

Anexo 2

TURBINA PELTON

Silvério, B. Nathalia¹

Junho/2018

A diversidade de abordagens sobre o patrimônio científico, técnico e industrial tem-se multiplicado nos últimos anos, exigindo-se uma reflexão perante a temática dentro dos museus em que esta tipologia de acervo encontra-se exposta.

O artigo contemplará uma abordagem documental referente a Turbina Pelton, exposta no Museu Catavento localizado na cidade de São Paulo, descrevendo seu potencial enquanto acervo, abordando seu histórico e descrevendo sua funcionalidade enquanto sendo um maquinário.

Palavras-chave: Turbina - Turbina Pelton – Museu - Museu Catavento

A Turbina Pelton é uma máquina de ação, de escoamento tangencial, que converte a energia de uma corrente de fluido em energia mecânica passando a corrente do fluido através dum sistema de pás fazendo-as girar.

A turbina foi adquirida pela FMT em 23/02/1983 – doada pela Eletropaulo.

Desde 2010 esta exposta na área externa, em frente ao Engenho, seção do Museu Catavento, localizado em São Paulo, a Turbina Pelton. Esta foi levada para o Museu Catavento – em comodato. A FMT-SP (Fundação

¹ Nathalia Brandão Silvério - Educadora – Museu Catavento – 03003-060 – São Paulo – SP – Brasil. E-mail: nathalia.silverio@cataventocultural.org.br

Museu da Tecnologia de São Paulo) realizou doação legal em 2015 para o Museu Catavento.

A finalidade do artigo é documentar as informações coletadas em dossiê (Anexo A) da peça para que as informações referentes à esta, sejam difundidas e disseminadas entre os interessados (indústrias, pesquisadores, estudantes)

O objetivo deste artigo é traduzir todas as informações referentes à turbina Pelton exposta no Museu Catavento, baseado no dossiê (Anexo A) da peça.

Para realização deste trabalho foi feito um levantamento de referencial em sites específicos sobre Turbinas Hidráulicas e em sites de empresas que fabricaram, receberam e utilizaram a peça.

Turbina Pelton

A Turbina Pelton (Figura 1) é uma máquina de ação, de escoamento tangencial, que converte a energia de uma corrente de fluido em energia mecânica passando a corrente do fluido através dum sistema de pás fazendo-as girar.

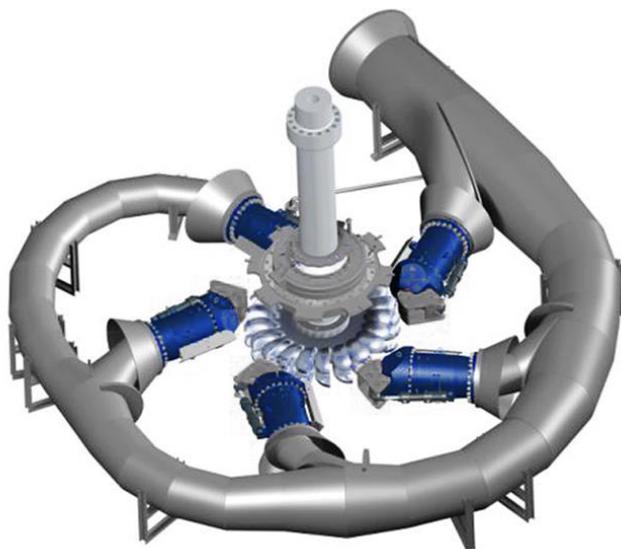
Operam altas quedas e baixas vazões em um sistema de injeção pode ser utilizada com um jato ou mais, sendo o controle de vazão realizado na agulha e injetor; os jatos de água provenientes dos injetores, ao chocarem com as pás do rotor, geram o impulso que faz com que a turbina se mova. Cada pá transmite a força para o rotor somente por um curto espaço de tempo.

A roda pode ser instalada na horizontal ou na vertical, dependendo muito da dimensão da roda. Se for uma turbina de grandes dimensões beneficiará se for horizontal, pois a água que cai das pás, depois de ter embatido nestas, iria causar efeitos secundários potencialmente indesejados. É mais adequada para grandes quedas úteis (entre os 350 m até 1100 m).

Os maiores problemas destas turbinas são dados devido à alta pressão com que a água se choca com as pás que, devido a esta carga, as hélices correm o risco de sofrer fraturas por fadigas, motivo pelo qual a roda é, normalmente, fabricada em única peça. Devido a turbina funcionar a partir de

pequeno jatos de água com grandes pressão, o formato das pás precisa ser muito bem planejado para que esse pequeno fluxo de água seja bem aproveitado resultado em uma alta eficiência.

Figura 1: Desenho esquemático da Turbina Pelton



Fonte: <https://docplayer.com.br/73052322-Turbinas-hidraulicas-tipos-e-usos.html>

Histórico

Tal turbina foi inventada em 1880, pelo norte-americano Lester Alan Pelton, e em 1892 Bremer patenteia na Alemanha o injetor utilizado na turbina. Em 1930, a empresa Voith fabrica as turbinas Pelton para serem instaladas em Henry Borden – Cubatão.

Em 1901, entrava em operação a primeira hidroelétrica da Light no Brasil e a maior brasileira até então, a Usina de Parnaíba com 2 MW de capacidade. Em 1912, para manter o suprimento de energia, sua capacidade foi ampliada para 16 MW. Nesse mesmo ano, começava a funcionar uma usina termoelétrica a vapor na rua Paula Souza, em São Paulo.

Em razão do grande consumo de água exigido pelas turbinas da Usina de Parnaíba, a Light precisava regularizar a vazão do rio Tietê. A solução encontrada foi a implantação de uma represa num dos afluentes do rio

Pinheiros, o rio Guarapiranga, conhecido como Embu-Guaçu. Assim foi construído o reservatório Guarapiranga, entrando em operação em 1908.

A ideia do empreendimento surgiu quando a Light passou a ter dificuldades para atender a demanda por energia em São Paulo.

Entre os anos de 1924 e 1925, uma forte estiagem reduziu a capacidade de vazão dos rios. São Paulo era palco de um rápido crescimento industrial e, conseqüentemente, da demanda de eletricidade, além disso, a eclosão da Revolução de 1924 provocou a redução de, aproximadamente, 70% do fornecimento de energia elétrica.

Desde 1923, o engenheiro Asa White Kenney Billings estudava a implantação do “Projeto da Serra”. Assim, em 1926, entrava em operação a primeira unidade geradora da Usina de Cubatão, hoje chamada de Henry Borden.

O projeto para a construção da Usina de Cubatão de Asa White Kenney Billings incluía uma proposta inovadora: a reversão do curso dos rios. A ideia era recolher as águas dos rios do planalto, que originalmente seguiam para o interior, alterar o seu curso e conduzi-las para o sopé da Serra, de forma a aproveitar o desnível de 720 metros da região e acionar as turbinas da usina para a geração de energia. O empreendimento abrangia a Usina de Cubatão, um complexo de represas, estações elevatórias, canais, túneis e tubulação adutora.

A partir década de 1930, para o aumento da capacidade de geração da Usina Henry Borden, foram realizadas as obras de retificação e reversão do rio Pinheiros, a formação do reservatório Billings, a construção das usinas elevatórias de Pedreira e de Traição e da barragem reguladora Billings-Pedras. Foi construída no rio Tietê a barragem de Pirapora, formando o reservatório de Pirapora. Na confluência dos rios Pinheiros e Tietê foi construída a Estrutura de Retiro com a finalidade de separar as águas dos rios em caso de cheias. O reservatório Guarapiranga deixou de ter a função de regular a vazão do rio Tietê e passou a ser usado para o abastecimento de água e o controle de cheia de sua própria bacia. Todos esses avanços propiciaram a ampliação da capacidade da usina Henry Borden que, com a entrada em operação da seção subterrânea, em 1956, atingiu 880 MW de capacidade instalada.

Por meio de constantes ampliações que culminariam na instalação de 14 unidades geradoras, o projeto de Henry Borden teve sua potência de geração de energia aumentada ao longo das décadas – contando, ainda, com a construção de uma usina subterrânea entre 1952 e 1956 –, até ser finalizado em 1961.

A Usina de Cubatão – teve seu nome alterado para Henry Borden em 1964 em homenagem ao presidente da Light que, sob sua gestão aumentou a potência instalada para 2.200 MW.

A turbina foi adquirida pela FMT-SP (Fundação Museu da Tecnologia de São Paulo) em 23/02/1983 – doada pela Eletropaulo.

Atualidade

Atualmente, o complexo Henry Borden, localizado no sopé da Serra do Mar, em Cubatão, é composto por duas usinas de alta queda (720 m), denominadas de Externa e Subterrânea, com 14 grupos de geradores acionados por turbinas Pelton, perfazendo uma capacidade instalada de 889MW, para uma vazão de 157m³/s.

Desde outubro de 1992, a operação desse sistema vem atendendo às condições estabelecidas nas resoluções, que só permite o bombeamento das águas do Rio Pinheiros para o Reservatório Billings para controle de cheias, reduzindo em 75% aproximadamente a energia produzida em Henry Borden.

Usina Externa - A mais antiga das usinas possui oito condutos forçados externos e uma casa de força convencional. A primeira unidade foi inaugurada em 1926, as demais instaladas até 1950, num total de oito grupo geradores, com capacidade instalada de 469MW. Cada gerador é movido por duas turbinas tipo Pelton, acionadas pelas águas conduzidas do Reservatório do Rio das Pedras que atingem a Casa de Válvulas onde, após passarem por duas válvulas borboletas através de condutos forçados, descem a encosta atingindo as suas respectivas turbinas, perfazendo uma distância de aproximadamente 1.500 m.

Usina Subterrânea - A Usina é composta de seis grupos geradores, instalados no interior do maciço rochoso da Serra do Mar, em uma caverna de 120 m de comprimento, 21 m de largura e 39 m de altura, cuja capacidade instalada é de 420MW. O primeiro grupo gerador entrou em operação em 1956. Cada gerador é movido por uma turbina Pelton acionada por quatro jatos d'água.

A peça que está exposta desde 2010 no Museu Catavento, (Figura 2) localizado em São Paulo, na área externa, em frente à seção Engenho, foi levada para o Museu Catavento – em comodato. A FMT-SP (Fundação Museu da Tecnologia de São Paulo) era sua responsável até então e realizou doação legal em 2015 para o Museu Catavento.

Foram então realizadas pinturas com tinta esmalte - preto acinzentado – porém não existe registro de temporalidade destas manutenções na peça. E apesar de encontrar-se exposta à intempéries na parte externa do Museu Catavento, apresenta excelente estado de conservação, apenas com alguns pontos de ferrugem dentro das pás.

Figura 2: Turbina Pelton no Museu Catavento



Fonte: Elaborada pela Autora

Com este artigo conclui-se, portanto que a peça estudada tem grande valia para a história de São Paulo e este estudo registra diversos momentos históricos relevantes. Como a peça atualmente é objeto de exposição em um Museu de Ciências, este artigo pode servir de subsidio para pesquisas científicas do corpo educativo da instituição e de terceiros.

Referência

CATRACA LIVRE. **Catavento recebe acervo do museu da tecnologia de são paulo**. Disponível em: <<https://catracalivre.com.br/agenda/catavento-recebe-acervo-do-museu-da-tecnologia-de-sao-paulo/>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

DOC PLAYER. **Turbinas hidráulicas - tipos e usos**. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/73052322-turbinas-hidraulicas-tipos-e-usos.html>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

Documento Institucional. **Museu Catavento**. Entregue à Secretaria da Cultura em dezembro de 2013.

EMAE. **Usina hidroelétrica henry borden**. Disponível em: <<http://www.emae.com.br/conteudo.asp?id=usina-hidroeletrica-henry-borden>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

EMAE. **Histórico**. Disponível em: <<http://www.emae.com.br/conteudo.asp?id=usina-hidroeletrica-henry-borden>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

PASSEI DIRETO. **Turbinas hidráulicas**. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/35454950/3-turbinas-hidraulicas>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO. **Usina henry borden, em cubatão, completa 90 anos**. Disponível em: <https://www.walter-tools.com/pt-pt/industry_solutions/energy/hydro_turbines/pages/pelton_wheels.aspx>. Acesso em: 05 jun. 2018.

VOITH. **Voith - home**. Disponível em: <<http://voith.com/br/index.html>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

WALTER. **Turbinas hidráulicas**. Disponível em: <https://www.walter-tools.com/pt-pt/industry_solutions/energy/hydro_turbines/pages/pelton_wheels.aspx>. Acesso em: 05 jun. 2018.

ANEXO A

Documentação de Acervo

U_02_09_05

N ^o de tombo:	nononono	
Nome:	Turbina	
Título:	Turbina Pelton	
Unidade responsável:	Museu Catavento	
Seção e subseção:	Engenho - Engenho	
Data de aquisição:	Comodato – 2010 Doação – 20/04/2015	
Forma de aquisição:	Doação - FMT	
Período:		
Material:	Ferro e aço fundido	
Técnica:		
Dimensão:	3,67 diâmetro – 2,50 largura – aproximadamente 22 toneladas	
Descrição do Objeto:	<p>É uma turbina de ação, constituída por uma roda e 21 pás côncavas em ferro e aço fundido, cuja função é transformar a energia cinética em energia mecânica. Fabricada pela empresa Voith. A turbina foi adquirida pela FMT em 23/02/1983 – doada pela Eletropaulo. Em 2010 a turbina foi levada para o Museu Catavento – em comodato – e desde então esta exposta na área externa, em frente ao Engenho. A FMT realizou a doação legal em 2015 para o Museu Catavento</p>	
Descrição de conteúdo:	<p>A Turbina Pelton é uma máquina de ação, de escoamento tangencial, que converte a energia de uma corrente de fluido em energia mecânica passando a corrente do fluido através dum sistema de pás fazendo-as girar. Operam altas quedas e baixas vazões. Em um sistema de injeção pode ser utilizada com um jato ou mais, sendo o controle de vazão realizado na agulha e injetor; os jatos de água provenientes dos injetores, ao chocarem com as pás do rotor, geram o impulso que faz com que a turbina se mova. Cada pá transmite a força para o rotor somente por um curto espaço de tempo.</p> <p>A roda pode ser instalada na horizontal ou na vertical, dependendo muito da dimensão da roda. Se for uma turbina de grandes dimensões beneficiará se for horizontal, pois a água que cai das pás, depois de ter embatido nestas, iria causar efeitos secundários potencialmente indesejados. É mais adequada para grandes quedas</p>	

	<p>úteis (entre os 350 m até 1100 m). Os maiores problemas destas turbinas são dados devido à alta pressão com que a água se choca com as pás que, devido a esta carga, as hélices correm o risco de sofrer fraturas por fadigas, motivo pelo qual a roda é, normalmente, fabricada em única peça. Devido a turbina funcionar a partir de pequeno jatos de água com grandes pressão, o formato das pás precisa ser muito bem planejado para que esse pequeno fluxo de água seja bem aproveitado resultado em uma alta eficiência.</p>  <p>Esquema dos injetores na turbina Pelton – posição horizontal.</p>
<p>Descrição do Estado de Conservação:</p>	<p>A peça encontra-se exposta à intempéries na parte externa do Museu Catavento, porém apresenta excelente estado de conservação, apenas com alguns pontos de ferrugem dentro das pás.</p>
<p>Pesquisa histórica:</p>	<p>Tal turbina foi inventada em 1880, pelo norte-americano Lester Alan Pelton, e em 1892 Bremer patenteia na Alemanha o injetor utilizado na turbina. Em 1930, a empresa Voith fabrica as turbinas Pelton para serem instaladas em Henry Borden – Cubatão.</p> <p>Em 1901, entrava em operação a primeira hidroelétrica da Light no Brasil e a maior brasileira até então, a Usina de Parnaíba com 2 MW de capacidade. Em 1912, para manter o suprimento de energia, sua capacidade foi ampliada para 16 MW. Nesse mesmo ano, começava a funcionar uma usina termoeletrica a vapor na rua Paula Souza, em São Paulo.</p> <p>Em razão do grande consumo de água exigido pelas turbinas da Usina de Parnaíba, a Light precisava regularizar a vazão do rio Tietê. A solução encontrada foi a implantação de uma represa num dos afluentes do rio Pinheiros, o rio Guarapiranga, conhecido como</p>

	<p>Embu-Guaçu. Assim foi construído o reservatório Guarapiranga, entrando em operação em 1908.</p> <p>A ideia do empreendimento surgiu quando a Light passou a ter dificuldades para atender a demanda por energia em São Paulo.</p> <p>Entre os anos de 1924 e 1925, uma forte estiagem reduziu a capacidade de vazão dos rios. São Paulo era palco de um rápido crescimento industrial e, conseqüentemente, da demanda de eletricidade, além disso, a eclosão da Revolução de 1924 provocou a redução de, aproximadamente, 70% do fornecimento de energia elétrica.</p> <p>Desde 1923, o engenheiro Asa White Kenney Billings estudava a implantação do “Projeto da Serra”. Assim, em 1926, entrava em operação a primeira unidade geradora da Usina de Cubatão, hoje chamada de Henry Borden.</p> <p>O projeto para a construção da Usina de Cubatão de Asa White Kenney Billings incluía uma proposta inovadora: a reversão do curso dos rios. A ideia era recolher as águas dos rios do planalto, que originalmente seguiam para o interior, alterar o seu curso e conduzi-las para o sopé da Serra, de forma a aproveitar o desnível de 720 metros da região e acionar as turbinas da usina para a geração de energia. O empreendimento abrangia a Usina de Cubatão, um complexo de represas, estações elevatórias, canais, túneis e tubulação adutora.</p> <p>A partir década de 1930, para o aumento da capacidade de geração da Usina Henry Borden, foram realizadas as obras de retificação e reversão do rio Pinheiros, a formação do reservatório Billings, a construção das usinas elevatórias de Pedreira e de Traição e da barragem reguladora Billings-Pedras. Foi construída no rio Tietê a barragem de Pirapora, formando o reservatório de Pirapora. Na confluência dos rios Pinheiros e Tietê foi construída a Estrutura de Retiro com a finalidade de separar as águas dos rios em caso de cheias. O reservatório Guarapiranga deixou de ter a função de regular a vazão do rio Tietê e passou a ser usado para o abastecimento de água e o controle de cheia de sua própria bacia. Todos esses avanços propiciaram a ampliação da capacidade da usina Henry Borden que, com a entrada em operação da seção subterrânea, em 1956, atingiu 880 MW de capacidade instalada.</p> <p>Por meio de constantes ampliações que culminariam na instalação de 14 unidades geradoras, o projeto de Henry Borden teve sua potência de geração de energia aumentada ao longo das décadas – contando, ainda, com a construção de uma usina subterrânea entre 1952 e 1956 –, até ser finalizado em 1961.</p>
--	--

	<p>A Usina de Cubatão – teve seu nome alterado para Henry Borden em 1964 em homenagem ao presidente da Light que, sob sua gestão aumentou a potência instalada para 2.200 MW.</p> <p>Atualmente, o complexo Henry Borden, localizado no sopé da Serra do Mar, em Cubatão, é composto por duas usinas de alta queda (720 m), denominadas de Externa e Subterrânea, com 14 grupos de geradores acionados por turbinas Pelton, perfazendo uma capacidade instalada de 889MW, para uma vazão de 157m³/s.</p> <p>Desde outubro de 1992, a operação desse sistema vem atendendo às condições estabelecidas nas resoluções, que só permite o bombeamento das águas do Rio Pinheiros para o Reservatório Billings para controle de cheias, reduzindo em 75% aproximadamente a energia produzida em Henry Borden.</p> <p>Usina Externa - A mais antiga das usinas possui oito condutos forçados externos e uma casa de força convencional. A primeira unidade foi inaugurada em 1926, as demais instaladas até 1950, num total de oito grupo geradores, com capacidade instalada de 469MW. Cada gerador é movido por duas turbinas tipo Pelton, acionadas pelas águas conduzidas do Reservatório do Rio das Pedras que atingem a Casa de Válvulas onde, após passarem por duas válvulas borboletas através de condutos forçados, descem a encosta atingindo as suas respectivas turbinas, perfazendo uma distância de aproximadamente 1.500 m.</p> <p>Usina Subterrânea - A Usina é composta de seis grupos geradores, instalados no interior do maciço rochoso da Serra do Mar, em uma caverna de 120 m de comprimento, 21 m de largura e 39 m de altura, cuja capacidade instalada é de 420MW. O primeiro grupo gerador entrou em operação em 1956. Cada gerador é movido por uma turbina Pelton acionada por quatro jatos d'água.</p>
Proposta de Tratamento:	
Tratamento Realizado:	Foram realizadas pinturas com tinta esmalte - preto acinzentado – porém não existe registro de temporalidade.
Observações:	
Referência:	CATRACA LIVRE. Catavento recebe acervo do museu da tecnologia de são paulo. Disponível em: < https://catracalivre.com.br/agenda/catavento-recebe-acervo-do-museu-da-tecnologia-de-sao-paulo/ >. Acesso em: 05 jun. 2018.

	<p>Documento Institucional. Museu Catavento. Entregue à Secretaria da Cultura em dezembro de 2013.</p> <p>EMAE. Usina hidroelétrica henry borden. Disponível em: <http://www.emae.com.br/conteudo.asp?id=usina-hidroeletrica-henry-borden>. Acesso em: 05 jun. 2018.</p> <p>EMAE. Histórico. Disponível em: <http://www.emae.com.br/conteudo.asp?id=usina-hidroeletrica-henry-borden>. Acesso em: 05 jun. 2018.</p> <p>PASSEI DIRETO. Turbinas hidráulicas. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/35454950/3-turbinas-hidraulicas>. Acesso em: 05 jun. 2018.</p> <p>SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO. Usina henry borden, em cubatão, completa 90 anos. Disponível em: <https://www.walter-tools.com/pt-pt/industry_solutions/energy/hydro_turbines/pages/pelton_wheels.aspx>. Acesso em: 05 jun. 2018.</p> <p>VOITH. Voith - home. Disponível em: <http://voith.com/br/index.html>. Acesso em: 05 jun. 2018.</p> <p>WALTER. Turbinas hidráulicas. Disponível em: <https://www.walter-tools.com/pt-pt/industry_solutions/energy/hydro_turbines/pages/pelton_wheels.aspx>. Acesso em: 05 jun. 2018.</p>
--	---

Foto de acondicionamento**Foto de acondicionamento**