



# Implantação de solução de restabelecimento automático de rede - AGR (Automatic Grid Recovery) na Neoenergia

**Tema:** Sistemas de Controle, Automação e Proteção

**Autores:** Eliennay de Araújo Ferreira

**Co-Autores:** Lunara Braz Kiperstok

**Empresa:** Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - Neoenergia Coelba

---

## Resumo

O propósito deste trabalho é apresentar a experiência da Neoenergia na implementação de uma solução de restabelecimento automático de rede, o AGR (*Automatic Grid Recovery*) e demonstrar como seu algoritmo inteligente é capaz de identificar, transferir e isolar automaticamente trechos defeituosos da rede de média tensão durante desligamentos não programados. Serão descritos aspectos relacionados ao seu funcionamento, à segurança de sua lógica, à sua compatibilidade com outros esquemas de automação, à estratégia de implantação e aos benefícios obtidos.

O AGR encontra-se implementado na Neoenergia Cosern, abrangendo a totalidade de sua concessão, e em expansão na Neoenergia Pernambuco, beneficiando aproximadamente 600 mil clientes até o momento. A ferramenta tem apresentado excelentes índices de eficácia, não apresentando qualquer operação indevida. Com essa implementação, almeja-se aprimorar a qualidade do serviço, aumentar a eficiência operacional, agilizar o restabelecimento, reduzir intervenções manuais e elevar a satisfação dos clientes.

## 1. Introdução

A solução de *self-healing* centralizado conhecida como AGR (*Automatic Grid Recovery*), ou Recomposição Automática de Rede, representa uma inovação significativa no gerenciamento avançado de distribuição de energia em expansão na Neoenergia. Este sistema foi desenvolvido a partir de um algoritmo inteligente que atua como um "operador virtual", utilizando informações da topologia da rede e sinais SCADA para executar manobras de forma ágil e segura. O AGR é capaz de identificar e isolar trechos de rede de média tensão com defeito e restabelecer automaticamente o serviço para o maior número de clientes possível, sem a necessidade de intervenção manual, minimizando o tempo de interrupção.

A solução representa a estratégia da Neoenergia na busca constante de evolução das tecnologias de automação de redes, visando melhorar o serviço de distribuição, conforme representado na Figura 1.



Figura 1 - Evolução dos Esquemas de Self-Healing da Neoenergia

No decorrer do trabalho serão abordados os seguintes temas:

- Descrição da funcionalidade com sua sequência de atuação, mostrando como o sistema identifica falhas, analisa a topologia da rede e executa manobras de isolamento e restabelecimento em tempo real;
- A segurança da lógica do AGR, que segue rigorosos critérios para evitar manobras indesejadas e garantir a integridade das operações;
- A convivência do AGR com o Self-Healing Descentralizado (SHD), destacando a coordenação entre os dois sistemas para maximizar a eficiência e garantir a segurança das operações.
- Os testes para implantação da solução, juntamente com as estratégias de implementação, os resultados obtidos e a conclusão.

Desde 2023, a Neoenergia tem avançado na implementação do AGR em suas redes, beneficiando, até o momento, 1,4 milhões de clientes na Neoenergia Cosern, correspondendo à totalidade da sua concessão, e 600 mil clientes na Neoenergia Pernambuco, onde a solução ainda está em implantação. A ferramenta tem desempenhado com alta eficácia, melhorando significativamente a qualidade do fornecimento de energia, conquistando a confiança dos operadores do sistema e contribuindo para o desenvolvimento do setor elétrico, como será mostrado na seção de resultados.

## 2. Desenvolvimento

O AGR é uma funcionalidade avançada integrada ao *Siemens Spectrum Power 7*, solução de ADMS (*Advanced Distribution Management System*) atualmente em expansão na Neoenergia. O AGR integra tecnologias como automação, medição e comunicação inteligentes (*Smart Grids*), além de soluções alternativas de fornecimento de energia. Evoluiu a partir de tecnologias utilizadas no Brasil (AIR – Automação Inteligente de Redes) e na Espanha (ARA - *Aislamiento y Recomposición Automática*), adaptando-se aos cenários específicos da rede de distribuição brasileira e coordenando-se com os esquemas de SHD (*Self-Healing* Descentralizado) das distribuidoras da Neoenergia, além de se adaptar às condições do sistema elétrico brasileiro, como o ERAC (Esquema Regional de Alívio de Carga) e os processos de religamento de linhas e redes de distribuição.

Sua implantação ocorreu no âmbito do Programa SISCO, que tem por objetivo promover a transformação da operação da Neoenergia por meio da modernização de toda a **infraestrutura** de operação, da implementação de **sistemas** de ponta, da sua total **integração** de forma padronizada e sustentada por **processos** revisitados a fim de proporcionar maior performance, assertividade, segurança, resiliência e eficiência operacional. O processo de implantação pode ser descrito de maneira ilustrativa pelas etapas da Figura 2.



*Figura 2 - O AGR - Automatic Grid Recovery*

O AGR é capaz de tomar decisões como um operador virtual de tempo real que utiliza informações da topologia da rede e dos sinais obtidos do SCADA para a execução de manobras. Através de um algoritmo centralizado, o AGR consegue identificar e isolar trechos de rede de média tensão com defeito e depois reestabelecer de forma automática a maior quantidade de clientes possível, no menor tempo.

Um dos grandes benefícios do AGR é que sua lógica consegue analisar a topologia e situação da rede em tempo real e buscar as melhores alternativas para restaurar o serviço, dadas as condições momentâneas da ocorrência da falha na rede de distribuição, sem intervenção humana. A área afetada é reduzida tanto quanto o possível, em menor intervalo de tempo, reduzindo significativamente a abrangência do impacto da falha. Todos os comandos enviados pelo AGR seguem os mesmos critérios de segurança utilizados para qualquer outro comando executado por um operador humano, além de ser possível o bloqueio de sua funcionalidade em diferentes níveis da hierarquia, a saber: bloqueio total no sistema, bloqueio por subestação, bloqueio por alimentador e bloqueio por equipamento.

### **Etapas de Atuação**

Quando ocorre uma falha na rede de distribuição que provoca o desligamento do disjuntor de um alimentador ou de um religador de rede, o sistema identifica que a rede está desenergizada à jusante do equipamento aberto. O AGR analisa os aspectos do desligamento, a topologia da rede e os equipamentos disponíveis para o restabelecimento e cria uma sequência para isolamento do trecho com falha e restabelecimento do trecho sem defeito. Adicionalmente, o AGR verifica determinadas condições, tais como a existência de cartões de impedimento por segurança, a capacidade de cada circuito e o status de comunicação desses equipamentos.

Uma vez que todas as condições sejam atendidas, o AGR cria em tempo real uma sequência de manobras de equipamento de rede, objetivando-se inicialmente em executar as manobras de isolamento do trecho com defeito, seguido pelas manobras de restabelecimento dos trechos sem defeito. Para o restabelecimento, o AGR escolhe o circuito que possuir maior disponibilidade de receber carga, comparando o valor atual real (SCADA) com o valor configurado para o disparo do relé de proteção, com o objetivo de evitar sobrecarga no circuito que está recebendo carga durante a fase de restabelecimento. Todas as etapas e ações realizadas pelo AGR são sinalizadas ao operador através de sumário de alarmes e unifilar do alimentador. Seu funcionamento, em macro etapas, pode ser observado no fluxo da Figura 3.



Figura 3 – Macro Etapas da Lógica do AGR

### Segurança da Lógica

Mais importante do que executar o restabelecimento de trechos sem defeito é garantir que o algoritmo aja de maneira segura e não faça manobras indesejadas. Com esse objetivo, a lógica da funcionalidade atende a diversos critérios de segurança como:

- a. **Regras de segurança:** Todas as regras de segurança aplicáveis aos operadores também se aplicam ao AGR. Como por exemplo: equipamentos com cartões de impedimento ou com religamento bloqueado não são considerados pelo algoritmo, principalmente porque frequentemente representam a execução de trabalhos em linha viva.
- b. **Prioridade dos operadores:** Os operadores têm sempre maior prioridade do que o AGR. Eles podem ativar, desativar e pará-lo a qualquer momento. Se alguma ação humana for detectada na área de atuação do AGR, ele interromperá a sequência imediatamente e devolverá o controle ao operador.
- c. **Energização de áreas:** O AGR nunca energiza áreas anteriormente isoladas.
- d. **Rede de média tensão:** O AGR só funciona em redes de média tensão.
- e. **Verificação de capacidade:** O AGR verifica as medidas de corrente em tempo real e utiliza os limites de disparo da proteção como limitantes em manobras.
- f. **Área habilitada:** O AGR só funciona nas áreas habilitadas.
- g. **Bloqueio por atuação do ERAC:** Uma atuação do ERAC irá bloquear a lógica em todo o sistema.

Os operadores têm à disposição a possibilidade de habilitar ou desabilitar a execução do AGR, além de poder parar toda a sequência executada pelo algoritmo, sendo possível interromper um ou todos os AGRs que estiverem atuando na rede. O operador é informado de todas as ações realizadas pelo AGR e pode acompanhar as atividades de qualquer sequência específica em detalhes, pois todas as ações feitas pelo algoritmo são listadas no resumo geral com o número de sequência.

O algoritmo realiza algumas verificações para garantir a integridade e segurança das operações na camada de protocolo como por exemplo a verificação dos *bits* de qualidade e *timestamps* enviados pela RTU.

Com base nestas regras de segurança, o AGR é capaz de detectar situações críticas e decidir interromper a sequência automaticamente, alertando o operador sobre o motivo. Algumas situações que podem resultar na parada do AGR incluem:

- a. **Informações incorretas da proteção de religamento/trip definitivo:** se os dados da proteção não estiverem corretos, o AGR irá interromper a sequência para evitar ações inadequadas.
- b. **Mais de uma sequência trabalhando na mesma área:** o AGR evita conflitos e sobreposições, garantindo que apenas uma sequência atue em determinada região.
- c. **Trips inconsistentes:** Se ocorrerem disparos inesperados ou inconsistentes, o AGR irá parar a sequência para evitar riscos.
- d. **Falhas de comandos após várias tentativas:** a solução é parametrizada para executar três tentativas de comandos nos equipamentos selecionados pela sua lógica. O AGR considera o 3º comando de um equipamento como número limite de atuação neste determinado dispositivo. Caso, durante uma atuação, a terceira e última tentativa de telecomando seja retornada como falha, o AGR prossegue sua atuação para o próximo dispositivo do circuito. Portanto, o AGR segue suas tentativas em todos os equipamentos mapeados e só aborta sua atuação, caso todos os equipamentos retornem falha de comando.
- e. **Atuação do ERAC (Esquema Regional de Alívio de Carga):** se o ERAC entrar em ação, o AGR irá parar imediatamente para evitar conflitos, como se observa na Figura 4.

Progresso AGR	Eventos de Trip	Zona com falta	Zona restaurada	Zona remanescente
				
Relatório				
15.08.2023 08:30:46 Criar sequência AGR 4188				
15.08.2023 08:30:46 AGR 4188: AGR desativado globalmente				
15.08.2023 08:30:46 AGR 4188: AGR bloqueado globalmente por atividade ERAC				
15.08.2023 08:30:46 Sequência abortada AGR 4188				
15.08.2023 08:30:46 Sequência excluída AGR 4188				

Figura 4 - Bloqueio do AGR em Todo Sistema Após Atuação do ERAC

### Convivência com Self – Healing Descentralizado (SHD)

O projeto de implantação do AGR na Neoenergia enfrentou o desafio de coexistir com o *Self-Healing* Descentralizado (SHD). Os SHDs têm um histórico positivo na redução do tempo de restabelecimento do fornecimento de energia das distribuidoras, uma vez que sua lógica é configurada diretamente nos equipamentos de campo, sem depender de meios de comunicação externos.

Para garantir a atuação coordenada entre o AGR e os esquemas de SHD, especialmente em situações em que a comunicação falha quando há perda de fonte de energia, foi adotada a solução de alterar os tempos de atuação dos SHDs. Dessa forma, o AGR sempre age primeiro, e caso não consiga completar a sequência, o SHD entra em ação antes do prazo regulatório de 3 minutos, com o objetivo de maximizar a eficiência e garantir a segurança das operações, mesmo em condições adversas.



## Testes para a Implantação da solução

Para garantir a segurança e confiabilidade da solução, foram realizados diversos testes em diferentes cenários. Foram executadas mais de 120 rotinas em ambiente de qualidade, utilizando simuladores de alarmes e eventos para gerar as condições de atuação da lógica em diferentes topologias da rede.

Além disso, foi realizado um teste inédito, desta vez utilizando o sistema de produção do ADMS para verificar a atuação do AGR comunicando com equipamentos localizados em um laboratório interno. Este teste foi preparado pelo time de Automação de Rede, coordenado pela equipe do Programa SISCO e acompanhado pelo Centro de Operação Integrado (COI) da Neoenergia COSERN, já em ambiente de produção.

Adicionalmente, foram promovidas várias ações de Gestão da Mudança com o objetivo de preparar as diversas equipes envolvidas na utilização, manutenção e expansão dessa nova funcionalidade na Neoenergia. Isso incluiu a capacitação de 100% do time dos Centros de Operação Integrados da Neoenergia Cosern e Pernambuco, bem como das equipes dos Departamentos de Subestações e Automação de Redes.

## Estratégia de Implantação

A estratégia de implementação do AGR foi dividida em etapas para possibilitar o acompanhamento do seu desempenho e garantir o pleno funcionamento dessa nova tecnologia com segurança e confiabilidade. A ativação do AGR em uma determinada área requer uma preparação que envolve diversas equipes da Neoenergia. Isso inclui a revisão de todos os circuitos, configurações de seus equipamentos, ajustes de proteções, ajustes nos SHDs, necessidades de ajustes em campo, entre outros.

Como estratégia, primeiramente foram adotados circuitos onde não existiam a tecnologia de SHD, pois como o AGR é controlado pelo supervisor, não existiria a necessidade de executar nenhuma ação local no equipamento nem alteração dos tempos do SHD. Outra estratégia adotada foi de selecionar áreas críticas e estratégicas para a operação, pois com a implantação da nova tecnologia estas passariam a contar com mais uma opção de normalização automática na rede.

A implementação foi iniciada também por circuitos que continham AIR, pois já foram previamente configurados para receber a nova tecnologia.

Após implementação nas primeiras ilhas, foi feito um acompanhamento por operação assistida para validar a assertividade das transferências. Após o período de análise nos sistemas de tempo real, foi iniciado o plano de expansão para as distribuidoras que já contavam com a solução *ADMS Spectrum Power 7* com o intuito de automatizar 100% de todo parque de suas concessões.

Importante ressaltar que para o sucesso da implementação foi necessário um trabalho intenso de integração e parceria com diferentes áreas do negócio como: Desempenho da Operação, Planejamento Técnico, Automação de Redes, Centros de Operação Integrados, Proteção e Controle e o próprio time do Programa SISCO.

## Resultados

A implantação do AGR, iniciada em 2023, foi executada em ondas de ativação que ocorreram na Neoenergia Cosern e Neoenergia Pernambuco. Até o presente momento, o AGR abrange 100% da rede da Neoenergia Cosern, beneficiando 1,4 Milhões de clientes nos 400 alimentadores das 80 subestações, representando a automatização em toda a concessão do estado do Rio Grande do Norte. Também estão contemplados, até o momento, 600 mil clientes em 150 alimentadores de 32 subestações da Neoenergia Pernambuco. Essa ferramenta tem apresentado alta eficácia na operação, tornando-se cada vez mais organicamente integrada à operação do sistema e se tornando uma aliada relevante na busca constante de melhoria da qualidade do fornecimento de energia.

Até o momento, a funcionalidade do AGR teve **100% de assertividade em suas operações**, não havendo registros de erros ou manobras incorretas. Em todas as suas atuações, havendo transferência de carga

ou não, o AGR agiu exatamente como previsto por seu algoritmo, interrompendo e excluindo a sequência ao detectar qualquer tipo de inconsistência ou completando a sequência de manobras quando todas as condições de rede e segurança foram atendidas.

Os primeiros resultados demonstram que **60% das sequências iniciadas pelo AGR foram concluídas com transferência de carga**, isolamento do trecho com defeito e restabelecimento da rede sem defeito dentro do limite regulatório de 3 minutos. As demais atuações, de maneira assertiva, não completaram o ciclo de transferência por conta de restrições tais como, falta de opção de transferência, condições operacionais impeditivas (bloqueio de religamento, cartões de impedimento) e falha de comunicação.

A implantação da ferramenta trouxe múltiplos ganhos para estas distribuidoras, dentre os quais pode-se destacar:

- A otimização e eficiência no despacho de equipes de campo para desligamentos não programados, pois a ferramenta consegue isolar o trecho com defeito diminuindo a área a ser percorrida pelas equipes, resultando em maior agilidade na restauração das faltas com assertividade no deslocamento das equipes;
- A melhoria nos processos de manutenção da rede, pois o algoritmo faz a varredura em todos os equipamentos no momento da atuação e indica seus estados, podendo trazer visibilidade para criação de planos de manutenção corretiva;
- O aumento da quantidade de clientes restaurados abaixo do tempo de 3 minutos, resultando na melhoria da qualidade do fornecimento de energia e satisfação dos clientes.

Para ilustrar um exemplo de atuação bem-sucedida, destaca-se a demonstração abaixo de um evento de normalização pelo AGR.

Houve o disparo de abertura de um equipamento atuado por Neutro sensível (51NS) que veio a interromper 1.258 mil clientes às 11:22:40. O AGR iniciou sua varredura identificando as possíveis opções de transferência. Na análise, foi identificado que no trecho à frente do desarme existia um equipamento com falha de comunicação que foi desconsiderado pois não seria possível ser manobrado. Com isso, o esquema selecionou o próximo equipamento para manobra de abertura e isolamento da falha. Logo após sua abertura, o AGR fechou o equipamento de interligação às 11:23:14 reestabelecendo **986 clientes**, totalizando 78% da carga total do circuito. Por fim, aplicou cartões de controle inibido para identificação do trecho isolado. O equipamento em que houve o desarme inicial foi normalizado às 13:19:05, ficando aproximadamente 2h desligado. Desta forma, se forem considerados os 986 clientes normalizados pelo AGR e o tempo total de 2h de duração total do evento, concluir-se que o CHI (cliente hora interrompido) evitado foi de  $(986 \text{ UCs}) \times (2\text{h}) = \mathbf{1.972 \text{ CHI evitado}}$  em um único caso.

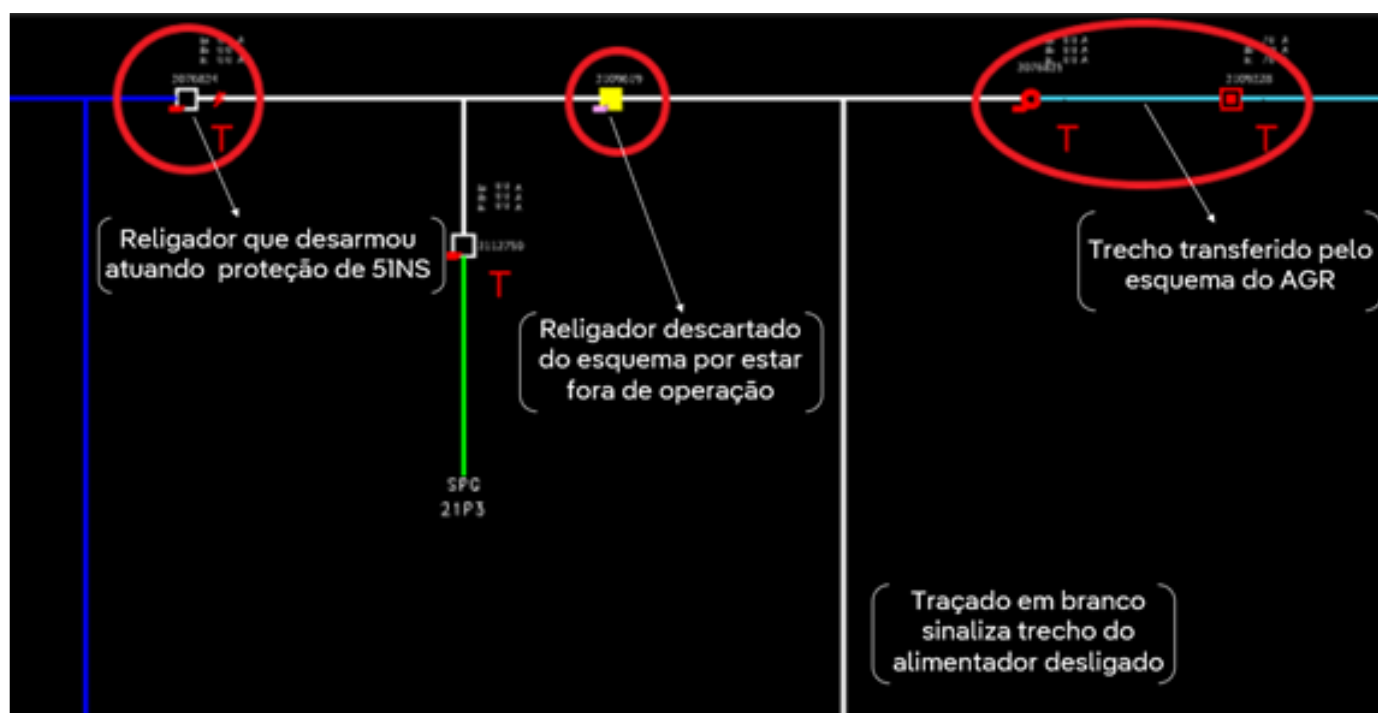


Figura 5 – Atuação de transferência do AGR

### 3. Conclusão

A Neoenergia, ao apostar na solução de *Self-Healing* Centralizado AGR, demonstra seu compromisso com a melhoria contínua da qualidade de fornecimento de energia elétrica, gerando valores que beneficiam diretamente as comunidades em que está inserida.

Os ganhos esperados com a ativação completa do AGR nas distribuidoras da Neoenergia são:

- Aumento da quantidade de clientes restaurados em menos de 3 minutos;
- Redução nos indicadores de continuidade DEC (Duração Equivalente de Interrupção);
- Melhora no Índice de Satisfação com a Qualidade Percebida (ISQP);
- Otimização e eficiência no despacho de equipes de campo.

A implantação do AGR proporciona benefícios significativos para os clientes da Neoenergia, especialmente durante condições climáticas adversas, como tempestades severas. Nessas situações, o AGR pode trazer mais confiabilidade e eficiência, reduzindo o tempo de resposta às ocorrências, auxiliando os operadores do sistema com mais automação na rede e minimizando os impactos para os clientes finais.

É fundamental que as empresas do setor elétrico continuem investindo em tecnologias inovadoras para aprimorar a qualidade do serviço prestado aos clientes. Neste sentido, o AGR é uma medida importante e sua implementação está sendo amplamente patrocinada na Neoenergia para garantir que seus benefícios sejam maximizados.



#### **4. Referências bibliográficas**

EUGENIO De GABRIEL, "Control room: Automatic Isolation and restoration", Spectrum Power User Group conference, 2014.

Juan MARTI, "ARA – Automatic Isolation and restoration", EPCC-11 conference 2011.

SIEMENS AG. "Automatic Grid Restoration (AGR) Solution for Distribution Networks", Siemens Official Website, 2023