRONUCLEAR – Centrais Elétricas Nucleares
1998	MAE–Mercado Atacadista de Energia; ONS – Operador Nacional do Sistema
2000	Capacidade instalada atinge 72.200 MW. UHE Itá. Programa Prioritário de UTEs
2001	Crise, racionamento. UHE Lajeado
2002	UHE Canabrava. UHE Machadinho
2003	Capacidade Instalada atinge 77.300 MW
2004	EPE – Empresa de Pesquisa Energética (MME)
2007	UHE Campos Novos e UHE Barra Grande
2010	Capacidade Instalada atinge 78.658 MW.
2016	Capacidade instalada atinge 96.925 MW
2021	Capacidade Instalada atinge 108.650 MW (Dado do site do O.N.S)

A partir da criação da Eletrobras, em 1961, a instalação de hidrelétricas no Brasil tomou maior impulso. Em 1995 ocorreu a reestruturação do setor elétrico. A Agência Nacional de

Energia Elétrica (ANEEL) foi criada em 1996 e o Operador Nacional do Sistema (ONS) em 1998. A EPE, Empresa de Pesquisa Energética, vinculada ao Ministério das Minas e Energia, é de 2004. Segundo a EPE (2012), o potencial hidrelétrico total é da ordem de 249 GW, sendo 56% na região Amazônica. O potencial ainda não implantado é da ordem de 162 GW.

3.1. O DESENVOLVIMENTO DAS HIDRELÉTRICAS – EVENTOS MARCANTES

Embora o desenvolvimento de uma turbina remonte ao ano 1750, a “primeira” dessas máquinas é creditada a Benoit Fourneyron, em 1827. Ele fabricou uma roda sob pressão constante, completamente submersa, onde a água entrava sem choque e com baixa velocidade. Instalada numa queda de 1,4 m na ponte sobre o rio l’Ognon, em Haute-Saône, ela produziu 4,5 kW com um rendimento de 83%, mais do que o triplo das antigas rodas de palhetas. Essa tecnologia foi aperfeiçoada pelo próprio Fourneyron e por Jonval, Fontaine e Girard, na França, por Thomson, na Inglaterra, e por Pelton e Francis, nos Estados Unidos da América.

Em 1831, Michel Faraday (1791-1867) desenvolveu o Anel de Indução, realizando seu objetivo de produzir eletricidade a partir do magnetismo. Esse Anel é considerado o primeiro transformador. Em 1837, Fourneyron instalou em St-Blaise, Forêt Noire, numa queda de 108 m, turbinas alimentadas por condutos forçados. Em 1844, Foucault iluminou a Place de La Concorde, Paris, com lâmpadas a arco. Em 1856, James Maxwell (1831-1879) traduziu matematicamente a visão de Faraday em relação à eletricidade e ao magnetismo.

Em 1882, Thomas Edison (1849-1931) fabricou lâmpadas incandescentes e todos os outros componentes necessários para a instalação de luz elétrica em residências. Edison e sua equipe instalaram caldeiras e dínamos em um edifício de New York. Além disso, instalaram linhas de cabos para distribuir energia para Wall Street. Também em 1882, entrou em operação a primeira usina hidrelétrica nos Estados Unidos, Vulcan Street Plant, 12,5 kW, no Fox River, em Appleton – Wisconsin. Na mesma época, começou a operação de uma usina hidrelétrica de Upton, da Minneapolis Brush Electric Company, no rio Mississipi, na Ilha de Upton abaixo das quedas de St. Anthony Falls, na cidade de Minneapolis. A usina tinha 5 geradores conectados a uma roda d’água e iluminava a Avenida Washington.

Em 1888, Nikola Tesla (1856-1943) inventou o motor de indução, o que abriu o caminho para a utilização das fontes de corrente alternada. Inventou também o transformador chamado bobina de Tesla. Em 1901, a transmissão de energia por longas distâncias se tornou econômica na América, após a instalação de um equipamento de corrente alternada na Usina Hidrelétrica de Niagara Falls, no Estado de New York, por George Westinghouse. Esse fato possibilitou a expansão do uso das usinas hidrelétricas.

Nos anos 1930, a capacidade das turbinas hidráulicas se tornou maior, o que coincide com o aumento da demanda de energia. As grandes usinas (>15 MW) e o aumento crescente da capacidade das turbinas se tornaram a norma. A potência das turbinas a vapor foi também aumentando rapidamente e o custo da eletricidade continuou a cair. No período 1940-1970, na América, o custo de operar e manter velhas e pequenas hidrelétricas se tornou maior do que a renda que elas produziam. Dessa forma, as pequenas centrais (< 15 MW) foram sendo aposentadas e deu-se a escalada das grandes centrais (> 15 MW). Uma tendência similar ocorreu na Europa. O crescimento das grandes hidrelétricas no resto do mundo só disparou a partir de 1960.

3.2. TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA POTENCIAL EM ENERGIA ELÉTRICA

Apresentam-se nas Figs. 8 e 9 o esquema típico da instalação de uma usina hidrelétrica. O recipiente 1 representa um reservatório, criado por uma barragem, que alimenta a turbina. A

instalação 2 compreende a casa de força, que abriga o conjunto turbina hidráulica e o gerador elétrico, os quais são acoplados por um eixo. O recipiente 3 representa o canal de fuga da usina através do qual se restituem as águas ao leito natural do rio.

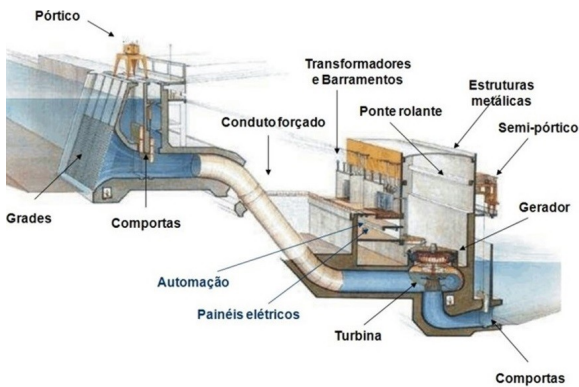


Figura 8. Ilustração do Esquema de uma Hidrelétrica.

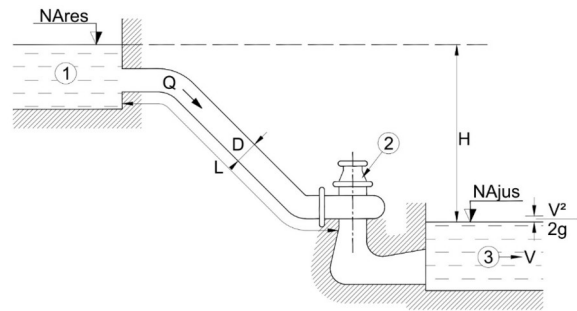


Figura 9 Croqui da Instalação Hidrelétrica (Pashkov, 1985).

A altura total de queda H (energia potencial) é igual à diferença entre os níveis do reservatório e do canal de fuga, desprezando-se a altura de velocidade, $V^2/2g$. A água do reservatório possui uma energia potencial em comparação com a água do canal de fuga dada por:

$$E = \gamma H V = g V H \quad (\text{Equação 1.1})$$

A energia por unidade de tempo é a potência, P . Como V/T é a vazão Q :

$$P = \gamma Q H = \rho g Q H \quad (\text{Equação 1.2})$$

Com a usina em funcionamento, a energia potencial (H) é convertida em energia mecânica pela turbina e essa em energia elétrica pelo gerador.

3.3. GRANDES HIDRELÉTRICAS

Apresentam-se nas Tabelas 2 a 4, as quais listam as maiores usinas hidrelétricas ao redor do mundo ranqueadas pela potência instalada, pela queda bruta e pela altura da barragem.

Tabela 2 – Maiores usinas hidrelétricas do mundo, ranqueadas pela potência.

Ordem	Nome	País	H ^a (m)	Potência (MW)	Data
1	Three Gorges	China	181	22.400	2012
2	Itaipu	Brasil/Paraguai	196	14.000	2004
3	Guri ^b	Venezuela	162	10.600	1968
4	Tucuruí	Brasil	93	8.400	2003
5	Grand Coulee	USA	168	7.460	1942
6	Sayano-Shushensk	Rússia	245	6.400	1980
7	Krasnoyarsk	Rússia	124	6.000	1968
8	La Grande 2	Canadá	168	5.328	1979
9	Churchill Falls	Canadá	32	5.225	1971
10	Bratsk	Rússia	125	4.500	1961

^a Altura da barragem sobre fundação. ^b Capacidade Adicional Planejada ou em Construção.

Fonte: adaptado de Gulliver e Arndt (1991).

Tabela 3 – Maiores usinas hidrelétricas do mundo, ranqueadas pela queda bruta.

Ordem	Nome	País	ΔH (m)	Potência (MW)	Data
1	Bieudron ^a	Suíça	1.883	1.269	2010
2	Reisseck-Kreuseck	Áustria	1.772	24 ^b	1953
3	Chandoline ^{a/c}	Suíça	1.748	120 ^c	1957
4	Portillon	França	1.420	45	-
5	Roselend	França	1.203	475	-
6	Nendaz ^a	Suíça	1.008	390	1964
7	Fionnay ^a	Suíça	874	290	1964
8	Mont-Cenis	França	843	350	1968
9	Danhim	Vietnam	800	160	-
10	Malgovert	França	750	290	-

^a Essas usinas são abastecidas pelo reservatório da barragem La Grande Dixence, de 284 m de altura.

^b Pot. instalada até 1953. Potência total prevista é 112 MW-duas usinas: uma de 104 MW, outra de 8 MW.

^c Usina está fora de serviço desde julho de 2013.

Tabela 4 – Maiores usinas hidrelétricas do mundo, ranqueadas pela altura da barragem ^a.

No.	Nome	País	Tipo	Altura (m)	Data
1	Rogun	Tajiquistão	Terra	325	2018
2	Jinping-I	China	Arco	305	2013
3	Nurek	Tajiquistão	Terra	300	1980
4	Xiaowan	China	Arco	292	2010
5	Xiluodu	China	Arco	285,5	2013
6	Grand Dixence	Suíça	Gravidade	285	1962
7	Inguri	Georgia	Arco	272	1987
8	Chicoasen	México	Enrocamento	265	1981
9	Vaiont (fora de uso)	Itália	Arco	261,6	1961
10	Nuozhadu	China	Terra	261,5	2012

^a Fontes: USBR-Jansen, Tab. 1-1 (1983); WP&DC, 11/1979; ICOLD World Register of Dams.

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o advento da energia hidrelétrica impulsionou há 140 anos o desenvolvimento mundial. Desde então, muitos os países investiram pesadamente na construção dessas usinas cujos reservatórios inundam área mínimas e elas fornecem energia limpa, renovável e mais barata do que as das demais fontes alternativas.

REFERÊNCIAS

G. Magela. Projeto de Usinas Hidrelétricas Passo a Passo. Oficina de Textos. São Paulo. 2015