

# AUTOMAÇÃO DA RECONFIGURAÇÃO DE UMA MICRORREDE DE ENERGIA ELÉTRICA EM BUSCA DA OPERAÇÃO ÓTIMA

**Eduardo Stüker**

Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Pampa  
eduardostuker@gmail.com

**Luciano L. Pfitscher**

Professor Orientador - Universidade Federal do Pampa  
lucianopfitscher@unipampa.edu.br

**Resumo.** *Este trabalho aborda o impacto da automação em microrredes de energia elétrica com geração distribuída. O desempenho de uma microrrede de testes é avaliado sob os aspectos da sua configuração e do balanceamento de cargas. Como resultado, é demonstrado que a reconfiguração automatizada pode melhorar o desempenho da microrrede ao longo de um dia típico de geração e demanda.*

**Palavras-chave:** *Sistemas de distribuição. Microrrede. Automação.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Sistema Elétrico de Potência (SEP) por muito tempo se baseou em grandes centrais geradoras, de onde a energia elétrica é transportada por longas distâncias até seus consumidores. Porém, questões como a escassez de grandes potenciais energéticos, a baixa eficiência da geração termelétrica e adversidades relacionadas à poluição ambiental incentivam a busca de alternativas para a geração, transmissão e consumo (RESE, 2012).

A geração distribuída (GD), em conjunto com as microrredes inteligentes de distribuição, tem sido uma tendência para buscar solucionar os problemas impostos pelo SEP. Ipakchi et al. (2009) afirmam que para alcançar os objetivos (cumprimento da legislação ambiental, conservação de energia, comportar o *plug-in* de veículos

elétricos e aumentar a capacidade de armazenamento e GD de energia) é preciso mudar a infraestrutura das redes de energia elétrica; ou seja, é necessário a inserção da tecnologia da informação e de automação para o desenvolvimento de redes inteligentes.

Moghaddam et al. (2011) destacam a importância da GD na microrrede, explorando ao máximo os recursos naturais disponíveis e buscando o menor custo de operação. Para isso, mostra-se necessário o centro de controle da microrrede que faz o processo de otimização para alcançar um plano robusto e ideal para a operação inteligente da rede.

Alcantara (2011) também destaca a GD, afirmando que pequenos geradores melhoram o custo e eficiência, visto que distribuidoras de energia ou usuários podem instalar módulos de GD de forma rápida. Isso permite às distribuidoras adiarem investimentos em distribuição e transmissão, reduzirem perdas e melhorarem o controle de tensão. Porém, apesar de proporcionar benefícios e oportunidades, a GD nem sempre é fácil de ser integrada à microrrede necessitando de controle e operação minuciosos.

Portanto, é fundamental o desenvolvimento e estudo de microrredes aplicando tecnologia da informação e automatização, visando buscar uma configuração ótima da rede. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo analisar a

influência da automação na reconfiguração de uma microrrede ao longo de um dia típico, demonstrando sua importância para que haja o correto aproveitamento da GD e o melhor desempenho da rede sem comprometer a operação.

## 2. MICRORREDES DE ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com Alcantara (2011), uma microrrede pode ser definida como um sistema integrado que consiste em recursos de energia distribuídos e várias cargas elétricas operando como uma rede única e autônoma, seja em paralelo ou separada da rede convencional de distribuição de eletricidade. Ou seja, é uma rede que contém todos os elementos de uma rede convencional, porém em escala reduzida. A Figura 1 ilustra o conceito de uma microrrede e seus principais elementos: geração, carga, armazenamento, e o sistema de controle, responsável por automatizar as conexões da rede, otimizando o seu funcionamento.

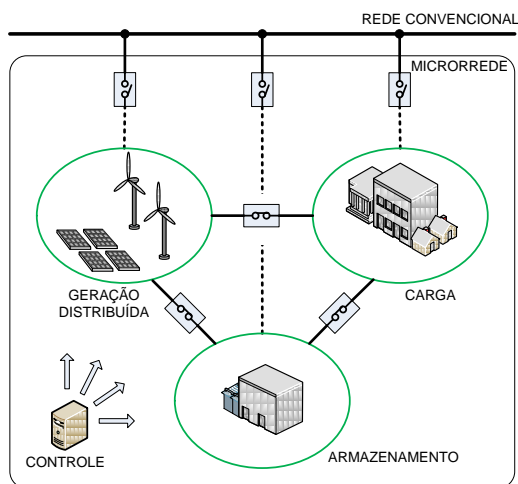


Figura 1. Conceito de microrrede.

A capacidade de isolamento, de armazenamento em bancos de bateria e de GD aproveitando todos os recursos disponíveis são possibilidades importantes que as microrredes podem proporcionar e que em redes convencionais não são

alcançadas de forma eficiente com facilidade.

Essas características trazem benefícios importantes, como o aumento da confiabilidade, pois as microrredes podem ser conectadas umas às outras e à rede convencional levando a menos falhas e quedas de energia; o fácil e eficiente atendimento ao crescimento da demanda por meio de geradores locais relativamente pequenos; a possibilidade do controle do fluxo de potência entre a microrrede e a rede convencional, permitindo, por exemplo, a autonomia da microrrede no horário de ponta, ou a manutenção de uma demanda fixa para a rede convencional ao longo do dia; entre outros.

## 3. METODOLOGIA

Para analisar a influência da GD e a automação da reconfiguração da rede, foi utilizada uma microrrede hipotética para testes, mostrada na Figura 2, com possibilidade de conexão em duas redes convencionais com alimentadores distintos. Foi considerado que a microrrede possui dois pontos de GD: um com geração eólica em pequena escala de potência (GD1), que representa a geração eólica de um conjunto residencial, e outro, de maior porte (GD2), constituído por painéis fotovoltaicos e uma turbina eólica. Para esta análise não foi considerado o armazenamento de energia, o que implica que a microrrede opera conectada à rede convencional.

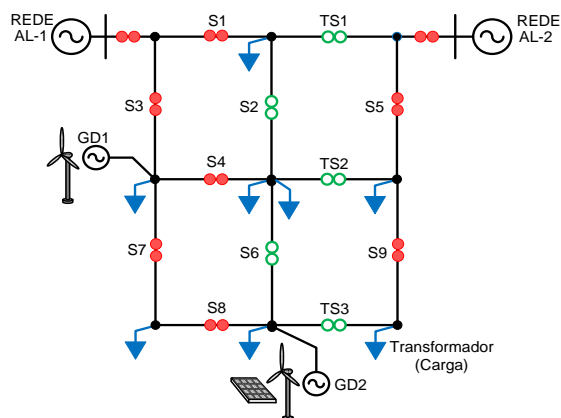


Figura 2. Microrrede de teste (configuração inicial).

A microrrede considerada possui oito transformadores de rede secundária com demandas distintas. A Figura 3 mostra as curvas das cargas para um dia típico. O perfil da microrrede é predominantemente residencial. Para as curvas de GD foram utilizados dados climatológicos de um dia ensolarado com ventos moderados, na faixa de 3 a 8 m/s. As curvas de GD podem ser vistas na Figura 4.

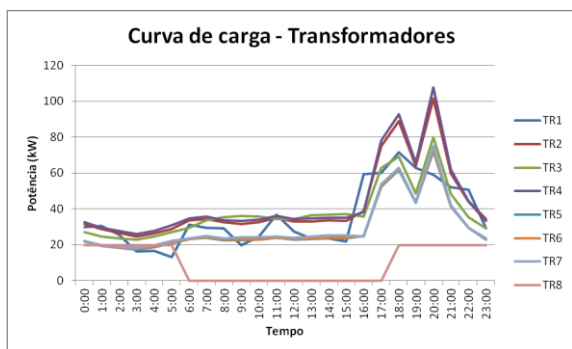


Figura 3. Curva de carga dos transformadores.

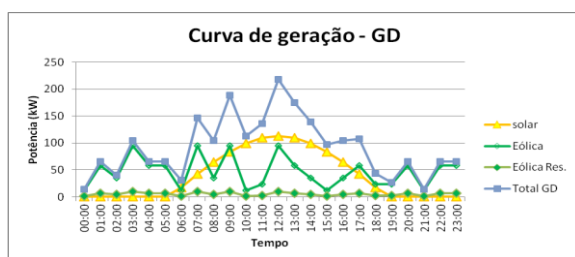


Figura 4. Curva de geração.

A microrrede possui um alto grau de automação, com 12 chaves telecomandadas para fazer a transferência de cargas entre setores da microrrede. As chaves telecomandadas são fundamentais para que as manobras sejam feitas rapidamente e sem necessidade de equipes em campo, aumentando a eficiência da operação.

A curva total de demanda e geração (Figura 5) foi dividida em cinco períodos com patamares de carga típicos. Em cada patamar, será analisado o desempenho da rede no horário de maior demanda. Os pontos de análise estão marcados na figura.

Foram utilizados a técnica heurística e o programa ASD, descritos em (PFITSCHER, 2013), porém modificando os critérios de otimização:

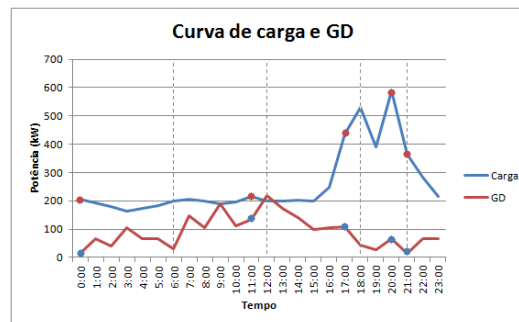


Figura 5. Curva de carga total e de GD total.

- Critério 1: Minimizar o fluxo de potência entre a microrrede e a rede convencional;
- Critério 2: Melhorar o balanceamento das cargas da microrrede.

O Critério 1 reflete no melhor aproveitamento da GD na microrrede e na diminuição das perdas da rede convencional. Já o Critério 2 visa o equilíbrio da carga da microrrede entre os pontos de conexão com a rede convencional. O balanceamento só é feito se o resultado final não piorar o desempenho da rede no primeiro critério. As restrições adotadas para a análise são: não permitir a operação ilhada da GD e; não permitir a operação em paralelo das redes convencionais. A melhor configuração encontrada em um patamar de carga é usada como configuração inicial para a análise do patamar seguinte.

## 4. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados para os pontos escolhidos. A tabela ressalta as chaves a serem manobradas e o critério determinante para a nova configuração. Pode ser observado que a melhor configuração da rede muda ao longo do dia, o que reforça a importância das chaves telecomandadas.

No período do 2º patamar de carga, a rede muda devido ao Critério 1, pois parte da microrrede ligada ao AL-1 estava injetando potência ativa na rede convencional, enquanto que essa energia poderia ser utilizada para alimentar parte da microrrede ligada ao AL-2.

Tabela 1. Resultados

Hora	Inicial		Chaves manobradas	Final		Obs.
	AL1(kVA)	AL2 (kVA)		AL1(kVA)	AL2 (kVA)	
0:00-1:00	152,1	59,5	TS2/S4	101,2	110,4	Critério 2
11:00-12:00	54,4	105,2	S4/S3	40,0	87,6	Critério 1
17:00-18:00	65,4	306,0	nenhuma	65,4	306,0	-
20:00-21:00	78,0	509,8	S3/S4	281,9	306,7	Critério 2
21:00-22:00	197,5	186,7	nenhuma	197,5	186,7	-

Deve-se enfatizar que a análise contempla os cinco pontos de maior demanda dos patamares de carga. O desempenho da rede pode se modificar se outros pontos da curva forem analisados. Além disso, a localização e a conexão/desconexão da GD também altera o resultado da reconfiguração, porém, essa análise não foi abordada nesse trabalho.

## 5. CONCLUSÕES

Esse trabalho apresentou uma análise de reconfiguração de uma microrrede operando com GD. Com a análise, pode-se demonstrar que uma microrrede com alto grau de automatização – chaves telecomandadas em todos os pontos estratégicos – e exploração dos pequenos potenciais energéticos através de GD pode alcançar os objetivos de otimização propostos sem comprometer a operação.

Diante disso, será dada continuidade no projeto da microrrede proposta, buscando explorar o maior emprego da automação na microrrede. Deverão ser considerados o uso de dispositivos inteligentes para o controle de demanda e a inserção de fontes alternativas de maior porte em pontos estratégicos, além do gerenciamento de um sistema de armazenamento de energia que vise aumentar a autonomia da microrrede.

## 6. REFERÊNCIAS

RESE, L. **Modelagem, Análise de Estabilidade e Controle de Microrredes de Energia Elétrica**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2012. 254 p.

IPAKCHI, A.; ALBUYEH, F. Grid of the future: are we ready to transition to a smart grid, **IEEE Power & Energy Magazine**, p. 52-62, 2009.

MOGHADDAM, A. A.; SEIFI, A.; NIKMAM, T.; PAHLAVANI, M. R. A. Multi-objective operation management of a renewable MG (micro-grid) with back-up micro-turbine/fuel cell/battery hybrid power source, **Elsevier Energy**, p. 6490-6507, 2011.

ALCANTARA, M. V. P. Microrredes inteligentes: um novo modelo de negócio para a distribuição de energia elétrica, **O Setor Elétrico**. V.71, p. 36-45, dez 2011.

PFITSCHER, L. L.; BERNARDON, D. P.; MONTAGNER, V. T.; GARCIA, A. R.; ABAIDE, A. R. Intelligent system for automatic reconfiguration of distribution network in real time, Elsevier **Electric Power Systems Research**, p. 84-92, 2013.