

# Sistema SCADA Aplicado a Simulação, Emulação e Supervisão de Micro Centrais Hidroelétricas

**Gilberto Schneider**

Acadêmico do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Maria

[giba.schneider@gmail.com](mailto:giba.schneider@gmail.com)

**Vanessa Furtado de Lima**

Acadêmica do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Maria

[vanessa.fd@gmail.com](mailto:vanessa.fd@gmail.com)

**Claiton Moro Franchi**

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Maria

[claiton.franchi@gmail.com](mailto:claiton.franchi@gmail.com)

**Robinson F. de Camargo**

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Maria

[robinson.camargo@gmail.com](mailto:robinson.camargo@gmail.com)

**Resumo.** *Este trabalho propõem um sistema de supervisão e aquisição de dados (SCADA) para simulação e emulação de micro centrais hidroelétricas utilizando Matlab. O sistema de emulação é composto por um gerador assíncrono auto excitado (GIAE) acionado por um conversor de frequência. A simulação de centrais hidroelétricas requer a integração entre diversos componentes para este propósito foi utilizada uma rede de comunicação sem fio com o protocolo Modbus RTU(remote terminal unit) para conectar o SCADA com o inversor de frequência e uma comunicação via OPC para conectar o SCADA a simulação que está rodando no Matlab. O sistema de supervisão do processo permite o acesso em tempo real, aos dados da simulação e da emulação, permitindo ainda a alteração de alguns parâmetros destas, em uma interface simples e de fácil utilização.*

**Palavras-chave:** *Modelagem, Microcentrais Hidroelétricas, Supervisão.*

## 1. INTRODUÇÃO

Um novo campo de pesquisa se desenvolveu baseado na necessidade de diversificação da matriz energética mundial, que mostra uma tendência de expansão na descentralização da geração de energia. A motivação para a busca de soluções tecnológicas para a geração distribuída é o aumento do custo da energia obtida a partir de combustíveis fósseis, devido á restrição de sua produção. Um exemplo é o aumento do preço do petróleo nas últimas décadas. (R. Garnaut, The Garnaut Climate Change Review. Cambridge University Press, Port Melbourne, Australia.)(A. Jolly, Managing Climate Risk - A PracticaT', Tho-rogood, London, Gra-Bretanha, 2000.)

Uma das possibilidades de geração distribuída é o uso de pequenas centrais hidroelétricas para a geração de energia, mas para que seja possível prever e controlar a geração em uma dessas centrais é necessário modelar todos os componentes para simular e emular sistemas em micro centrais hidroelétricas. O sistema de simulação/emulação é capaz de realizar ensaios de modelos de turbina, bem como testar

sistemas de conexão entre gerador e rede, e suas novas topologias.

Este artigo propõe a simulação dinâmica de uma turbina, juntamente com a emulação da resposta dinâmica e um sistema SCADA para coletar os dados. A utilização de um sistema SCADA também torna possível alterar certos parâmetros da hidroelétrica simulada, tornando possível a análise da resposta do sistema a várias situações.

O sistema de comunicação neste trabalho é aprimorado ao desenvolvido no paper de Wei, D.; Chen, Q. The Technology of OPC and Its Application In Supervisory Information System of Hydropower Plant, ISECS, 2009, onde é proposto um sistema SCADA de uma usina hidrelétrica utilizando o sistema OPC para melhorar a integração entre todos os dispositivos sem necessidade de drivers específicos para cada par de dispositivos. O sistema SCADA fornece um acesso fácil aos dados em tempo real como é demonstrado no trabalho de Thomas, M.S.; Kumar, Parmod; Chandna, V.K., "Design, development, and commissioning of a supervisory control and data acquisition (SCADA) laboratory for research and training," Power Systems, IEEE Transactions on, vol.19, no.3, pp.1582,1588, Aug. 2004. Uma rede Modbus é usada para conectar o SCADA a usina emulada. O uso do Modbus se justifica pela sua robustez e velocidade mais rápida do que os servidores de OPC, portanto, é aplicado em pontos que necessitam maior fluxo de dados. (Li Zheng; Nakagawa, H., "OPC (OLE for process control) specification and its developments," SICE 2002. Proceedings of the 41st SICE Annual Conference, vol.2, no., pp.917,920 vol.2, 5-7 Aug. 2002)

O processo de emulação é feito com um motor elétrico acionado por inversor de frequência (máquina primária) acoplado a um gerador de indução auto-excitado (GIAE). O gerador elétrico utiliza uma máquina de indução assíncrona que é geralmente aplicada como o motor elétrico. Este tipo de gerador foi escolhido para o projeto, pois é considerado muito robusto, com baixo custo e manutenção fato que foi

estuda no artigo de Scherer, L.G.; De Camargo, R.F., "Frequency and voltage control of micro hydro power stations based on hydraulic turbine's linear model applied on induction generators," Power Electronics Conference (COBEP), 2011 Brazilian, vol., no., pp.546,552, 11-15 Sept. 2011. Esta é a escolha natural, porque pequenas centrais hidrelétricas necessitam de topologias com baixo custo. (Palwalia, D. K.; Singh, S.P., "Design and implementation of induction generator controller for single phase self-excited induction generator," Industrial Electronics and Applications, 2008. ICIEA 2008. 3rd IEEE Conference on, vol., no., pp.400,404, 3-5 June 2008).

## 2. SISTEMA PROPOSTO

A simulação da turbina e da dinâmica da água é feito através do Matlab e os resultados das simulações são transferidos para o sistema SCADA via OPC e enviado pelo Modbus sem fios para o conversor de frequência. Cada item é detalhado nas próximas seções. A visão geral do sistema é mostrada na Figura 1.

A topologia escolhida para geração de energia emprega um gerador assíncrono que requer uma rotação constante, o que implica ter um método de controlar a velocidade da turbina.

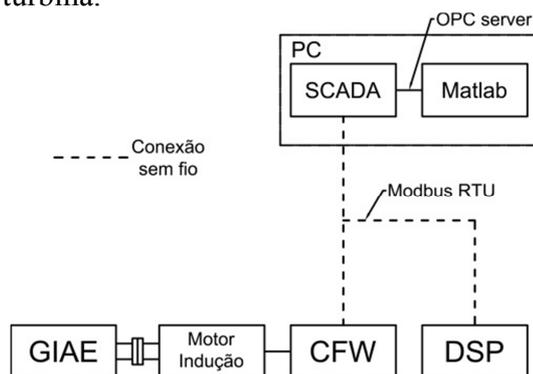


Figura 1. Sistema de emulação com controle de velocidade via rede Modbus wireless.

A fim de conseguir isto, um modelo preciso da turbina é utilizado, bem como de todos os outros componentes do sistema hidráulico. (Scherer, L.G.; De Camargo, R.F., "Frequency and voltage control of micro

hydro power stations based on hydraulic turbine's linear model applied on induction generators," Power Electronics Conference (COBEP), 2011 Brazilian , vol., no., pp.546,552, 11-15 Sept. 2011)

O sistema proposto apresenta uma turbina hidráulica (motor de indução), conversor de frequência, gerador de indução, banco de capacitores de excitação, inversor fonte de tensão (VSI) e SCADA.

### 3. MODELAGEM DO SISTEMA HIDRÁULICO

Um sistema de geração de energia hidráulica é composto por uma turbina, um gerador e um defletor para alterar a incidência da água sobre a turbina.

Para a modelagem da turbina foi escolhido um modelo não-linear de um sistema hidráulico simples. A utilização de um modelo não-linear é devido ao fato de ter um comportamento adequado para a simulação no domínio do tempo, com grandes variações de carga e de frequência. O modelo utilizado está detalhado em Scherer, L.G.; De Camargo, R.F., "Frequency and voltage control of micro hydro power stations based on hydraulic turbine's linear model applied on induction generators," Power Electronics Conference (COBEP), 2011 Brazilian , vol., no., pp.546,552, 11-15 Sept. 2011. e consiste em uma modelagem da turbina, da interação da água e da dinâmica do atuador de controle de velocidade.

### 4. SISTEMA DE SUPERVISÃO DA SIMULAÇÃO/EMULAÇÃO

O modelo hidráulico citado anteriormente é inserido no Matlab e a simulação transcorre conforme a Figura 2.

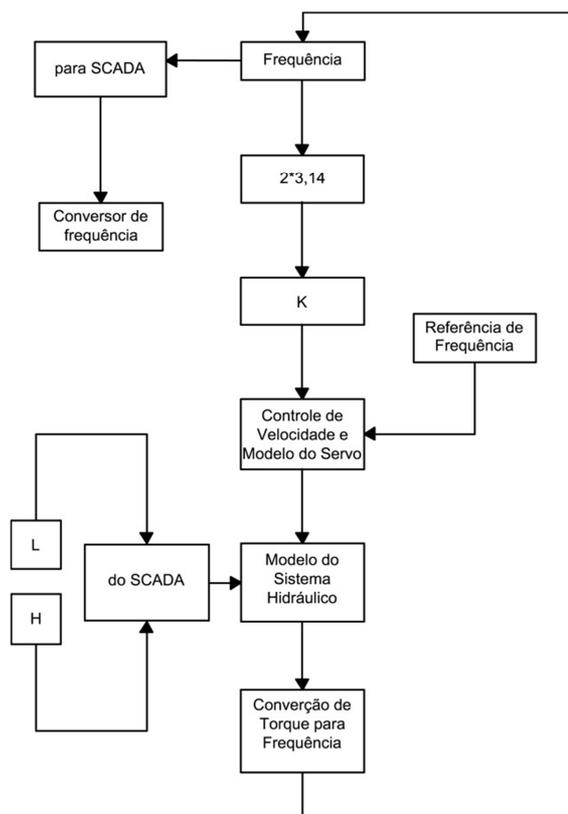


Figura 2. Diagrama de Blocos da Simulação.

A simulação recebe um valor de frequência, converte em velocidade angular e transforma para valores em pu. Este valor é comparado com o de referência pelo sistema de controle de velocidade e então é gerado um sinal de controle que é inserido no modelo hidráulico do sistema. A saída do modelo hidráulico é um torque mecânico gerado pela turbina que é convertido em uma frequência de rotação baseado na dinâmica do torque elétrico do gerador, essa frequência é a realimentação do sistema.

Com o uso de um sistema SCADA é possível modificar alguns parâmetros da planta, como a altura da coluna de água até o defletor ou o comprimento do conduto forçado, com isso é possível analisar diversas respostas do sistema em muitas condições. A conexão entre o sistema SCADA e o Matlab é feita por um servidor OPC, que é um protocolo de comunicação amplamente aplicado a IHM's e PLC's além de outros dispositivos industriais. A principal vantagem de um servidor OPC é que torna mais simples a interconexão de programas que não tenham compatibilidade

entre si, porém esses programas devem ser compatíveis com o servidor OPC.

A grande vantagem em adicionar um SCADA a todo o processo de simulação/emulação, é que assim possuímos uma interface de mais fácil acesso ao usuário bem como é possível fazer a coleta de dados e seu armazenamento para que no futuro seja possível utiliza-los na determinação de melhorias para os sistemas de controle.

A simulação possibilita também que mesmo sem a turbina real, seja possível simular e desenvolver sistemas de processamento da energia elétrica, reduzindo consideravelmente os custos para desenvolvimento de novas topologias.

A transferência dos dados da simulação para o sistema de emulação é feito por uma rede Modbus sem fio, desta forma é possível enviar para um conversor de frequência, que simula o defletor da turbina, a rotação que a turbina real estaria sobre as condições previamente inseridas no sistema de supervisão. Assim obtém-se uma máquina primária emulada que reproduz exatamente as condições da máquina primária real, o que

torna a resposta dos sistemas de geração acoplados a esta máquina muito próximos aos que seriam obtidos em uma hidroelétrica.

Além de o sistema possuir a supervisão da máquina primária ele também faz à aquisição dos dados da energia elétrica que esta sendo gerada, para isto existe a integração do DSP com o sistema de supervisão utilizando também a rede Modbus sem fio. O DSP é o micro controlador responsável pelo processamento elétrico, e, portanto, possui todo o sensoriamento de tensão e corrente. Uma imagem da tela de supervisão pode ser observada na Figura 3.

### Agradecimentos

Agradecemos ao CNPQ pela bolsa que oportunizou o desenvolvimento deste trabalho, também temos que agradecer a UFSM e ao grupo de pesquisas GEPOC pelos laboratórios que garantiram a concretização de uma ideia.

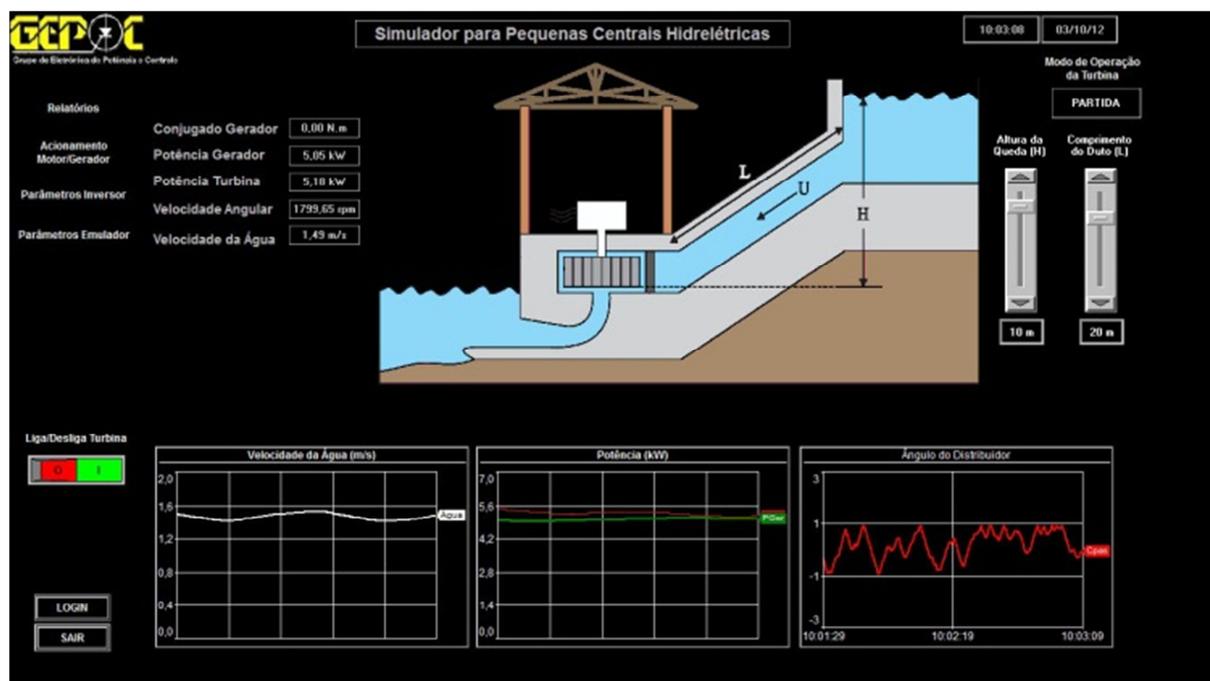


Figura 3. Sistema SCADA para Supervisão de PCH.