

## Micro-hidrogerador com turbina pelton de cerâmica

**Mário Kawano**

Professor do Centro Universitário da FEI e da PUCSP. [mkawano@pucsp.br](mailto:mkawano@pucsp.br)

---

### RESUMO

Neste trabalho mostra-se um projeto bastante prático, que ajuda pessoas de pequenas propriedades a terem mais conforto e se afastarem da exclusão social. Tenta-se transformar a geração de energia elétrica em artesanato, pois se procurou não utilizar máquinas na construção dos elementos do gerador. Abre-se uma linha de pesquisa em novos materiais para construção de pequenas turbinas. Evita-se qualquer degradação ao meio ambiente.

**Palavras-chaves:** Energia Elétrica, Energia Alternativa, Microusinas, Hidroeletricidade, Hidrogerador

---

### ABSTRACT

This study presents a very practical project, which provides more comfort to people who live in little proprieties, including then in the society. Try changing the creation of electric energy in workmanship because we don't use machines in the construction of the elements of the generator. Open a line of research in news materials for construction of little turbines. Avoid any degradation of the environment.

---

## 1. Introdução

Os moradores de pequenas propriedades rurais nas encostas de morros e montanhas, que não possuem energia elétrica, por estarem afastados das redes de distribuição e não terem condições financeiras para custear uma rede de energia para si, normalmente canalizam com mangueiras a água de nascentes que estão a 30 ou 40 metros de altura em relação às suas residências. O comprimento dessas mangueiras varia de 100 até 800 metros. Devido à diferença de altitude, a pressão da água na parte inferior das mangueiras é muito alta tendo que deixar a água sempre escoando, para a mesma não se romper. A solução encontrada pelos residentes dessas regiões é deixar o excesso de água vaziar pelo ladrão da caixa. Esta água descartada segue por gravidade para os córregos, da mesma bacia hidrográfica destas nascentes.

Nosso país é privilegiado em termos de energia hidráulica e o homem sempre se utilizou da energia da água para substituir o trabalho braçal **[MACINTYRE, 1983]**. A geração e consumo de energia elétrica permitiu ao homem realizar trabalhos utilizando a força da água, mesmo distante da fonte de energia.

Nesse projeto procura-se aproveitar esta infra-estrutura para acionar uma pequena turbina, que por sua vez aciona um gerador de corrente contínua. A turbina foi feita de cerâmica de forma bastante rudimentar para ser reproduzida com grande facilidade por pessoas menos favorecidas, pois não necessita nenhum investimento para a reprodução. Como é um sistema de baixa potência, muda-se um pouco o conceito de hidroelétricas, pois no caso a geração é feita longe da fonte de energia hidráulica. Nos dias de hoje uma pequena potência gerada é capaz de fornecer iluminação residencial com lâmpadas PL, além de se poder ouvir rádio e assistir televisão.

Neste trabalho procura-se relatar a escolha do beneficiário, as medições para implantação do projeto, escolha do gerador e rotação adequada para carregar baterias em 12 Volts, o processo da construção da turbina, os testes em laboratório e finalmente a implantação.

## **2. Beneficiário**

Procurou-se um trabalhador rural humilde nas encostas da serra do mar, que aceitasse a experiência e que não tivesse energia elétrica. O morador escolhido foi o Sr. Antônio Ferreira de Oliveira, que mora em um sítio de fácil acesso, afastado da rede de energia elétrica. Esse sítio fica no Guaraú, bairro de Peruibe S. P. A [figura 1](#) mostra a casa deste senhor.



Figura 1 Casa do Sr Antônio

### 3. Medições Locais

A água era canalizada por uma mangueira de Polietileno de uma polegada com pouco mais de 300 metros de comprimento. O primeiro passo foi determinar a altura da queda, que foi conseguido fechando a mangueira e intercalando-se um manômetro. Usando a equação (3.0) de Bernoulli [1],

$$\cancel{\frac{P_1}{\gamma}} + \cancel{\left(\frac{V_1^2}{2g}\right)} * \left[1 + f_1 * \frac{L_1}{D_1}\right] + H_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \cancel{\left(\frac{V_2^2}{2g}\right)} * \left[1 + f_2 * \frac{L_2}{D_2}\right] + \cancel{H_2} \quad (3.0)$$

cancelando os termos nulos da equação que representam os parâmetros em cada extremidade da mangueira, concluiu-se que a altura da queda era:

$$H_1 = \frac{P_2}{\gamma} = 38 \text{ metros. (3.1).}$$

Com um bocal de 5 mm, mediu-se a vazão que foi de 0,45 l/s. Com esses dados, pôde-se calcular a velocidade da água no bocal, pois

$$V = \frac{Q_2}{A} = \frac{0,45^{-3}}{\pi * (5^{-3})^2 / 4} = 22,9 \text{ m/s} \quad (3.2) \quad .$$

Novamente substituindo esses dados na equação (3.0), calcula-se a perda de carga da mangueira. Com esses dados pode-se isolar os parâmetros que nos interessa e construir um gráfico da potência máxima em função do diâmetro do bocal, que pode ser visto pela [figura 2](#). Nota-se que o bocal ideal é de 5,5 mm e a potência máxima de 125 Watts.

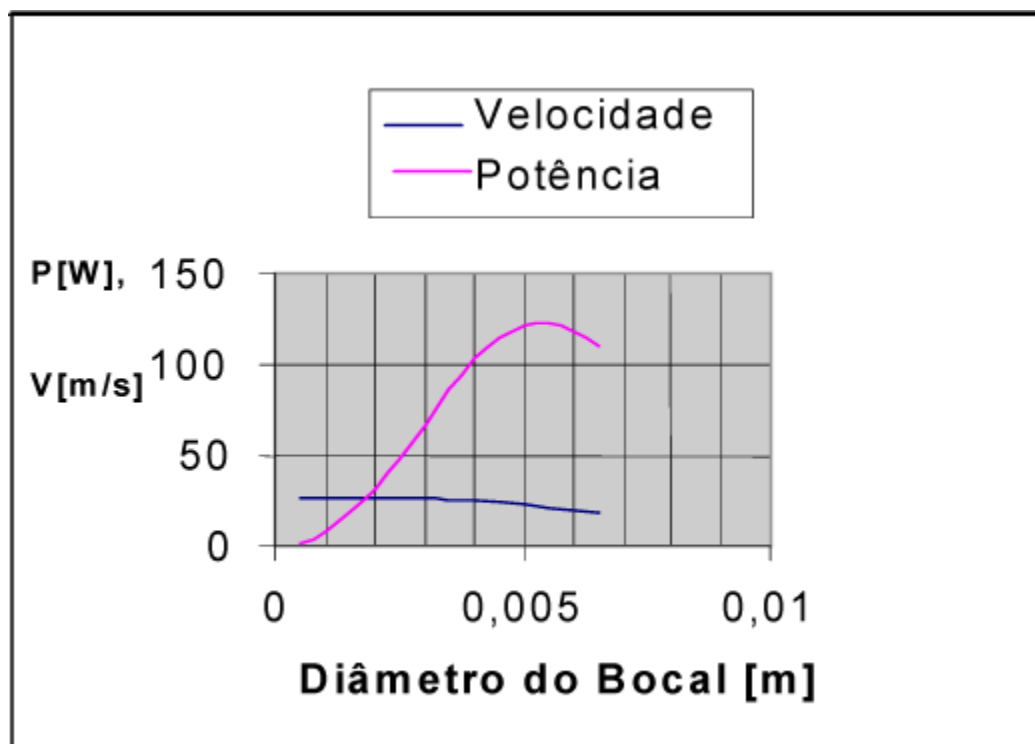


Figura 2 curva de potência e velocidade da água no bocal

#### 4. Escolha do Gerador

Com objetivo de ter-se um custo muito reduzido. Foram ensaiados diversos motores de corrente contínua como gerador. Procurou-se escolher aqueles que fornecessem esta potência com o mínimo de perdas, além de dar prioridade a aqueles de fácil aquisição em casas de sucatas. Mostrou-se mais adequado o motor cuja característica pode ser vista na [figura 3](#), onde é mostrada a tensão de saída gerada sem carga e com uma carga de 3 Ohms.

Com auxílio desses gráficos concluiu-se que a resistência interna do gerador é de 1,3 Ohm. Para determinar o ponto de trabalho da curva, algumas variáveis tem que levar em consideração: a tensão que alimenta a bateria deve ficar na faixa de 11 a 14,6 Volts, que corresponde respectivamente a bateria sem carga e carregada. A resistência ôhmica dos fios até a bateria. Finalmente para evitar a transformação do gerador em motor, coloca-se um diodo em série com a fiação.

#### 5. Construção da Turbina

A turbina é quem extrai a energia da água, convertendo-a em energia mecânica. A turbina Pelton foi escolhida por se adequar a essa queda além de necessitar de pouca vazão.

Observando-se os desenhos das conchas de uma turbina Pelton nota-se uma grande semelhança com ovos de aves. Os ovos de codorna eram os que se aproximavam mais das medidas dessas conchas, isso levando em consideração a contração da cerâmica na queima.

O primeiro passo foi a construção do modelo que consistiu colocar dois ovos em gesso em processo de endurecimento, como pode ser visto pela [figura 4](#). Após a cura do gesso, os ovos foram retirados e o restante da concha foi desbastada. O modelo foi tornado perfeitamente liso e assim foi possível fazer o molde com massa plástica. Para cada concha moldada o molde era encerado com cera desmoldante. As conchas ficaram no Sol por uma semana a fim de ficarem o mais seca possível. A primeira queima foi feita a 1000 graus Celcius. Após chegarem a temperatura ambiente, as conchas são pintadas com tinta para cerâmica e finalmente recozidas pela última vez a 980 graus Celcius. Uma vez definido o diâmetro da turbina, parafusam-se as conchas no disco, que pode ser uma roda plástica de carrinho ou de bicicleta. A potência máxima é conseguida com um bocal de 5,5 mm, onde velocidade da água é 21,7m/s. O rendimento deste tipo de turbina é superior a 60%, com a velocidade tangencial da turbina em 45,5%, da do bocal [MACINTYRE, 1983].

A equação do comportamento do gerador pode ser escrita pela equação de Pouillet:

$$U = E - rI, \quad (5.0) \text{ onde}$$

U é a tensão de saída do gerador, E é a tensão gerada, r é a resistência interna do gerador e I a corrente fornecida. Multiplicando (5.0) por I chega-se a

$$UI = \eta EI - rI^2, \quad (5.1) \text{ onde:}$$

UI é a potência de saída do gerador,  $r \cdot I^2$  é a potência perdida na resistência interna do gerador,  $E \cdot I$  é a potência recebida da turbina e  $\eta$  é o rendimento da turbina. Devido a queda de tensão no diodo e na fiação, que está ao redor de 1 Volt, esse valor deve ser acrescido a tensão mínima da bateria e com isso chega-se a U=11 Volts. A equação (5,1) fica:

$$11I = 0,6 \cdot 125 - 1,3I^2, \quad (5.2)$$

resolvendo (5.2) tem-se I= 4,5 Amperes. Como nos interessa a tensão **E**, basta dividir a potência recebida por esta corrente e chega-se a E=16,8 Volts. Com esse valor no gráfico da [figura 3](#) chega-se a N= 550 RPM. Pode-se calcular o diâmetro da turbina por(5.3):

$$D = \frac{60 \cdot 0,455 \cdot V}{\pi \cdot N} \quad (5.3) \quad , \text{ onde se chega a um diâmetro de } D=0,34 \text{ metros.}$$

**A roda mais próxima que existe é de bicicleta infantil com diâmetro de 0,35m, sendo que as conchas aumentam mais 4 cm, com isso houve um pequeno aumento do diâmetro da turbina[1].**

## 6. Teste da Turbina em Laboratório

Simulando a vazão e a queda d'água em nosso laboratório de mecânica dos fluidos, Conseguiu-se um rendimento máximo de 65%. Fugindo um pouco das condições ideais o rendimento sempre foi superior a 55% a [figura 5](#) mostra o conjunto ensaiado.



Figura 5 Ensaio do Conjunto Gerador

## 8. Instalação

A instalação foi um sucesso a primeira vista, mas mal as lâmpadas se acenderam. Houve o primeiro rompimento da mangueira, pois para o gerador a pressão é maior que a atmosfera. Após diversos consertos foram trocados os 200 metros finais da mangueira. Neste trecho usaram-se abraçadeiras e conectores existentes no mercado. O método usado pelos moradores da região não funciona, pois eles usam câmara de pneus para tapar furos e fazer emendas. A [figura 6](#) mostra uma luminária acesa pela primeira vez na casa do nosso beneficiário





Figura 6 Luminária de PL de nove Watts na casa do Sr. Antônio

## 9. Outras Instalações

Objetivando uma oportunidade prática para os alunos de Engenharia elétrica da PUCSP e também sendo um método para se espalhar a tecnologia, foi introduzido no quarto ano de engenharia elétrica como trabalho extra-classe, a eletrificação de propriedades rurais afastadas das redes de energia elétrica.

O primeiro passo foi formar grupos de 5 a 7 alunos a fim de ratearem a despesa da instalação, pois a maioria desses pequenos proprietários, mal conseguem sobreviver de seu trabalho. Com auxílio de informações na região dessas propriedades ou utilizando-se o software Google Earth são descobertas as casas sem energia elétrica. Com auxílio de um GPS são levantadas as coordenadas da casa e da água que abastece a residência. É feita a medida da vazão da água a uma altura de 30 a 40m em relação a casa, esses dados são conferidos com as fotos do satélite.

O projeto é feito levantando-se a quantidade de energia da água e assim pode-se escolher o diâmetro ideal da turbina e a quantidade de luminárias a serem instaladas. Uma bateria é usada para o armazenamento do excesso de energia a fim de suprir o horário de pico.

Os alunos constróem a turbina, usam o mesmo tipo de motor utilizado na primeira instalação, como gerador e instalam um nobreak para que toda instalação seja em 115 Volts, que torna fácil a reposição das luminárias assim como facilita a utilização de eletrodomésticos.

No final de 2005 mais oito famílias foram beneficiadas com esse sistema: Quatro na rodovia Rio Santos, Três na Piaçaguera Guarujá e uma no Vale do Ribeira. A [figura 7](#) mostra uma instalação no quilômetro 240 da Piaçaguera.

## **10. Conclusão**

Apesar de ser uma potência bastante pequena, o sistema gera mensalmente pouco mais que trinta kWh, que é o consumo das residências das pessoas menos favorecidas. O grande sonho de nossos beneficiários é Ter uma geladeira elétrica, mas isso só é possível com o uso de um nobreak especial para portão e uma aumento na potência do gerador, aumentando-se o diâmetro da canalização ou instalando uma nova mangueira com mais um bocal. O chuveiro também está fora deste sistema, mas pode-se instalar um aquecedor solar social [KAWANO 2004].

As turbinas de cerâmica devem ser melhor estudadas, pois transformam uma tecnologia sofisticada em artesanato.

## **Agradecimentos**

Ao Centro Universitário da Fei nos forneceu o Laboratório de Mecânica dos Fluidos

A Pontifícia Universidade Católica nos cedeu os fornos para as queimas da cerâmica.

A Kanaflex pela doação das mangueiras

## **Referências**

[1] MACINTYRE, A.J. *Máquinas motrizes hidráulicas*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois; 1983.

[2] Kawano, Mário; Aquecedor Solar Social; I Simpósio Internacional de Ciências Integradas da Unaerp Campus do Guarujá; 2004; S.P.