

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS MULTI-AGENTES PARA O GERENCIAMENTO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA EM MICROGRIDS

Ruy de Oliveira¹ - Campus Cuiabá

Valtemir Emerencio do Nascimento ² - Campus Cuiabá

Projeto Submetido ao Edital: 046/2015

RESUMO

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou em 2012 a regulamentação que permite aos consumidores de energia elétrica também gerarem e inserirem a energia excedente na rede elétrica. Com isso, fontes de energia alternativa, tais como solar, eólica e de biomassa, geradas pelo consumidor, podem ser integradas ao sistema elétrico das concessionárias. Num sistema pleno, é possível inclusive que os consumidores de uma localidade se autosustentem quando a energia oriunda da rede elétrica for interrompida. A essa pequena rede de energia, que pode eventualmente se autosustentar, dá-se o nome de Microgrid. Os chamados Sistemas Multi-Agentes (SMA) se destacam como uma abordagem inteligente para a operação de Multigrids. Há várias plataformas baseadas no paradigma SMA, e duas se destacam: Jade e Zeus. Este projeto objetiva avaliar essas duas plataformas, com o estabelecimento de métricas adequadas, a fim de determinar as vantagens e desvantagens de cada uma em cenários Microgrids.

Palavras-chave: energia renovável, smart grids, microgrid, multi-agent

1. INTRODUÇÃO

As fontes de energia renováveis estão se tornando cada vez mais importantes como uma alternativa às fontes não renováveis que impactam o meio ambiente. Nesse sentido, as energias solar, eólica e de biomassa se destacam como fontes limpas de energia renovável. Para que essas fontes sejam utilizadas de forma adequada, há a necessidade de adequação do sistema de energia elétrica vigente, de modo que tais fontes renováveis possam ser integradas harmonicamente com o sistema de energia elétrica de um país.

¹ Pesquisador/Coordenador do Projeto.

² Pesquisador/Membros da Equipe do Projeto.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

Esse modelo, em que várias fontes de energia podem ser conectadas ao sistema principal de energia da concessionária, é denominado sistema de geração distribuída, e já é uma realidade em vários países (EKLAS HOSSAIN, 2014).

Com o objetivo de acompanhar essa tendência global, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou em 2012 a Resolução Normativa 482/12 que versa sobre a geração distribuída no Brasil (ANEEL, 2012). A partir dessa regulamentação os tradicionais consumidores de energia elétrica obtiveram o direito também de gerar energia e enviá-la à rede da concessionária de energia elétrica. Essa regulamentação representa uma primeira iniciativa no sentido de se implementar as redes inteligentes de energia elétrica no Brasil. Essas redes são chamadas de Smart Grids (SG) e demandam sistemas de controle e monitoramento apurados (BANDEIRA, 2012). Um conceito importante dentro das SG refere-se às Microgrids.

As Microgrids constituem-se de pequenas redes elétricas em que os usuários, utilizando a rede da concessionária podem trocar energia entre si. Dessa forma, em situações desfavoráveis em que a rede da concessionária falhar, a Microgrid pode se autosustentar de forma isolada das outras localidades conectadas à rede elétrica principal. Exemplos de microgrids podem ser: um bairro, um campus universitário, um condomínio residencial etc. Como as fontes de energia renováveis são variáveis, dependem por exemplo da intensidade solar ou da velocidade do vento, há a necessidade também de dispositivos de armazenamento de energia ou de geradores a combustão, por exemplo, para que a Microgrid sempre funcione ininterrupta e satisfatoriamente.

Além da infraestrutura adequada, outro fator primordial para o funcionamento adequado de uma Microgrid é o sistema de controle e gerenciamento que deve compor o sistema. Cabe ressaltar que tal sistema tem de funcionar de forma distribuída, considerando as peculiaridades de cada elemento que compõem a rede elétrica, e tomar as decisões mais acertadas e no menor espaço de tempo possível. Uma abordagem inteligente, que vem se fortalecendo como uma solução viável para o controle e gerenciamento das Microgrids, é provida pelos Sistemas Multi-Agentes – SMA (M. PIPATTANASOMPORN, 2009), (D. CAMACHO, 2002). Esses sistemas representam uma sub-área de Inteligência Artificial Distribuída e funcionam de forma distribuída e autônoma, exatamente como necessário a uma Microgrid.

Os SMA já são utilizados em muitas aplicações que requerem controle inteligente distribuído, tais como em teoria de jogos, robótica, controle de tráfego etc (L. PANAIT, 2005), e mais recentemente começaram a ser testados em ambientes próprios de redes de energia elétrica. No entanto, a vasta maioria dos pesquisadores tem utilizado apenas a plataforma Jade (JADE) em seus trabalhos. Dessa forma, este projeto pretende inicialmente utilizar a plataforma Jade em um cenário de Microgrid representativo e posteriormente empregar também a plataforma Zeus (ZEUS). Assim, espera-se ao final do projeto, obter não apenas mais conhecimento sobre o uso dos SMA em redes Microgrids, mas também melhor entendimento sobre as diferentes abordagens utilizadas por essas duas plataformas de SMA.

2. OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Avaliar as plataformas de Sistemas Multi-Agentes Jade e Zeus.

Objetivo específico:

- Conhecer os detalhes de funcionamento dessas plataformas;
- Determinar os pontos fortes e fracos de cada uma dessas plataformas SMA;
- Sistematizar os procedimentos a serem seguidos em avaliações de SMA aplicados a Microgrids;
- Disponibilizar documentação detalhada acerca do assunto.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O uso de dispositivos inteligentes para gerenciar as redes elétricas inteligentes emergentes, denominadas Smart Grids (SG), vem ganhando destaque nos últimos anos (J. GOMEZ-SANZ, 2014). Conforme mencionado acima, as Microgrids são parte integrante das Smart Grids e, por isso, muitas pesquisas também têm focado seus esforços na correta operação dos SMA em Microgrids (M. PIPATTANASOMPORN, 2009), (J. GOMEZ-SANZ, 2014), (M. AGRAWAL, 2014).

Conforme apresentado em (J. GOMEZ-SANZ, 2014), grande parte das propostas de uso de SMA em Microgrid utiliza simplesmente a plataforma Jade em seus experimentos, sem uma explicação que justifique adequadamente a escolha.

O Trabalho em (A.R. SILVA, 2001) avaliou três plataformas SMA: Jade, Zeus e Skeleton. Como resultado de sua avaliação, os autores concluíram que a plataforma Zeus provê melhor desempenho em sistemas menos complexos. Já o trabalho desenvolvido em (D. CAMACHO, 2002) concluiu que as plataformas Jade e Zeus apresentam desempenho similar em termos de características de software, mas a plataforma Jade supera a Zeus nos quesitos tempo de resposta e número de mensagens trocadas entre agentes. Da mesma forma, a pesquisa realizada em (M. AGRAWAL, 2015) avaliou a plataforma Jade e conclui que a principal motivação para o uso dessa plataforma é a facilidade de uso

pela sua interface gráfica amigável que facilita o desenvolvimento e a depuração dos trabalhos. Tais características possibilitam redução de tempo e de custo no desenvolvimento do trabalho. Observa-se, contudo, que os cenários em que essas plataformas foram avaliadas não eram de Microgrids.

Por outro lado, várias pesquisas recentes ressaltam a importância de se avaliar os SMA em cenários de Microgrids (F. A. MARÇAL, 2013) (M. AGRAWAL, 2014). O trabalho em (M. AGRAWAL, 2014) apresenta várias características comuns às Microgrids e aos Sistemas Multi-Agentes, e enfatiza que tais similaridades justificam a operação conjunta desses dois sistemas. Os principais aspectos apontados foram: Os SMA são flexíveis, plug & play e tolerantes a falhas, exatamente como as Microgrids são; os SMA funcionam de forma descentralizada, tal como ocorre com as Microgrids, e estas foram concebidas para funcionar com um sistema de tomada de decisões inteligente, tal como o provido pelos SMA. Portanto, pelas avaliações desses trabalhos, pode-se dizer que há uma sinergia apropriada entre Microgrids e SMA.

O trabalho em (F. A. MARÇAL, 2013) apresenta uma proposta de modelagem de um SMA para recomposição automática de uma rede de energia elétrica. Nota-se que esses dois trabalhos apresentados, com SMA em Microgrid, utilizam a plataforma Jade. Eles não realizam, contudo, uma avaliação pormenorizada sobre as reais vantagens da plataforma Jade sobre outras similares, como a Zeus a ser avaliada neste projeto.

3 METODOLOGIA

Inicialmente será feita uma atualização dos trabalhos relacionados, de modo que os estudantes envolvidos no projeto possam se familiarizar com o tema. Depois dessa fase, os estudantes envolvidos farão uma apresentação oral com vistas a divulgar o trabalho realizado e também obter comentários e ou sugestões para delinear exatamente o que e como será desenvolvida a etapa seguinte. Na próxima etapa será criado um cenário Microgrid com fontes de energia renováveis e unidades consumidoras de energia elétrica, sobre a qual o Sistema Multi-Agente atuará. O cenário será criado utilizando-se o software Matlab (D. HALSENMAN, 1999), ou equivalente. Será testado também um

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

circuito com processador Raspberry Pi (RASPBERRY) para fins de comparação com o cenário a ser simulado da Microgrid.

Tendo-se o cenário da Microgrid, a plataforma Jade será configurada para atuar no cenário criado e, então as simulações com o Jade serão iniciadas. Em princípio, as métricas *tempo de resposta* e *número de mensagens* trocadas pelos agentes serão prioritariamente avaliadas porque, como indicado em (KULASEKERA, 2012), valores altos para essas métricas podem comprometer o desempenho de uma rede elétrica como a Microgrid. O mesmo procedimento será empregado com a plataforma Zeus, de modo que as duas abordagens possam ser comparadas adequadamente para o cenário escolhido.

A etapa seguinte será dedicada a escrita do artigo científico com os resultados do projeto e oferta de um minicurso sobre o assunto Sistemas Multi-Agentes aplicados a sistemas de energia elétrica. Por fim, será elaborado o relatório final dos trabalhos desenvolvidos no projeto.

4 RESULTADOS ESPERADOS

Depois de avaliadas as duas plataformas SMA, espera-se obter subsídios suficientes para definir a adequação de uso dessas plataformas para diferentes cenários. Posteriormente, esses resultados poderão ser utilizados em simulações de sistemas Microgrids com predominância de fontes de energia renováveis, sobretudo a energia solar que é abundante em Mato Grosso. Certamente, os resultados deste projeto ajudarão a alavancar o desenvolvimento de sistemas de energia que incluam cada vez mais fontes de energia renováveis, o que é bom tanto economicamente como ambientalmente para o estado de Mato Grosso.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

5 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO/PLANO DE TRABALHO

Atividades / Plano de Trabalho	Anos / meses de Desenvolvimento do Projeto												Executores das Atividades
	MÊS												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Atualização do estado da arte	x	x	x										Bolsista
Apresentação oral do levantamento bibliográfico			x										Bolsista
Montagem do cenário Microgrid				X	X								Bolsista
Configuração e operação da plataforma Jade					x	x							Bolsista
Configuração e operação da plataforma Zeus							x						Bolsista
Comparação dos resultados das duas plataformas								x					Bolsista
Elaboração de artigo científico com os resultados obtidos						X	X	X	X	x			Bolsista e Orientador
Minicurso sobre Sistemas Multi-Agentes em redes de energia Elétrica											x	x	Bolsista e Orientador
Relatório final											x	x	Bolsista e Orientador

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referências

- A. SOBE, W. E. **Smart Microgrids: Overview and Outlook**. Smart Grid” Workshop of the ITG INFORMATIK. Braunschweig - Germany: [s.n.]. 2012. p. 16-21.
- A.R. SILVA, A. R. D. D. A. M. S. Towards a Reference Model for Surveying Mobile Agent Systems. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, v. 4, n. 3, p. 187-231, 2001. ISSN 10.1023/A:1011443827037.
- ANEEL. **Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. 2012.
- BANDEIRA, F. B. M. **Redes de Energia Elétrica Inteligentes**. Nota Técnica. Consultoria Legislativa. Câmara dos Deputados. 2012.
- D. CAMACHO, R. A. C. C. J. M. Performance evaluation of Zeus, JADE and SkeletonAgent Framework”. **IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics**, 2002.
- D. HALSENMAN, B. L. **MATLAB 5 – Versão do estudante – Guia do usuário**. 1999.
- EKLAS HOSSAIN, E. K. R. B. R. P. Microgrid testbeds around the world: State of art. **Energy Conversion and Management**, 2014. 132-153.
- F. A. MARÇAL, L. S. M. R. F. S. R. S. L. E. G. C. B. **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MULTIAGENTE PARA RECOMPOSIÇÃO AUTOMÁTICA DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE DISTRIBUIÇÃO**. O Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI). Ceará: [s.n.]. 2013.
- IEEE FIPA. **Foundation for Intelligent Physical Agents**. <http://www.fipa.org>. acesso: Maio 2015.
- J. GOMEZ-SANZ, S. G.-R. N. C.-S. L. H.-C. Reviewing Microgrids from a Multi-Agent Systems Perspective. **Energies**, 2014. 3355-3382.
- JADE. **Jade - Java Agent Development Framework**. <http://jade.cselt.it/>. Acesso: maio 2015.
- KULASEKERA, A. L. **MULTI AGENT BASED CONTROL AND PROTECTION FOR AN INVERTER BASED MICROGRID**. PhD Thesis. 2012.
- L. PANAIT, S. L. Cooperative Multi-Agent Learning- The State of the Art. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, 2005. 387-434.
- M. AGRAWAL, A. M. Overview of Multi-Agent Approach for Micro-Grid Energy Management. **OSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)**, 2014. 1-7.
- M. AGRAWAL, A. M. Multi-Agents Implementation Frameworks - An Overview. **International journal n Recent and Innovation Trends in Computing and Communication**, 2015. 895-898.
- M. PIPATTANASOMPORN, H. F. S. R. **Multi-Agent Systems in a Distributed Smart Grid: Design and Implementation**. IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition. Seattle - USA. 2009. p. 1-8.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

RASPBERRY. **Processador Raspberry**. <https://www.raspberrypi.org>. Acesso: maio 2015.

ZEUS. **Zeus agent development toolkit**. <http://labs.bt.com/projects/agents/zeus>. Acesso: maio 2015.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

7 PLANILHA DE CUSTOS

7.1 Itens Financiáveis pela PROPES

7.1.1 Itens de Custeio

ITENS DE CUSTEIO - FINANCIÁVEIS PELA PROPES					
Nº.	Descrição do Item	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
01	Processador Raspbery Pi completos	Pc	02	600,00	1200,00
02	Interface GPIO para o Microcontrolador	Pc	04	150,00	600,00
03	Kit de componentes para montagem de experimentos com o processador Raspbery Pi	Pc	02	250,00	500,00

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

7.1.2 Itens de Capital

ITENS DE CAPITAL - FINANCIÁVEIS PELA PROPS					
Nº.	Descrição do Item	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
01	Monitor de tamanho grande	pc	1	1200,000	1200,00

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

7.2 Contrapartida financeira e não financeira de outras fontes (campus, pesquisador, parceiros, etc)

CONTRAPARTIDA FINANCEIRA E NÃO FINANCEIRA DE OUTRAS FONTES					
Nº.	Descrição do Item	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)