

Protótipo de usina hidrelétrica reversível UHR aplicado a formação do técnico em eletrotécnica - visão geral e aplicações

Kariston Dias Alves
Elen Camanho Antunes
Danielle Menezes Marrieli
Juliany Barbosa dos Santos

RESUMO: As preocupações ambientais e o encarecimento dos combustíveis fósseis têm influenciado no desenvolvimento e a expansão das energias renováveis para geração de eletricidade no Brasil e no mundo. Devido a imprevisibilidade de geração das fontes alternativas – eólica e solar – e à redução da capacidade de regularização dos reservatórios hidrelétricos, o armazenamento da energia excedente, para seu uso durante os picos de consumo, pode contribuir para equilibrar a carga e regular a frequência da energia distribuída. As usinas hidrelétricas reversíveis são a principal tecnologia utilizada no mundo, visando o armazenamento de energia elétrica em grande escala. Este artigo apresenta a execução de um protótipo de usina hidrelétrica reversível - UHR, através de um sistema com bomba e turbina, que atua conforme a análise de períodos de alta e baixa demanda energética, sendo composto de dois reservatórios, um superior e um inferior, onde nos períodos de baixa demanda a bomba é acionada e a água, conduzida para o reservatório superior. Nos períodos de alta demanda a água é liberada do reservatório superior para o inferior, fazendo com que a turbina se movimente e, dessa forma, seja gerada uma energia complementar. Em uma escala real, a energia gerada é injetada na rede a fim de equalizar a relação produção x demanda. O protótipo da UHR foi construído na disciplina de automação, do curso técnico em eletrotécnica do IFRO, como proposta metodológica de problema baseado em projetos. Com este modelo, têm-se uma real exemplificação da solução apresentada pelos modelos de usinas reversíveis.

Palavras chave: Energias renováveis, armazenamento e protótipo.

Prototype of a UHR reversible hydroelectric plant applied to the training of the electrotechnical technician - overview and applications

ABSTRACT: Environmental concerns and the rising cost of fossil fuels have influenced the development and expansion of renewable energy for electricity generation in Brazil and worldwide. Due to the unpredictability of generation of alternative sources - wind and solar - and to the reduction of the capacity of regularization of the hydroelectric reservoirs, the storage of surplus energy, for its use during the consumption peaks, can contribute to balance the load and regulate the frequency of the distributed energy. Reversible hydroelectric plants are the main technology used in the world, aiming the storage of electric energy on a large scale. This article presents the execution of a prototype of a reversible hydroelectric plant - UHR, through a system with pump and turbine, which acts according to the analysis of periods of high and low energy demand, being composed of two reservoirs, one upper and one lower, where in periods of low demand the pump is driven and the water is directed to the upper reservoir. In periods of high demand the water is released from the upper reservoir to the lower reservoir, causing the turbine to move and, in this way, a complementary energy is generated. In a real scale, the generated energy is injected into the network in order to equalize the production-demand relationship. The prototype of the UHR was built in the automation discipline, of the technical course in electrotechnology of IFRO, as a methodological proposal of problem based on projects. With this model, we have a real example of the solution presented by the models of reversible plants.

Key words: Renewable energies, storage and prototype.

1. INTRODUÇÃO

A energia hidrelétrica permanece de longe a mais importante das energias renováveis no Brasil, há tempos ela ocupa o primeiro lugar no ranking de geração de energia (ANEEL 2019), sendo responsável por 63,74% da potência instalada no país. Ao que se refere à geração de energia no Brasil, englobando as mais diversas fontes, estão em operação cerca de: 7.430 empreendimentos, totalizando uma potência instalada de 163.899.721 kW. Dos empreendimentos em operação 1.341 são concentrados em empreendimentos de fontes hidrelétricas, possuindo 104.471.516 kW de potência associada à geração em CGH's, PCH's e UHE's.

Até alguns anos atrás, a relação entre oferta e demanda de energia elétrica era realizada por atuação em conjunto, à demanda deveria ser proporcional à oferta, não podendo exceder o limite oferecido pela geração. Com o tempo, algumas pesquisas com novas propostas de soluções para essa situação do setor energético mundial foram ganhando espaço. Então começaram a surgir diversas tecnologias de armazenamento de energia elétrica, algumas delas apresentadas a seguir: baterias, volantes de inércia, supercapacitores e, o objeto de pesquisa do presente trabalho, as usinas hidrelétricas reversíveis.

A AES Tietê (2018), agência de armazenamento de energia por baterias íon-Lítio, explica que, atualmente os sistemas de armazenamento de energia permitem que a oferta e a demanda atuem separadamente, sem a interferência de uma na outra. Essa tecnologia de atuação separada permite que a energia gerada em determinado momento seja usada em outro. Com essa capacidade de separação a garantia de uma maior confiabilidade ao sistema costuma ser interessante para a maior parte dos clientes.

Segundo Zuculin (2014, p. 2)

[..] um sistema elétrico precisa mais do que apenas energia. Precisa de recursos elétricos para que essa energia seja disponibilizada com qualidade e confiabilidade. Precisa de diversidade de fontes, para sustentabilidade. É justamente para oferecer esse equilíbrio ao sistema, que a usina hidrelétrica reversível (UHR) surge como alternativa.

O sistema tecnológico das usinas hidrelétricas reversíveis é extremamente relevante para aplicação em grande escala, em questão de capacidade e potência geradas pelo armazenamento de energia, onde o excedente de energia elétrica gerado nos períodos de baixa demanda é armazenado para sua posterior utilização nos períodos onde apenas a geração não sustenta, no caso, os períodos de alta demanda de consumo. Esse tipo de usina funciona a partir do armazenamento de energia potencial gravitacional da água, onde a mesma é armazenada a uma determinada altura de elevação, e a partir daí, utiliza o mesmo princípio de geração das usinas hidrelétricas.



Fig:1-Usinas hidrelétrica reversível de Limberg II na Áustria, contribuem para a estabilização da rede elétrica da Europa.

Percebendo a dificuldade de compreender o funcionamento e as aplicações práticas de CLP'S em automação e tendo à possibilidade de explicar conteúdos de física através do processo de geração de energia, o presente artigo objetiva realizar a apresentação das etapas de pesquisa e execução do protótipo de uma (UHR), o qual servirá para fins didáticos na turma de eletrotécnica do Instituto Federal de Rondônia - campus Porto Velho Calama.

2. PLANEJAMENTO E METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DIDÁTICO DA UHR

Através dos estudos sobre Controladores Lógico Programáveis (CLP), foi observada a possibilidade de utilização desses conhecimentos na construção de um sistema de geração de energia interessante, mas pouco conhecido, com o objetivo de servir para fins de aplicação didática. Começando a ganhar forma, a ideia da construção de uma UHR passou por algumas etapas de simulação em 3D, executado no programa Sketchup com o intuito de situar alguns detalhes de posicionamento e forma do projeto (fig.2)

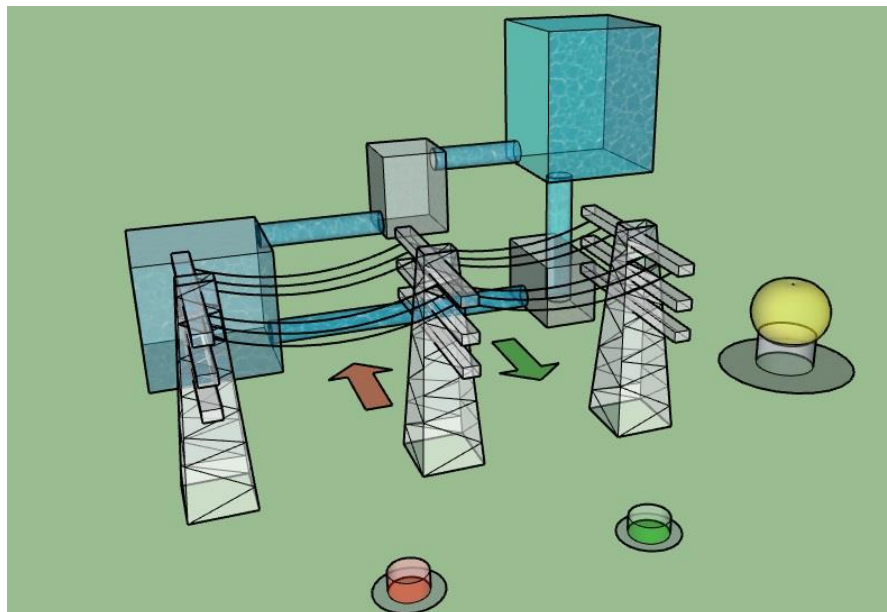


Fig:2 - Modelagem 3D da UHR no Sketchup

O sistema analisará os períodos de alta e baixa demanda de energia, para que em períodos de baixa demanda a água seja bombeada do tanque inferior (reservatório 1) para o tanque

superior, sendo a bomba acionada pelo botão vermelho. E em períodos de alta demanda, seja acionado o processo reverso através do botão verde, no qual a água deixa o tanque superior em direção ao inferior e, nesse percurso, movimentada as turbinas hidráulica, sendo acionada pelo botão verdes, gerando energia. Os sensores de nível d'água, quando identificarem baixo nível de água nos tanques, cessarão os procedimentos que estiverem em execução.

2.1 Projeto mecânico

As UHR's funcionam a partir do armazenamento da energia potencial gravitacional da água em horários de menor demanda, esse processo de armazenamento se dá através do bombeamento de um reservatório de água inferior para um reservatório superior. Quando a demanda está baixa, parte da quantidade de água armazenada é bombeada do reservatório inferior para o reservatório superior e, em horários de pico de energia, quando o consumo demandar mais do sistema, a água é liberada novamente pela turbina, gerando mais eletricidade. A maioria desses sistemas se localizam em países desenvolvidos e industrializados como: Japão (mais de 40 em operação), China, Noruega, França, sendo que cada país possui mais de 20 UHR's em operação ou construção.

Segundo Zuculin (2014,p. 2)

Usinas Hidrelétricas Reversíveis são inerentes a sistemas elétricos que combinam fontes de energia renováveis como a eólica e a solar, pois podem compensar intermitências, nivelando as flutuações características dessas fontes. Em sistemas com grande capacidade instalada de eólicas, usinas hidrelétricas a fio d'água e usinas nucleares, a UHR pode funcionar como uma carga na forma de bateria, armazenando energia.

Diante disso, os materiais utilizados para a montagem do protótipo foram selecionados de acordo com as dimensões e a capacidade de geração prevista para o modelo, capaz de fazer a ligação de uma fita de leds. A seguir um resumo dos materiais inicialmente utilizados e uma visão mecânica mais geral do protótipo, explicando suas aplicações e utilidades.

A estrutura da usina foi montada sobre uma plataforma de compensado e madeira, formando a base. Sobre ela, dois suportes de madeira e dois reservatórios plásticos de água. A função do suporte 1 é elevar o reservatório nº 1, a saída deste foi conectada a entrada da válvula por uma mangueira ¼", a saída da válvula era conectada a entrada da turbina por um adaptador, e a saída do mini gerador era conectada a entrada do reservatório nº 2 por uma mangueira ⅜ , já a saída do reservatório nº 2 era ligada a entrada da bomba pela mangueira ¼, e a saída da bomba se conecta a entrada do reservatório nº 1. Na parte inferior de cada reservatório, foi acoplado um sensor de nível de água caracterizados como normalmente abertos e seu funcionamento no projeto acontece da seguinte forma: quando o reservatório se encontra vazio, o sensor se apresenta aberto, ou desligado, fazendo com que o sistema de comando acione o fluxo de água, quando o nível d'água alcança o sensor, o mesmo fecha o contato, o que ocasiona no cessamento do fluxo de água.

MATERIAIS	FUNÇÃO
Base 1m de largura x	Sustentar o protótipo

0,50m de comprimento	
Reservatório Superior	Armazenar água
Reservatório Inferior	Armazenar água
Suporte 1	Elevar o reservatório superior
Suporte 2	Suspender a válvula e minigerador
Mangueira ¼”	Conduzir a água do reservatório superior até a válvula, e posteriormente conduzir a água do reservatório inferior até a bomba, retornando ao reservatório superior.
Mangueiras ⅜”	Conduzir a água do minigerador até o reservatório inferior

Tab.:1 - Materiais utilizados na montagem mecânica

2.2 Projeto elétrico

O CLP Zelio-Schneider foi utilizado por ser um componente mais robusto que as plataformas convencionais de prototipagem, como o arduino. Ele foi utilizado também por ser um projeto desenvolvido ao conteúdo da disciplina de CLP, que visa o estudo de controladores lógicos programáveis e linguagens de programação dos equipamentos industriais, como FBD e Ladder.

A programação para o controle da UHR foi feita em linguagem Ladder, mostrada na imagem abaixo. Ao realizar a leitura da programação pode-se ver que, a entrada digital “I1” é o botão de abertura da válvula solenóide conectado também ao set da memória 1, ao ser acionado libera a passagem de água para a turbina, e o entrada digital “I2” acionada por um botão, ativa o bombeamento do reservatório inferior para o superior, ligado ao set da memória 2.

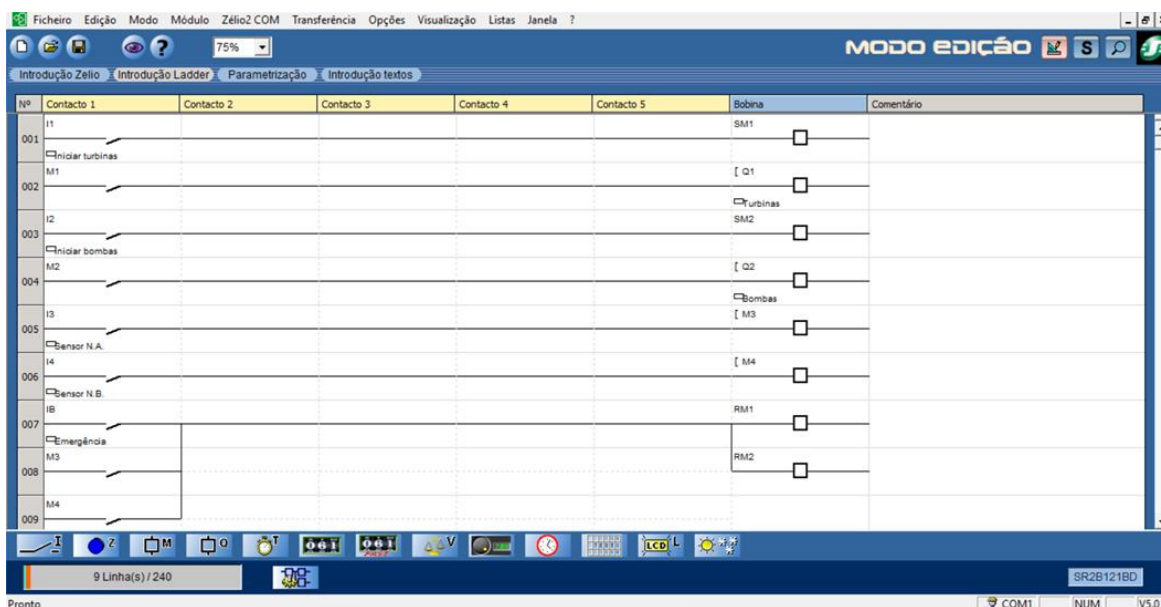


Fig:3 - Programação CLP Zélio Soft em linguagem Ladder.

Com a parte da programação já resolvida, partimos para uma escolha essencial: quais materiais elétricos seriam utilizados em nosso protótipo. Abaixo, estará especificado a escolha de cada material.

Sensores de nível de água



Fig: 4 – Sensores de nível de água

Os sensores foram utilizados para automatizar os processos de geração e de armazenamento da UHR, de modo que, ao acionar o botão S1, liga-se o bombeamento de água do reservatório inferior para o superior, o sensor de nível do reservatório inferior, detectando baixo nível de água, desaciona a bomba. Com o acionamento do botão S2, há abertura da válvula solenóide, liberando a passagem de água para a geração de energia. Quando o reservatório superior chegar ao limite do sensor de nível baixo de água, o minigerador é desacionado.

Válvula solenóide (½”x ½”) 220V



220v - ½ x ½

Fig: 5 –Válvula solenóide

Ainda na teoria, observou-se uma problemática: quando o reservatório superior se enche, a água passaria diretamente ao minigerador. Então, para resolver esse problema, foi escolhida a válvula solenóide. Seu trabalho é impedir a passagem de água até que o reservatório enche completamente. Seu acionamento é feito pelo botão S2, e seu desacionamento é dado pelo sensor de nível S4, conforme programação Ladder, fig. 3.

Mini gerador 12V 1,8W



Fig: 6 – Mini gerador

Uma das peças fundamentais de nosso projeto, o mini gerador foi utilizado para desenvolver a função de turbina do protótipo, gerando energia de acordo com o fluxo de

água que passa por ele assim que a válvula de 220V é acionada, desta forma, a energia que é gerada por ele aciona a lâmpada LED que demonstra a saída de energia do circuito do protótipo.

Bomba 12V



Fig: 7 -Bomba

Ao observar que seria necessário um material que puxasse a água do reservatório inferior para o superior, foi feita pesquisa sobre quais bombas poderíamos utilizar. Escolhemos a bomba 12V porque ela tinha pressão ideal para realizar o bombeamento de acordo com as dimensões do protótipo.

Botões NA



Fig: 8 -Botoeira NA

Para realizar o acionamento de todo o circuito, era necessário a utilização de botoeiras, já que funcionam como chaves que proíbem e liberam a passagem do fluxo de corrente de acordo com o momento em que são pressionados, escolhemos os botões NA pois apresentam a configuração ideal para o funcionamento adequado do nosso protótipo.

MATERIAIS	UTILIZAÇÃO
Sensores de nível de água 5V	Identificar o nível de água presente nos reservatórios
Válvula solenóide (½ x ½) 220V	Controlar o fluxo de água entre o reservatório superior e o minigerador
Mini Gerador 12V 1,8W	Gerar energia através da movimentação de

	suas pás pela passagem de água
Bomba 12 V	Bombear a água presente no reservatório inferior para transportá-la para o reservatório superior
Botão (NA) 1	Acionar a bomba
Botão (NA) 2	Acionar a válvula
Botão (NA) 3	Desacionar todo o sistema, funcionando como um botão de emergência
Cabos	Conectar os equipamentos

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após serem feitas todas as conexões dos componentes que seriam ligados a bancada e, ao finalizar a montagem do protótipo, foi visto que o mesmo não forneceria energia suficiente para acender uma lâmpada. Com isso, foi utilizado uma fita de led, que tem uma tensão menor, para simular à geração e a entrada de energia na rede.

De acordo com o que foi observado, logo que foi feito o primeiro teste, percebeu-se que não estava funcionando da maneira que deveria, ficando perceptível que o erro veio da programação, onde os sensores estavam invertidos, notou-se também que seria necessário fazer um novo suporte para o reservatório 1, pois o mesmo estava pequeno, dificultando assim a queda d'água. Para resolver o problema foi feito o cálculo de pressão de água e vazão, obtendo o resultado final do tamanho que seria necessário para o novo suporte.



Fig:9 - Protótipo 1.0 antes da correção do tamanho do suporte;



Fig:10 - Protótipo 2.0 com o tamanho dos suportes do reservatório e da válvula e do gerador corrigidos;

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho trata-se de um protótipo educacional de uma usina hidrelétrica reversível, objetivando a demonstração de um modelo de geração de energia pouco conhecida. Como pode ser visto, as explicações teóricas as aplicações práticas do processo de geração de energia, através deste modelo usina, comprovam que a usina é uma solução interessante e já utilizada por muitos países, mas que ainda precisa de alguns estudos e análises mais aprofundadas sobre o tema a fim de se propor um protótipo em um fator de escala proporcional a um sistema real e mais alcançável financeira e territorialmente.

A finalização e exposição do trabalho realizado ocorreu na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia no IFRO - Campus Porto Velho Calama no ano de 2018 e na E.E.E.F.M Capitão Cláudio Manoel da Costa em 2019 como um protótipo educacional para o ensino de física aos alunos do ensino fundamental e médio.

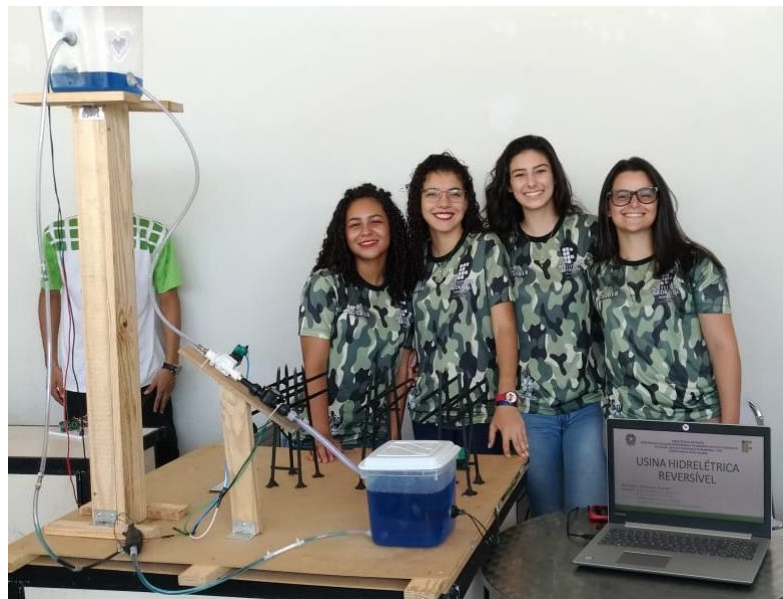


Fig:11 - Apresentação da usina na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia no IFRO - Campus Porto Velho Calama.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Rondônia pelo suporte com os equipamentos de controle, à Coordenação do Curso Técnico em Eletrotécnica (CCTEL) pela assistência nos conteúdos e disponibilidade de tempo para auxiliar nas dúvidas, ao apoio financeiro e material, dado por apoiadores do projeto como a Casa Bella Colchões, às famílias das pesquisadoras por compreenderem a necessidade de dedicação por tempo indeterminado ao projeto e à Diretoria de Ensino do IFRO.

6. REFERÊNCIAS

ANEEL. Big - banco de informações de geração (capacidade de geração do brasil). 2019. Acesso em: 11 de abril de 2019. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>

AES Tietê. Armazenamento de energia – uma revolução silenciosa. 16/05/2018. Acesso em: 11 de abril de 2019. Disponível em: <https://www.aestiete.com.br/noticia/armazenamento-de-energia-uma-revolucao-silenciosa/>

VOITH. Limberg II e Kopswerk II. Acesso em: 11 de abril de 2019. Disponível em: <http://voith.com/br/mercados-e-setores-de-negocios/energia-hidreletrica/usinas-hidreletricas-reversiveis/limberg-ii-e-kopswerk-ii-9816.html#>