

UMA REVISÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE MICRORREDES EM ALGUMAS UNIVERSIDADES AO REDOR DO MUNDO

Alexa B. Bonatto, Antônio Carlos Zambroni

¹Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Educação. Energias Renováveis. Campus. Educação.

Introdução

Devido ao aumento da demanda de eletricidade, a integração de fontes de energia renováveis nos sistemas de energia tornou-se cada vez mais comum e frequente [1]. Esta solução energética econômica, combinada com os seus benefícios ambientais, pode ser vista em muitas microrredes instaladas em campi universitários.

Essas microrredes representam o grande sistema elétrico centralizado em menor grau e podem ser vistas como o alicerce da rede inteligente [2]. Eles podem gerar, distribuir e regular o fluxo de eletricidade e podem ser conectados para aumentar a confiabilidade. Além disso, outra propriedade das microrredes é a capacidade de serem construídas e operadas por comunidades (que possuem infraestrutura elétrica), como bairros, empresas e universidades. Este último é o foco desta pesquisa, onde analisa-se a implementação de microrredes em campi universitários em todo o mundo.

Vários aspectos devem ser considerados para a implementação de microrredes em um *campus* universitário, como confiabilidade, viabilidade e disponibilidade de energia elétrica, além de contextos sociais, culturais e até políticos [3]. Portanto, deve haver uma metodologia para orientar a implementação. Geralmente são processos que envolvem coleta de dados, análise das condições climáticas, e representação do consumo de energia pelas cargas elétricas do sistema (com ênfase nas cargas críticas), mas principalmente atendimento às necessidades da comunidade.

Segundo [4], normalmente os Recursos Energéticos Distribuídos (RED) estão localizados próximos e conectados à mesma rede, os campi são conectados à rede elétrica principal através de uma única subestação e a mesma autoridade comanda todos os REDs e cargas. Dessa forma, muitos projetos de microrredes começam nas universidades para melhorar o desempenho, a confiabilidade e a eficiência da rede [5]. Além disso, este trabalho também pode unir professores, alunos e funcionários para melhorar a eficiência energética no *campus* [6].

Metodologia

A pesquisa busca descrever a implementação de microrredes nos campi universitários. A descrição está organizada por continentes, ajudando na compreensão do desenvolvimento do projeto de acordo com as condições políticas e geográficas. Para este estudo foram utilizados uma coletânea de artigos que projetam a aplicação de microrredes em diferentes continentes, dentre eles América do Sul, América do Norte, Europa, Ásia, África e Oceania.

Resultados e discussão

Os campi universitários são locais interessantes para desenvolver e abordar iniciativas inteligentes e sustentáveis, como as microrredes, uma vez que são um ambiente construído para treinar e educar novos líderes para promover um futuro sustentável. Entre as publicações encontradas relacionadas ao tema microrredes em universidades da América do Sul, foram analisadas as microrredes em universidades da Colômbia e do Brasil.

Na Colômbia, a UDENAR (Universidade de Nariño-Pasto) a microrrede integra três sistemas fotovoltaicos, cada um de 12,5 kW, dos quais dois são sistemas de injeção na rede e o terceiro é um sistema híbrido com armazenamento. Além disso, possui um aerogerador ENAIR 70,5 kW, que está integrado à microrrede com sistema fotovoltaico de *backup*. Ademais, um gerador diesel de 500 kVA será integrado para suprir a demanda energética do *campus* na ausência de energia do Sistema Interligado Nacional (SIN) e será a referência para a injeção de energia na operação em modo ilha [7].

No Brasil, o estudo de caso foi desenvolvido na Universidade de Brasília (UnB) e na construção do novo *campus* do Gama. Este projeto visa aumentar a capacidade do *campus*, que comporta mais de 1.200 alunos e passará para mais de 2.800. Com isso, a demanda da universidade, que gira em torno de 207,33 kW médios, e o consumo mensal de 40.000 kWh também aumentarão. Diante desse cenário, o conceito de microrrede é empregado para preservar uma área verde, integrar a geração de energia e possuir um sistema de suporte

energético.

Para o desenvolvimento deste projeto foi utilizado o método de projeto modular. Segundo [8], alguns objetivos são delineados, tais como: Permitir atividade simultânea, controlar a complexidade e adaptar-se a preocupações futuras. Além disso, é um processo que visa transformar um sistema complexo em blocos, simplificando o processo de tomada de decisão e funcionando de forma gradual.

Várias etapas foram tomadas para definir o design informativo do sistema modular, tais como: esclarecer o problema, identificar (e priorizar) as necessidades do cliente e da comunidade e estabelecer as especificações da microrrede do sistema modular. Quanto ao ciclo de vida do sistema, pode-se citar o planejamento, projeto, testes, operação, manutenção e monitoramento do sistema. Estas etapas descritas do projeto modular têm o segundo objetivo de [9] transformar as necessidades das comunidades em partes integrantes do projeto da microrrede.

Outro *campus* no Brasil que possui microrrede é a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). A rede é composta por 264 painéis fotovoltaicos distribuídos em 11 arranjos independentes, cada um com capacidade de 404V/7,12A, um gerador eólico com potência operacional de relação máxima de 2 kW [10]. Uma característica das fontes eólica e fotovoltaica é a intermitência, relacionada à disponibilidade de radiação eólica e solar em cada instante. Quando não estão disponíveis para atender a demanda, são utilizadas células de combustível como fonte despachável de reserva. A microrrede está capacitada para avaliar diferentes estratégias de controle, bem como para analisar o impacto da integração de diversas fontes de energia renováveis e não renováveis [11].

A Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) instalou recentemente nas coberturas de alguns prédios um conjunto de placas fotovoltaicas com previsão de geração de 1 MWp. Essa geração terá impacto econômico na UNIFEI, trazendo alívio nos gastos com energia elétrica (atualmente estimados em R\$ 2 milhões anuais), em busca de um conjunto de ações integradas que visem a sua sustentabilidade energética. Os benefícios, como a redução do consumo, e a possibilidade de criar um “laboratório vivo” para seus alunos de graduação e pós-graduação são bastante atrativos para fomentar pesquisas e inovações disruptivas no futuro mercado elétrico inteligente.

Na América do Norte tem-se a Universidade de Porto Rico (UPR). É uma universidade na cidade de Mayaguez, em Porto Rico, que pode acomodar 12.000 alunos. Esta região tende a sofrer com fenômenos climáticos, no caso específico desta universidade, furacões. Por exemplo, a

comunidade universitária foi afetada quando ocorreu o furacão Maria devido à falta de energia [12].

Este tipo de desastre pode causar muita destruição à rede elétrica, interrompendo os serviços por várias horas ou até dias. Devido a este fato, iniciou-se o projeto de implantação das microrredes, pensando em um sistema que possa cuidar das cargas críticas após um desastre natural. Assim, foram considerados três modelos diferentes para esta microrrede.

A energia fotovoltaica, considerando a radiação solar da região, e uma combinação de calor e eficiência são consideradas pela sua simples implementação e experiências em outros locais. Por fim, o armazenamento em baterias permite a operação em modo ilha. Assim, foi selecionada um sistema combinado de geração de calor e energia (CHP) de 420 kW para produzir metade da procura. O sistema fotovoltaico produz a outra metade, que tem capacidade de 1,4 MW. Baterias também estão disponíveis para fornecer energia quando necessário para atender à demanda [13].

A Europa acolhe muitas universidades e uma diversidade de climas e culturas. Além disso, com a recente modernização da matriz energética, também foram identificadas algumas instabilidades no sistema, por isso é importante estudar como as universidades europeias trabalham com microrredes. A Universidade de Gênova, localizada na Itália, possui uma Microrrede Inteligente de Poligeração (SPM – *Smart Polygeneration Microgrid*) nas instalações de ensino e pesquisa do *Campus Svona*, com foco nos desafios futuros de pesquisa. O SPM inclui diversas fontes de energia distribuídas heterogêneas, como microturbinas a gás, turbinas eólicas (eixo horizontal e vertical), energia fotovoltaica e solar de concentração (CSP – *Concentrated Solar Power*), integradas com dispositivos de armazenamento (como baterias de sódio-níquel e capacitores de potência) de baixa potência. sistema de distribuição de tensão [14]. O SPM tem aplicações muito interessantes e valiosas. Além de produzir energia limpa para as cargas da universidade, também funciona como banco de testes para pesquisas, como implementação e validação de métodos e algoritmos e desenvolvimento de estratégias de gestão.

A Ásia é o maior continente em área territorial do mundo e também o mais populoso. Além disso, é um continente que é berço das civilizações mais antigas que datam de cerca de 4000 anos, abrigando diferentes povos e etnias. Ademais, o continente asiático é muito diversificado geograficamente, possuindo diferentes climas, condições meteorológicas e uma considerável variedade hidrográfica. Portanto, é fundamental analisar como ocorreram os avanços tecnológicos neste continente a partir da implementação e desenho de microrredes em campi universitários.

A Universidade Hangzhou Dianzi, localizada na cidade de Hangzhou, na China, incorporou um sistema alimentado principalmente por energia fotovoltaica (120 kW) e complementado com um pequeno gerador a diesel (120 kW), células de combustível, e acoplado a um capacitor de 100 kW e bateria de armazenamento de 50 kW [15]. O sistema fotovoltaico é composto por 728 painéis solares, totalizando uma área de 946 metros quadrados. Assim, a microrrede visa manter um fluxo constante de eletricidade, comprovando o conceito de um sistema estável com alta penetração de energia intermitente. Os telhados dos edifícios são bons locais para acolher esta geração sem sacrificar os recursos da terra [16]. Isto, e a elevada penetração das energias renováveis (50%), constituem um estudo de caso interessante. A microrrede também é monitorada por um sistema de controle de potência, com controle ativo de qualidade de energia e compensação de tensão. Portanto, a tensão e a frequência da carga permanecem constantes quando o sistema está isolado da rede.

A África é um continente tropical com alto grau de insolação e altas temperaturas, tornando-se um interessante tema de estudo na implementação de microrredes. Além disso, é um dos continentes com maior biodiversidade do mundo e berço de inúmeras culturas. Uma plataforma de teste de microrredes (MGTB – Microgrid Testbed) foi desenvolvida na Universidade Al Akhawayn (AUI), localizada em Ifrane, Marrocos. A universidade é alimentada por linhas de média tensão do fornecedor nacional ONEE (Office National d'Eau et d'Electricité). Além disso, a universidade possui uma rede privada que consiste numa infraestrutura de baixa tensão com transformadores bash bars, um sistema de gestão de energia, 46 kW de energias renováveis (PVs, eólica, armazenamento de hidrogénio, bombas de calor, caldeira de biomassa, gasolina e geradores a gasolina) [17].

Com tecnologia de *software* avançada, laboratórios virtuais e remotos foram desenvolvidos para aprimorar e ampliar a educação [18]. O *software* escolhido por cada universidade depende de suas necessidades específicas e área de pesquisa. No entanto, existem principalmente três *layouts* para desenvolver um ambiente de teste, baseado em simulação, baseado em hardware-in-the-loop (HIL) e bancos de teste físicos [19].

Um ambiente de testes simulado geralmente é adotado para entender os resultados ideais dos testes e projetar o processo de microrredes físicas. Uma das plataformas de simulação mais utilizadas é o MATLAB/Simulink, que permite diversos testes para fins de pesquisa ou educacionais. O HOMER PRO também é usado para projetar modelos MGTB para otimizar a eficiência e reduzir custos para obter o melhor desempenho. Por

exemplo, a Universidade de Campinas (UNICAMP) [20] utiliza o HOMER PRO para simular uma microrrede. Esta universidade cria um MGTB simulado que contém dados reais coletados de cargas em seu campus para examinar o desempenho e determinar o tamanho dos recursos de energia renovável e o impacto nos custos da operação eficiente da microrrede.

O ambiente de teste baseado em HIL combina simulação e componentes físicos, adotando o simulador em tempo real (RTS) ou o simulador digital em tempo real (RTDS), que pode fornecer uma simulação mais realista dos atrasos de comunicação ou outros problemas encontrados em uma microrrede física.

Conclusões

Esta pesquisa buscou observar, analisar e destacar os principais pontos sobre a implementação de microrredes em campi universitários em todo o mundo. Primeiramente foram apresentados alguns conceitos, como a definição de microrredes, suas principais vantagens e aplicações em campi universitários.

Em seguida, seguindo a linha de pensamento apresentada, destaca-se a evolução do aprendizado e da pesquisa dentro das universidades com a implantação de microrredes. É importante reforçar que uma das principais funções da universidade é a formação de indivíduos éticos e responsáveis, que possam contribuir com conhecimento e inovação para a sociedade. Projetar e implementar microrredes nos campi aprimorando o curso de engenharia, possibilitando a discussão do impacto da engenharia nas questões sociais, como a acessibilidade à energia elétrica e o desenvolvimento sustentável.

Agradecimentos

Agradeço a Universidade Federal de Itajubá e a Fapemig por possibilitar o desenvolvimento deste estudo, contribuindo com minha formação acadêmica.

Referências

- [1] Environment America Editor SUNY New Paltz Combines Clean Energy and Energy Storage to Avoid Blackouts. American Website. 2020. Available online: <https://environmentamerica.org/energy-101/microgrids-nergy-storage> (accessed on 26 October 2022).
- [2] ALI, Hossam et al. "A new frequency control strategy in an islanded microgrid using virtual inertia control-based coefficient diagram method". IEEE Access, v. 7, p. 16979-16990, 2019.

- [3] O'Neill, E.; McCalley, J.; Kimber, A.; Haug, R. Stakeholder perspectives on increasing electric power infrastructure integrity. In Proceedings of the ASEE Annual Conference & Exposition, Tampa, FL, USA, 16–19 June 2019.
- [4] HADJIDEMETRIOU, L. et al. "Design factors for developing a university campus microgrid". In: 2018 IEEE International Energy Conference (ENERGYCON). IEEE, 2018. p. 1-6.
- [5] A. J. Flueck and C. P. Nguyen, "Integrating Renewable and Distributed resources - IIT Perfect Power Smart Grid Prototype", in Proc. IEEE PES General Meeting, 2010, pp. 1–4.
- [6] R. Tatro, S. Vadhva, P. Kaur, N. Shahpatel, J. Dixon, and K. Alzanon, "Building to Grid (B2G) at the California Smart Grid Center," in Proc. IEEE International Conference on Information Reuse Integration, 2010, pp. 382–387.
- [7] Andrés F. Arciniegas M.1, David E. Imbajoa R.2, Javier Revelo F.3,"Diseño e implementación de un Sistema de Medición Inteligente para AMI de la microrred de la Universidad de Nariño",Enfoque UTE, V.7-Sup.1, pp.300 - 314, Feb.2017
- [8] VAN ELS, Rudi Henri. Design of a Smart Microgrid Laboratory Platform for University Campus. In: Transdisciplinary Engineering: Crossing Boundaries. IOS Press, 2016. p. 206-215.
- [9] C. Y. Baldwin and K. B. Clark, Modularity in the Design of Complex Engineering Systems, In D.Braha et al. (eds.) Complex Engineered Systems, Springer, Berlin Heidelberg, 2006.
- [10] Rodrigues, M., Moura, A. N. D. R. É., Borges, L. E. A. N. D. R. O., Almeida, P. M., Almeida, P. S., Valle, R. L., ... & Braga, H. E. N. R. I. Q. U. E. (2012). "Microrrede híbrida cc/ca baseada em fontes de energia renovável aplicada a um edifício sustentável". In XIX Congresso Brasileiro de Automática, CBA.
- [11] Rey, J. M., Vera, G. A., Acevedo-Rueda, P., Solano, J., Mantilla, M. A., Llanos, J., & Sáez, D. (2022). "A Review of Microgrids in Latin America: Laboratories and Test Systems". IEEE Latin America Transactions, 20(6), 1000-1011.
- [12] Kwasinski, A.; Andrade, F.; Castro-Sitiriche, M.J.; O'Neill-Carrillo, E. Hurricane Maria Effects on Puerto Rico Electric Power Infrastructure. IEEE Power Energy Technol. Syst. J. 2019, 6, 85–94.
- [13] GARCIA, Yuly V. et al. "Methodology to Implement a Microgrid in a University Campus". **Applied Sciences**, v. 12, n. 9, p. 4563, 2022.
- [14] Bracco, S., Delfino, F., Pampararo, F., Robba, M., & Rossi, M. (2013). "The University of Genoa smart polygeneration microgrid testbed facility: The overall system, the technologies and the research challenges." Renewable and sustainable energy reviews, 18, 442-459. 2014/09/01/ 2014.
- [15] Zeng, Z., Zhao, R., Yang, H., & Tang, S. (2014). "Policies and demonstrations of micro-grids in China: A review". Renewable and Sustainable Energy Reviews, 29, 701-718.
- [16] Ladner-Garcia, H.; O'Neill-Carrillo, E. Determining realistic photovoltaic generation targets in an isolated power system. In Proceedings of the 2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting, Calgary, AB, Canada, 26–30 July 2009; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2009; pp. 1–5.
- [17] Lghoul, R., Abid, M. R., Khallaayoun, A., Bourhane, S., Zine-Dine, K., Elkamoun, N., ... & Benhaddou, D. (2018, September). "Towards a real-world university campus micro-grid". In 2018 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST) (pp. 1-6). IEEE.
- [18] E. S. Ruiz, "Virtual and remote industrial laboratory: Integration in learning management systems," IEEE Ind. Electron. Mag., vol. 8, no. 4, pp. 45–58, Dec. 2014, doi: 10.1109/MIE.2012.2235530.
- [19] Foster, C. W., Creeden, E. A., Slocum, S. F., & Yang, F. (2022, July). University Microgrid Testbeds: A Literature Survey. In 2022 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET) (pp. 1-6). IEEE.
- [20] P. Moura, A. Correia, J. Delgado, P. Fonseca, and A. de Almeida, "University Campus Microgrid for Supporting Sustainable Energy Systems Operation," 2020 IEEE/IAS 56th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS), Las Vegas, 2020.