

## ENERGIAS RENOVÁVEIS

### OBSERVAÇÃO DE VAZÃO HIDRÁULICA RESIDENCIAL COMO POTENCIAL GERADOR DE ELETRICIDADE MONITORADO VIA PLATAFORMA ARDUINO.

**Karina da Silva Lopes** – karislp.ksl0@gmail.com  
CCNT - Universidade do Estado do Pará.

**Victor Santos Fonseca** – vsantos1@gmail.com  
CCNT - Universidade do Estado do Pará.

**Yago Yguara Parente** – yagoparente96@gmail.com  
CCNT - Universidade do Estado do Pará.

**Willian Cardoso de Souza** – wcardosodesouza@gmail.com  
CCNT - Universidade do Estado do Pará.

**Járlesson Gama Amazonas** – jgamazonas@gmail.com  
CCSE - Universidade do Estado do Pará.

**Resumo:** A oferta de energia elétrica produzida no Brasil é predominantemente obtida a partir de geração hidráulica (65%). Nossa matriz energética é centralizada, apresentando dentre outros fatores inevitáveis impactos ambientais e altos custos de construção e transmissão de energia. Além disso, estudos recentes apontam que a demanda energética brasileira crescerá exponencialmente nos próximos anos, resultando em um provável desequilíbrio oferta versus demanda. Neste contexto, o desenvolvimento de métodos sustentáveis para geração de eletricidade é de suma importância tanto para ampliação da matriz energética, quanto para a diminuição da utilização excessiva dos recursos naturais. Como alternativa, este trabalho propõe um sistema de picogeração descentralizado de energia elétrica de forma limpa e sustentável, convertendo energia cinética do fluxo de água de condutos hidráulicos residenciais. Para coleta e tratamento de dados hidráulicos e elétricos, utilizou-se sensores de vazão e tensão associados a um microcontrolador Arduino UNO. Nossas medidas estão em acordo com os resultados obtidos por aparelho similar de patente chinesa, e ainda, pode-se estabelecer um intervalo de vazão para o qual o sistema opera de modo satisfatório. Além disso, o monitoramento através da plataforma ARDUINO facilitará não somente o controle de consumo de água bem como a geração de energia elétrica, ambos com possibilidade de gestão via acesso remoto. Por fim, apesar de iniciais, acredita-se que nossos resultados indicam provável aplicação do protótipo em condutos hidráulicos de maior vazão cuja gerência forneça energia elétrica alternativa com possibilidades de aplicação em pequenos dispositivos ou mesmo armazenamento em baterias.

**Palavras-chave:** Fontes alternativas, fluxo de água, picogeração de energia, arduino.

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2015) “A matriz elétrica brasileira é de origem predominantemente renovável, com ênfase para a fonte hidráulica que responde a aproximadamente 65,2% da malha interna de energia elétrica gerada”. A produção brasileira de energia é centralizada, o que compromete o sistema de distribuição e transmissão de energia em casos de falha ou comprometimento das centrais geradoras. Além disso, o sistema frequentemente necessita que as centrais termelétricas sejam ativadas para suprir carências de energia, ainda que estas ofereçam riscos à saúde e encareçam as taxas pagas pela população (BONOW, 2014).

Até 2021 o crescimento médio anual da demanda total por energia elétrica no Brasil será de 4,5% ao ano. Dessa forma, a classe residencial deverá consumir em 2021 aproximadamente 147 mil GWh, já que as atuais estimativas indicam que o número total de domicílios aumentará para 217 mil até 2024 (EPE, 2015).

Por conta de estar inserida na categoria de fontes geradoras de energia distribuídas, a picogeração hidráulica residencial apresenta diversos benefícios como: baixo impacto ambiental; redução dos gastos nos sistemas de distribuição e transmissão; diminuição dos carregamentos das redes; redução de perdas e diversificação da matriz energética, entre outros (ANEEL, 2014). Adicionalmente, percebe-se nas instalações hidráulicas residenciais possíveis fontes sustentáveis para geração de energia quando utilizado o mesmo princípio de conversão energética implantado em centrais hidrelétricas. Tal princípio aproveita o fluxo de água presente nos encanamentos de edificações, convertendo energia hidráulica em mecânica e posteriormente, em energia elétrica.

Neste sentido, o monitoramento hidráulico residencial é de suma importância para garantir a viabilidade da instalação de sistemas de conversão energética em redes tubulares, haja vista que o desenvolvimento de fontes alternativas de energia elétrica é fundamental para a diminuição da utilização excessiva dos recursos naturais, além de servir para ampliação da produção e da oferta de energia. Assim, a proposta deste estudo é monitorar instalações hidráulicas residenciais para picogeração hidráulica de eletricidade, dado que o aproveitamento do fluxo de água que percorre os condutos habitacionais pode se tornar uma alternativa sustentável em resposta a expansão e diversificação do parque gerador elétrico do país.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Desenvolvimento do

#### **Dispositivo Sistema hidrelétrico**

O sistema hidrelétrico diz respeito, principalmente, ao gerador (conversão da energia hidráulica em mecânica e posteriormente em elétrica) cujas especificações apontam a produção de voltagem até 15 V e corrente de saída até 260 mA, ambas dependentes do fluxo de água ao qual será submetido o dispositivo. Além disso, adquiriu-se um kit com diversas outras ferramentas utilizadas na obtenção de dados elétricos e assim, desenvolveu-se um protótipo utilizando um gerador hidráulico, uma placa protoboard, jumpers, diodo N4007, resistor e multímetro, conforme mostra a figura 1. O picogerador apresenta um custo médio de R\$ 100,00 enquanto as demais ferramentas somam um total de aproximadamente R\$ 40,00.

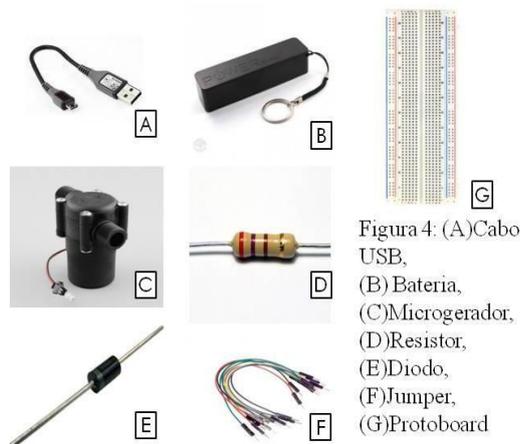


Figura 4: (A)Cabo USB, (B) Bateria, (C)Microgerador, (D)Resistor, (E)Diodo, (F)Jumper, (G)Protoboard

Figura 1 – Materiais utilizados para construção do protótipo picogerador de energia elétrica.

A figura 2 apresenta os materiais na disposição usada para a construção do protótipo e suas conexões. Ligou-se os polos do gerador a um circuito elétrico simples (composto pelo diodo e resistor) através da placa protoboard. Em seguida, este conjunto foi associado a um multímetro digital para registro de dados em tempo real. Utilizou-se um circuito simples (gerador resistor) ao invés de conectar-se o picogerador diretamente ao multímetro, pois desse modo foi possível obter através de cálculos valores para a potência útil, dissipada e total, assim como para rendimento e energia elétrica gerada.

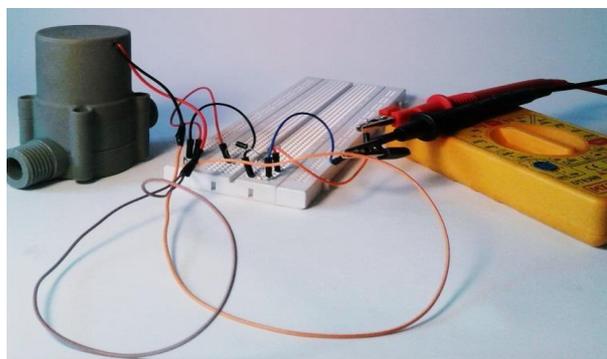


Figura 2 – Protótipo do sistema hidrelétrico.

### Coletor de dados via sensores

Utilizando-se um sensor de fluxo de água conectado ao encanamento residencial e a uma plataforma de prototipagem (Arduino) foi possível cotar a vazão de água que passou através do sensor. A figura 3 ilustra a montagem do coletor de dados hidráulicos, para tal, utilizou-se um sensor de vazão, cabos elétricos, o microcontrolador Arduino UNO e um computador. Procedimento similar foi realizado para obtenção das tensões de saída do gerador, contando para isto, com o auxílio de um sensor de tensão. O Arduino UNO teve um valor aproximado de R\$ 150,00 e o sensor de vazão de R\$ 35,00.

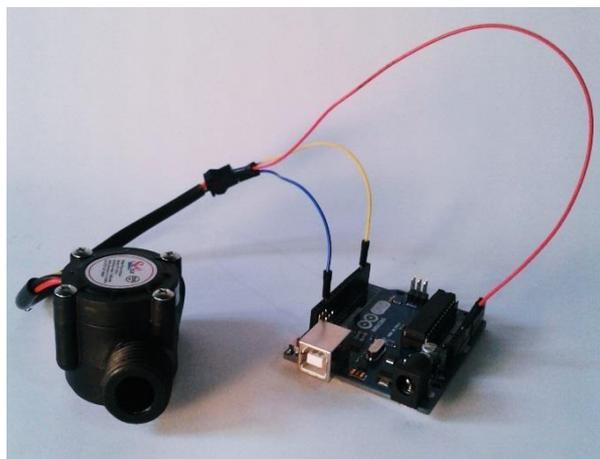


Figura 3 – Coletor de dados via sensores conectados ao microcontrolador ARDUINO.

Conectou-se o microcontrolador a um computador para que os dados captados pelo coletor pudessem ser observados em tempo real junto à interface computacional padrão do Arduino UNO, também chamada de IDE (Integrated Development Environment). Para acesso às informações via plataforma Arduino é necessária linguagem de programação adequada cujo código para a obtenção do fluxo de água é descrito a seguir.

### **Programação do microcontrolador**

Através do Arduino é possível interagir com o ambiente através da criação de programas que manipulem suas entradas e saídas, convertendo observações em sinais elétricos. É possível também conectar diferentes sensores como o sensor de vazão, de tensão, de corrente e outros dispositivos como o displays, e LED.

Através da IDE Arduino 1.6.7, configurou-se o microcontrolador Arduino UNO para executar a leitura da vazão de água que atravessa tubulações hidráulicas residenciais, em litros por minuto, como descrito no código da figura 4 (códigos similares podem ser feitos para os sensores de tensão e corrente elétrica.)

```

float vazao; //Variável para armazenar o valor em L/min
float media=0; //Variável para tirar a média a cada 1 minuto
int contaPulso; //Variável para a quantidade de pulsos
int i=0; //Variável para contagem

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Inicia a serial com um baud rate de 9600

  pinMode(2, INPUT);
  attachInterrupt(0, incpulso, RISING); //Configura o pino 2 (Interrupção 0) para trabalhar como interrupção
  Serial.println("\n\nInicio\n\n"); //Imprime Inicio na serial
}

void loop ()
{
  contaPulso = 0; //Zera a variável para contar os giros por segundos
  sei(); //Habilita interrupção
  delay (1000); //Aguarda 1 segundo
  cli(); //Desabilita interrupção

  vazao = contaPulso / 5.5; //Converte para L/min
  media=media+vazao; //Soma a vazão para o calculo da media
  i++;

  Serial.print(vazao); //Imprime na serial o valor da vazão
  Serial.print(" L/min - "); //Imprime L/min
  Serial.print(i); //Imprime a contagem i (segundos)
  Serial.println("s"); //Imprime s indicando que está em segundos

  if(i==5)
  {
    media = media/5; //Tira a media dividindo por 60
    Serial.print("\nMedia por minuto = "); //Imprime a frase Media por minuto =
    Serial.print(media); //Imprime o valor da media
    Serial.println(" L/min - "); //Imprime L/min
    media = 0; //Zera a variável media para uma nova contagem
    i=0; //Zera a variável i para uma nova contagem
    Serial.println("\n\nInicio\n\n"); //Imprime Inicio indicando que a contagem iniciou
  }
}

void incpulso ()
{
  contaPulso++; //Incrementa a variável de contagem dos pulsos
}
  
```

Figura 4 – Código utilizado em sistema de monitoramento de fluxo de água em litros por minuto (vazão).

## 2.2 Procedimentos experimentais

Inicialmente, instalou-se o dispositivo em uma rede hidráulica residencial sob vazão controlada e constante (figura 5), observou-se a tensão e corrente elétrica geradas nos polos do protótipo. Tais medidas foram registradas com auxílio de um multímetro e posteriormente foram realizados os devidos cálculos para obtenção de outros dados elétricos, como a energia elétrica produzida em cada experimento.



Figura 5 – Protótipo instalado em rede hidráulica residencial.

Em seguida, o experimento foi realizado novamente com coleta de dados via plataforma ARDUINO. Após o posicionamento do dispositivo na saída da torneira, começou a realização dos testes, com a cronometragem e contabilização dos resultados para descrição do desempenho do dispositivo hidrelétrico. Em fluxo de água aproximadamente constante, coletou-se a tensão correspondente com medidas realizadas a cada 10 s, e ao final de 10 diferentes medidas, calculou-se o valor médio para obter cada ponto representado no gráfico da figura 7.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De posse dos dados, efetuou-se a projeção do gráfico que mostra a relação entre energia elétrica (Watts.hora) (figura 6) em função do fluxo de água em litros por minuto. Qualitativamente, como esperado, o gráfico mostra que para maiores valores de vazão maiores serão os valores produzidos de energia elétrica. A partir deste gráfico, pode-se agora estabelecer relações quantitativas de observações entre energia elétrica gerada e vazão que, por sua vez, são importantes para evitar que o dispositivo seja usado com desempenho abaixo do desejável ou contrariamente, seja submetido a uma vazão que prejudique seu funcionamento ou mesmo, danifique-o. Para vazão de 6,6 L/min, obtem-se produção de energia em torno de 0,012 Wh, valor considerado baixo, mas que certamente pode ser adequado para armazenamento em baterias por exemplo, e ainda, pode ser melhorado com o aumento de vazão, através da associação de outros microgeradores, devido ao acréscimo de energia potencial gravitacional ao sistema (tubulações prediais).

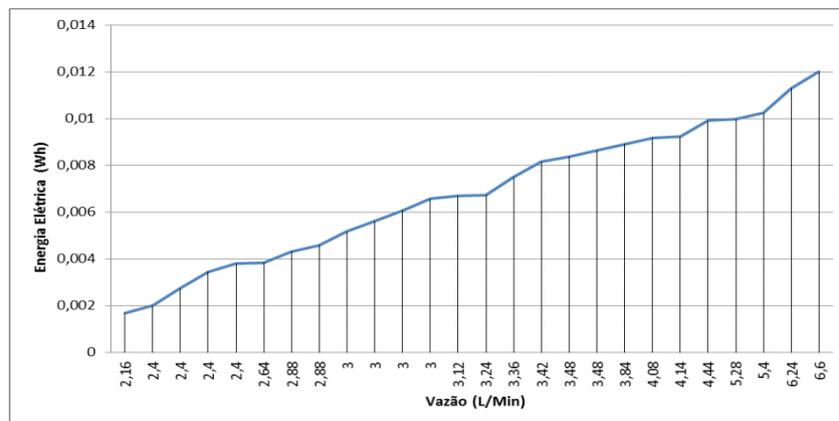


Figura 6 – Energia elétrica versus fluxo de água (vazão).

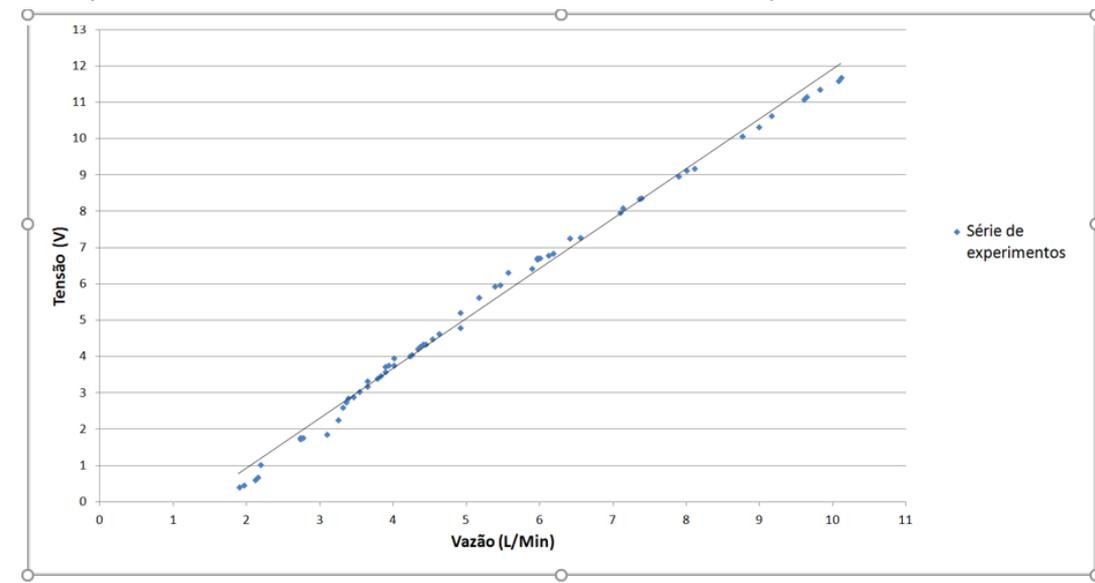


Figura 7 – Desempenho do picogerador relacionando a tensão (volts) produzida como função do fluxo de água (vazão, em litros por minuto)

Partindo dos dados da figura 7 obteve-se a equação  $T = 1,33V - 1,87$ , na qual  $T$  representa a tensão em volts e  $V$  a vazão em litros por minuto. Claramente, ocorre um limiar de fluxo de água abaixo da qual tensão produzida é nula, neste caso, o limiar de vazão fica nas proximidades de 1,44 L/min. Como afirmado anteriormente, a tensão máxima produzida pelo dispositivo é de 15 V correspondendo a uma vazão de aproximadamente 12,68 L/min. Estes valores são úteis para correlacionar o gerador (tipo, tamanho e capacidade) e o desenvolvimento do sistema de energia proposto, cujo dimensionamento impróprio faria com que o sistema operasse com desempenho indesejável. Em todos os experimentos, verificou-se que o protótipo desenvolvido vai além do intervalo de tensão obtido por aparelho similar de origem chinesa proposto por Jianguo (2014), cujas medidas variavam entre 3,0V-4,2V.

A proposta de monitoramento via ARDUINO ainda está em fase inicial, mas além de facilitar a coleta e tratamento de dados viabiliza acesso as informações hidráulicas e elétricas não somente no local da medida, mas também por meio de acesso remoto via página Web.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desenvolveu-se um dispositivo de pequenas dimensões e de baixo custo com o propósito de monitorar instalações hidráulicas residenciais associadas a um pequeno gerador para fins de produção de energia elétrica alternativa. A partir de observações de fluxo de água em condutos residenciais foi possível medir grandezas elétricas como tensão, corrente, potência e energia. Assim, aproveitou-se de um potencial de energia em geral desperdiçado, contribuindo para o desenvolvimento de meios alternativos de geração de energia elétrica no meio urbano. O estudo também apresenta informações sobre o desempenho do sistema baseado exclusivamente em informações com valores mínimos e máximos sobre o fluxo de água, para os quais o dispositivo apresenta um intervalo de medidas elétricas desejáveis, de modo que não opere com produção

muito baixa nem com vazão extremamente alta que possa danificar qualquer de seus componentes. O monitoramento via microcontrolador ARDUINO torna mais fácil a gerência da produção de energia, possibilitando ao usuário acompanhar periodicamente seu consumo de água e em particular, sua geração de energia elétrica com viabilidade de acesso remoto. Os resultados ainda são iniciais, mas já apontam que tal sistema poderá ser bem aplicado não somente a residências, mas principalmente em locais nos quais o fluxo de água é aproximadamente contínuo como em escolas, universidades e prédios. Estudos mais precisos ainda são necessários, o dispositivo precisa ser aperfeiçoado e assim, consolidar-se como uma ampliação na oferta de energia, constituindo-se como uma fonte limpa e renovável frente à carência de alternativas e ao aumento do consumo de energia elétrica.

### **Agradecimentos**

Este trabalho foi realizado com o auxílio financeiro do PIBIT/UEPA. Ainda, agradecemos o suporte do GPFEP/UEPA, CCNT/UEPA e do CENAPAD/Unicamp.

### **5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). Atlas de Energia do Brasil: Energia Hidráulica. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par2\\_cap3.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf)>. Acesso em: 17 set. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica. Brasília. ANEEL, 2014. 28 p.

BONOW, A. A.; IBAÑEZ, G. B.; NETO, T. P. O uso do potencial hidráulico predial para microgeração de energia elétrica. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/projenergia3/projetos/trabalhos-2014-2/trabalhos-2014-2/GRUPOE.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço nacional 2015: Ano base 2014. São Paulo. EPE, 2015. 292 p.

FLOREZ, Ramiro Ortiz. Pequenas Centrais Hidrelétricas. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

JIANGUO, D. Water flow power generation device. CN. Pat. 103967688 A, 2014. 6p.

SILVA, Ennio Peres. Fontes Renováveis de Energia: produção de energia para um desenvolvimento sustentável. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

ZAINUDDIN, H.; et al. Design and Development of Pico-hydro Generation System for Energy Storage Using Consuming Water Distributed to Houses. International Scholarly and Scientific Research & Innovation v. 3, n. 11, 2009.