

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

JOCELEIDE DALLA COSTA MUMBELLI

**CONTROLE FLEXÍVEL DE GERADORES
DISTRIBUÍDOS DE ENERGIA UTILIZANDO CONCEITOS
DE INDÚSTRIA 4.0**

PROPOSTA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Pato Branco

2017

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na sociedade capitalista, a indústria pode ser considerada o seu núcleo de subsistência e é acompanhada por uma busca constante por novas tecnologias para melhorar a cadeia produtiva. Dentro desse contexto, os fatores “indústria” e “energia” coexistem: a indústria depende da energia, que é extraída da natureza, o que torna esse recurso natural valioso. Quem domina o desenvolvimento e a exploração desse recurso acaba, em geral, liderando o processo de industrialização (SIMABUKULO *et al.*,), de maneira que a otimização das formas de obtenção de energia ocupam um papel histórico no desenvolvimento da sociedade.

A busca por estratégias que garantam a liderança no processo de industrialização tem fomentado, ao longo dos anos, uma vasta gama de pesquisas científicas. Desde meados do século XVIII, essas pesquisas têm gerado rupturas substanciais sobre a cadeia produtiva, tornando-a cada vez mais eficiente e mais competitiva. Cada grande fase do processo de evolução tecnológica é conhecida como *Revolução Industrial*. A *Primeira* foi caracterizada pelas máquinas e locomotivas a vapor; a *Segunda* teve a eletricidade e o motor a explosão como precursores; a *Terceira*, que perdura até os dias de hoje, mostrou ao mundo a força e a eficiência do trabalho robótico, nanotecnológico e informatizado. No entanto, avanços recentes na área de computação, como *nuvem*, *big data*, *IoT*, etc., têm apresentado à indústria a possibilidade do rompimento de um novo paradigma, pautado na produção altamente flexível, sob demanda, em curto espaço de tempo e a custo reduzido. Tal paradigma é conhecido pelo termo *Indústria 4.0* (I4) ou, também, como *Quarta Revolução Industrial* (SALDIVAR *et al.*, 2015).

A I4 ganhou espaço inicialmente na Alemanha (TRADE&INVEST, 2017) e hoje esse conceito está se espalhando por vários países. Inovadora, a I4 busca associar o conceito de sistema embarcado com dispositivos que se comunicam e cooperam via Internet, o que caracteriza os *Sistemas Ciber-Físicos* (SCFs) (SALDIVAR *et al.*, 2015). Nesse modelo, a operacionalização da cadeia produtiva seria dada em módulos descentralizados, diferentemente do conceito que se tem hoje de indústria centralizada. Um de seus principais objetivos é conectar máquinas, sistemas e pessoas ao longo de toda cadeia produtiva, permitindo decisões autônomas, integração de processos produtivos, maior eficiência no uso de recursos e interoperabilidade (CAMEIRA *et al.*,

2015).

Um exemplo de processo que adere naturalmente à ideia de I4 pode ser observado na geração de energia elétrica. Ainda que não se tenha notícias de trabalhos que aplicam explicitamente o conceito de I4 na geração de energia, percebe-se, nos últimos anos, uma tendência para a consolidação da geração distribuída como complementação à produção centralizada. Principalmente devido a impactos ambientais, esse tipo de produção vem deixando de ser um processo centralizado em grandes hidrelétricas, passando a ser complementado de maneira decisiva pela produção em *Pequenas Centrais Hidrelétricas* (PCHs) (DAMASCENO *et al.*, 2014), por painéis com tecnologia *fotovoltaica*, por *geradores eólicos*, etc. Essas características tornam a geração de energia uma área potencial para a aplicação de conceitos de I4.

1.2 PROBLEMÁTICA

Nos últimos anos, a geração distribuída de energia tem complementado significativamente a produção centralizada, evidenciando vantagens como custo, aproveitamento de recursos naturais, etc (KLIEMANN; DELARIVA, 2015). Ainda assim, a forma como essa alternativa de geração é estruturada tende a não explorar a capacidade de produção em sua totalidade. Em PCHs por exemplo, cada dispositivo possui uma visão local das condições de geração, como nível de água, vazão, demanda recebida e atendida, etc. Ter uma visão parcial do processo impede que os geradores se comportem de modo diferente em cada contexto, o que permitiria, por exemplo, que eles cooperassem em prol de um objetivo em comum. É desse contexto que emerge a ideia de aplicar conceitos de I4 na geração distribuída de energia.

Quando a produção é local, a arquitetura para o controle do processo produtivo tende a ser simplificada, já que é encapsulada no mesmo ambiente de produção. Nesse caso, o controlador possui uma visão global do sistema e consegue implementar uma lógica eficiente de coordenação e atuação. Diferentemente, quando a cadeia produtiva envolve elementos descentralizados, a arquitetura de controle tende a ser mais complexa, pois passa a incorporar a necessidade de coordenação de agentes locais por meio de uma estrutura global. Nesse caso, cada módulo local, além da camada interna de controle, incorpora ainda a comunicação com um agente de software que dispõe da visão global do processo. Esse agente abstrai características locais, irrelevantes em nível gerencial, e se integra aos controladores locais, absorvendo as características distribuídas.

Esse trabalho nasce desse contexto e se propõe a operacionalizar a geração distribuída de energia elétrica conforme conceitos de I4.

1.3 OBJETIVOS

A seguir apresentam-se os objetivos gerais e específicos do trabalho.

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver, uma arquitetura descentralizada de controle que reconheça, em tempo real, informações sobre produção, capacidade e demanda de energia elétrica em um determinado domínio físico, balanceando os fatores de produção conforme a disponibilidade de cada PCH ativa e a demanda prevista de energia.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O alcance do objetivo geral envolve as seguintes atividades específicas:

- Construir, usando uma abordagem baseada a eventos, um controlador que coordene as principais sequências operacionais que caracterizam um gerador distribuído (local) de energia.
- Propor uma arquitetura para reportar eventos observáveis em nível local, para uma dimensão que possam ser usados para controle global.
- Desenvolver uma unidade de controle global usando conceitos de I4;
- Implementar um enlace de comunicação entre ao menos duas centrais locais e a unidade de controle global;
- Desenvolver uma interface do controlador com o usuário.

1.4 JUSTIFICATIVA

O Brasil foi forçado a passar por reformas estruturais no setor elétrico devido ao grande crescimento econômico vivido nos últimos anos, essas reformas abriram espaço para inserção de fontes de energias alternativas (SOUSA *et al.*, 2015). Nesse

período de reforma, foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que apresentou ao país a proposta de criação de PCHs, que são usinas com potência relativamente pequena, em torno de 1MW a 30MW (MARCHI *et al.*, 2010). Essa iniciativa visa um processo de produção de energia descentralizado, usando uma abordagem que pode reduzir custos e impactos ambientais, além de aumentar a eficiência na produção.

Apesar dessas fontes alternativas serem promissoras, isoladamente elas não são tão eficientes. No caso das PCHs, não existe troca de informação entre elas durante o processo produtivo, cada uma trabalha individualmente, sem conhecimento da produção das demais, isso impede que haja a cooperação entre elas e consequentemente a eficiência na produção é reduzida. Aplicar a ideia de I4 em PCHs abriria espaço para comunicação em tempo real, permitindo um melhor aproveitamento da capacidade de produção individual, divisão da demanda entre as PCHs ativas, redução de custos e ainda a possibilidade de aumento da produção.

2 METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS

Para desenvolvimento da lógica de controle será utilizada a ferramenta de modelagem Supremica (AKESSON *et al.*, 2017), que também suportará as operações de síntese do controlador. Já no desenvolvimento do protótipo para representação do sistema implementado estima-se que serão utilizados os seguintes materiais:

- Microcontroladores para aquisição e processamento de sinais e do controle;
- Oscilador para geração dos sinais a serem aplicados nas entradas dos microcontroladores;
- Cabos para a comunicação entre os microcontroladores;

Por se tratar de uma estimativa, pode-se identificar no decorrer desse trabalho a adição, troca ou não uso de alguns desses materiais. Trata-se de uma listagem provisória que será atualizada constantemente durante o andamento do trabalho.

2.2 MÉTODO

Nas etapas de modelagem, síntese e implementação dos controladores, o método de desenvolvimento será pautado em conceitos da Teoria de Controle Supervisório de Sistemas a Eventos Discretos (RAMADGE; WONHAM, 1987), estendida com conceitos provenientes das arquiteturas de software baseadas em serviços.

Já na etapa de implementação do protótipo, será necessário realizar a aquisição e processamento dos sinais vindos do osciloscópio, que simularão dados reais de PCHs. Essa etapa de controle local será feita por um microcontrolador, que terá função de coletar, processar e repassar esses dados para um segundo controle com uma visão mais abrangente do sistema. Essa segunda unidade de controle, também será desenvolvida fazendo uso de um microcontrolador, ela terá função de centralizar dados de múltiplos controles locais e repassar esses dados para uma aplicação web. A comunicação entre a central local e a global será cabeada.

[illegible]

REFERÊNCIAS

- AKESSON, K; FABIAN, M; FLORDAL, H; MALIK, R; VAHIDI, A; SKOLDSTAM, M; CENGIC, G. **Supremica**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://www.supremica.org/>>.
- CAMEIRA, RENATO FLÓRIDO; BERNARDI, JULIA SCARLETT BURG; SANTOS, LUIZ FELIPE ALMEIDA DOS. Indústria 4.0 e manutenção preditiva. 2015.
- DAMASCENO, Isabelle Aparecida *et al.* Pequenas centrais hidrelétricas (pchs): conceitos, normas e a pch malagone. Universidade Federal de Uberlândia, 2014.
- KLIEMANN, Bruna Caroline Kotz; DELARIVA, Rosilene Luciana. Pequenas centrais hidrelétricas: cenários e perspectivas no estado do paraná. 2015.
- MARCHI, Gabriel Nunes *et al.* **Análise das PCH's antes e após a criação da Aneel**. Tese (Doutorado) — UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2010.
- RAMADGE, Peter J; WONHAM, W Murray. Supervisory control of a class of discrete event processes. **SIAM journal on control and optimization**, SIAM, v. 25, n. 1, p. 206–230, 1987.
- SALDIVAR, Alfredo Alan Flores; LI, Yun; CHEN, Wei-neng; ZHAN, Zhi-hui; ZHANG, Jun; CHEN, Leo Yi. Industry 4.0 with cyber-physical integration: A design and manufacture perspective. In: IEEE. **Automation and computing (icac), 2015 21st international conference on**. [S.l.], 2015. p. 1–6.
- SIMABUKULO, Lucas Antonio Nizuma; CORREA, Luiz Filipe da Silva; SANTOS, Manoel Messias Oliveira dos; MARTINS, Mariana. Energia, industrialização e modernidade–história social.
- SOUSA, Rodrik José Schau Menezes Araújo *et al.* Os desafios do mercado de pequenas centrais hidrelétricas no brasil. 2015.
- TRADE&INVEST, Germany. **Industrie 4.0-Smart Manufacturing for the Future**. 2017. Disponível em: <<https://industrie4.0.gtai.de.>>.