

NT-ONS DOP 0022/2025

CrITÉrios para Gestão de Excedentes Energéticos

Escritório Central
Rua Júlio do Carmo, 251
CEP 20.211-160 Cidade Nova Rio de Janeiro RJ
Tel.: 21 3444 9000 Fax: 21 3444 9444
info@ons.org.br
www.ons.org.br

© 2025/ONS

Todos os direitos reservados.

Qualquer alteração sem autorização é proibida.

NT-ONS DOP 0022/2025

Crêterios para Gestão de Excedentes Energéticos

19 de agosto de 2025

Sumário

1	Introdução	4
2	Objetivo	5
3	Processo do Planejamento da Operação	6
4	Procedimentos e Desenvolvimento da Operação	9
5	Programação da Operação	10
6	Operação em Tempo Real	14
7	Apuração de Restrições de Geração	18
8	Conclusões	24
9	Anexo 1 – Fluxograma do processo de <i>curtailment</i>	25

1 Introdução

O Setor Elétrico Brasileiro (SEB) está vivenciando uma transformação significativa impulsionada pela crescente participação de fontes renováveis variáveis, especialmente eólica e solar, em sua matriz energética. Embora essa transição contribua para a descarbonização, ela também introduz desafios operacionais complexos, destacando-se o fenômeno do *curtailment*, que se refere à restrição forçada da geração de energia, quando a produção supera a capacidade de transmissão do sistema elétrico ou a necessidade de consumo demandado pela sociedade.

A realidade do *curtailment* é observada também em outros países do mundo. No Brasil, o potencial de geração renovável eólica e fotovoltaica restrito em 2024 foi de 9,4%, enquanto os dados divulgados pela *Financial Times* pela *Aurora Energy Research* indicam que as restrições de geração alcançaram 10% de energia eólica na Grã-Bretanha e 30% no norte da Irlanda. Na China, onde os investimentos na rede elétrica são expressivos, o *curtailment* também possui apresenta crescimento contínuo, representando mais de 3% para as energias eólica e solar cada, observando 1% de aumento de 2023 para 2024.

2 Objetivo

A elaboração desta Nota Técnica visa reunir os principais conceitos a respeito da operação do SIN que detalham a inserção de restrições de geração nas diferentes fases da operação do SIN, destacando os desafios atuais da operação e critérios de apuração de restrição de geração resultantes.

Serão apresentados todos os procedimentos que regem as etapas da Operação, desde o Planejamento da Operação até a Pós-Operação, adotados atualmente pelo ONS para a implementação e apuração das restrições de geração eólica e fotovoltaica. No Anexo 1, é apresentado um fluxograma que ilustra as principais conexões entre as etapas do processo.

3 Processo do Planejamento da Operação

Os estudos de planejamento da operação elétrica realizados pelo ONS têm como principal objetivo assegurar que a operação atual e futura do SIN seja realizada com níveis adequados de segurança e confiabilidade, respeitando os critérios técnicos definidos nos Procedimentos de Rede. Para isso, o processo de planejamento elétrico é estruturado em uma cadeia integrada que compreende estudos de médio e curto prazo. Embora cada etapa possua características específicas, há uma forte conexão entre as recomendações geradas, buscando garantir uma operação segura e confiável do sistema como um todo.

3.1 Planejamento elétrico de médio prazo

Na etapa inicial desse encadeamento, os estudos de médio prazo têm como horizonte temporal cinco anos adiante, contados a partir do ano subsequente ao ano corrente, tendo o Plano da Operação Elétrica de Médio Prazo (PAR/PEL) como seu principal produto. O PAR/PEL avalia o desempenho futuro do SIN, assegurando operação com níveis adequados de confiabilidade, qualidade e segurança, sempre em conformidade com os Procedimentos de Rede.

Para tal, o PAR/PEL, estruturado sob os enfoques conjuntural e estruturante, deve conter as indicações de obras necessárias para o adequado atendimento à demanda, à integração das novas usinas geradoras e ao pleno funcionamento do mercado de energia elétrica no horizonte de médio prazo. O enfoque conjuntural ou operativo, que abrange os dois primeiros anos, busca apresentar as recomendações operativas que contornam os problemas identificados até que a solução estrutural esteja disponível, com base na avaliação do desempenho do SIN sob o ponto de vista do atendimento aos critérios e padrões estabelecidos nos Procedimentos de Rede. O enfoque estruturante, que abrange os três últimos anos do horizonte de cinco anos, visa adequar a cronologia do plano de expansão da transmissão estabelecido pelos condicionantes de curto prazo determinados pelas solicitações de acesso, ampliações e reforços, bem como às variações nas previsões de carga em relação às previsões consideradas pelo planejamento da expansão de geração e transmissão pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Além disso, procura mitigar possíveis restrições ou estrangulamentos de transmissão observados na operação em tempo real e nos estudos de planejamento de operação de curto prazo.

Complementarmente às análises do PAR/PEL, a elaboração de estudos técnicos que subsidiam a emissão de pareceres de acesso representa outro eixo de estudos elétricos de médio prazo. A partir da diversidade de cenários abordados no PAR/PEL, são estabelecidos cenários e premissas

específicos para os estudos de acesso, que embasam as conclusões técnicas presentes nos respectivos pareceres.

Especificamente no contexto da conexão de novos geradores, a avaliação de viabilidade técnica de acesso tem como objetivo identificar a capacidade remanescente do sistema de transmissão, visando permitir a conexão de novos empreendimentos de geração à Rede Básica, DIT ou ICG. Utilizando-se a base de dados mais atual disponível na época da solicitação, contemplando premissas de configuração de transmissão, geração e carga, são identificadas as condições de atendimento da rede, apontando possíveis ampliações ou reforços necessários decorrentes da nova conexão. Nessa avaliação são considerados tanto os geradores já conectados quanto solicitações anteriores em curso.

Vale ressaltar que a avaliação de viabilidade técnica de acesso é um documento estático, que atesta tecnicamente a viabilidade de conexão dos novos empreendimentos de geração, por exemplo, destacando qualitativamente possíveis restrições decorrentes de limitações pré-existent ou que possam surgir com a nova conexão.

Para atestar a viabilidade técnica de conexão de novos empreendimentos, são verificados todos os requisitos técnicos definidos pelos Procedimentos de Rede e realizados diversos estudos específicos de conexão, destacando-se, no âmbito do planejamento elétrico, os estudos estáticos de escoamento em condição normal e contingências simples da rede, além dos estudos de estabilidade eletromecânica. Com base nessas conclusões técnicas, o Parecer de Acesso é emitido e, caso indique viabilidade técnica, permite ao acessante avançar à etapa de celebração do Contrato de Uso do Sistema de Transmissão – CUST.

3.2 Planejamento elétrico de curto prazo

Por sua vez, os estudos de planejamento elétrico de curto prazo têm como principal resultado os Relatórios de Diretrizes para a Operação Elétrica, que detalham as condições de atendimento elétrico às áreas e interligações do SIN, servindo como base para a elaboração das Instruções de Operação que orientam a operação em tempo real do sistema. Esses estudos avaliam diferentes cenários operativos derivados da variação de demanda, geração e configuração da rede, etc., fundamentados em estudos de fluxo de potência e estabilidade eletromecânica. O objetivo central é identificar diretrizes e ações que assegurem a operação do SIN dentro de uma região operativa segura, conforme critérios estabelecidos no Submódulo 2.3 dos Procedimentos de Rede. Assim, os estudos de curto prazo fornecem subsídios técnicos fundamentais para a operação em tempo real, evitando condições de

operação inseguras, de acordo com os critérios de confiabilidade estabelecidos.

Nesse contexto, as medidas identificadas nos estudos de curto prazo podem incluir a recomendação da instalação de sistemas especiais de proteção, ou outras ações automáticas, ou a definição de ações corretivas. Caso não seja viável implementar tais medidas, pode ser necessário recorrer a ações preventivas, como a operação com configurações alternativas da rede ou o controle de fluxo em determinadas linhas de transmissão, por meio da monitoração e controle de inequações ou limites regionais ou sistêmicos. Ao assegurar que os fluxos de potência operem dentro dos limites previamente estabelecidos pelos estudos elétricos de curto prazo, garante-se uma operação estável e segura do SIN.

Neste sentido, entre os principais recursos para controle dos fluxos monitorados destaca-se a redução ou o incremento de geração conectada em subestações com maior influência sobre os problemas detectados. Essa relação de influência é apresentada nos Relatórios de Diretrizes para Operação Elétrica por meio de tabelas de sensibilidade, as quais orientam a operação em tempo real sobre as usinas mais influentes para o controle de cada restrição identificada. Ressalta-se que essas tabelas são continuamente atualizadas e podem resultar em restrições de geração por motivo de confiabilidade sempre que a trajetória do ponto de operação do sistema indicar risco de violação dos limites previamente estabelecidos. O objetivo dessas ações é preservar a segurança dos equipamentos e do atendimento elétrico, garantir margens adequadas de estabilidade e, assim, reduzir o risco de blecautes no SIN. O controle de geração pode ocorrer de maneira individualizada por ponto de conexão ou de maneira clusterizada através de um agrupamento de pontos de conexão com fatores de sensibilidade semelhantes, em relação ao fluxo que se deseja controlar. A clusterização dos fatores de sensibilidade é realizada com base na metodologia denominada “*K-Means*”.

A adoção da estratégia de clusterização busca evitar que restrições de geração elevadas se concentrem em pontos específicos do SIN, o que pode provocar desequilíbrios de geração entre subestações e/ou regiões vizinhas. Essa concentração de restrições pode levar a condições operativas não previstas nos estudos de planejamento e à redução das margens de estabilidade. Além disso, a redução total da geração de usinas conectadas a determinadas subestações compromete o uso dos recursos de controle de tensão oferecidos por essas usinas.

A opção por realizar a restrição de geração de forma individualizada ou clusterizada é avaliada caso a caso pelo ONS. A clusterização é aplicada apenas quando se verifica que essa abordagem contribui para o

aprimoramento da segurança do sistema e para a mitigação de riscos associados ao surgimento de cenários que levem a problemas adicionais.

4 Procedimentos e Desenvolvimento da Operação

As restrições operativas, que podem constar nas Instruções de Operação ou nas recomendações das Intervenções, são os limites oriundos dos estudos elétricos que balizam as ações de redução ou bloqueio de geração quando os fluxos ou carregamentos monitorados superam esses limites. Essas situações operativas estão definidas em procedimentos de operação, cuja organização é indicada a seguir.

4.1 MPO – Manual de Procedimentos da Operação

O Módulo 5 (Operação do Sistema) dos Procedimentos de Rede, disponível no site do ONS, organiza de forma estruturada e sistematizada, as premissas, conceitos básicos, diretrizes, critérios, responsabilidades, atividades específicas e os procedimentos operacionais a serem seguidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e agentes de operação envolvidos na operação da Rede de Operação.

Os submódulos 5.11 a 5.15 são chamados de Manual de Procedimentos da Operação (MPO) e contêm os procedimentos aplicados às atividades de Tempo Real e às atividades específicas de Procedimentos Operativos, Estudos de Intervenções na Rede, Apuração e Análise e Custo da Operação, bem como às atividades de caráter geral. As edições e revisões desses submódulos são elaboradas e aprovadas pelo ONS, com a participação dos agentes de operação.

O Submódulo 5.12 – Instruções de Operação (IOs) contém os Procedimentos Operativos. Dentre eles, destacam-se as Instruções de Operação de Operação Normal, Operação em Contingência e Preparação para Manobras. Essas Instruções podem indicar ações de restrição de geração para controle de inequações, para controle de carregamento ou limitações da transmissão e/ou da geração, em regime normal de operação, em situações de indisponibilidades de equipamentos da Rede de Operação ou para realizações de manobras de equipamentos. Para o controle dessas inequações, há tabelas de sensibilidades que indicam os pontos da Rede onde as restrições devem ser efetuadas. Destacamos que Instruções de Operação mencionadas podem ser alteradas por Mensagens Operativas (MOPs), nos casos em que não é possível o cumprimento dos prazos para envio de minutas e de programação dessas Instruções.

O MPO pode ser acessado através do link:

<https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/mpo>.

4.1.1 Tabelas de sensibilidades

As tabelas de sensibilidades das Instruções de Operação Normal são cadastradas no Gerdin (Gerenciador de Restrições e Despacho de fontes Intermitentes), com exceção dos limites de fluxos sistêmicos, e são utilizadas para o cálculo do rateio das restrições de geração.

Os limites de fluxos sistêmicos são definidos e apontados nas Instruções de Operação Normal das Interligações e suas tabelas de sensibilidades são calculadas pelo SACI (Sistema de Apoio ao Controle de Intercâmbio). Através do Organon (ferramenta de análise de redes de regime permanente), o SACI calcula e atualiza frequentemente os valores de sensibilidade, utilizando casos base gerados em tempo real pelo Estimador de Estado do Sistema de Supervisão e Controle (SSC) do ONS, considerando a topologia da rede observada. Os valores de sensibilidade atualizados servirão de entrada para o Gerdin, onde são utilizados para o cálculo do rateio das restrições de geração. Exceção é feita para os casos em que houver agrupamento de usinas (clusterização) por sensibilidade, que respeitam os valores contidos nas Instruções de Operação.

O histórico das tabelas de sensibilidades calculadas pelo SACI pode ser acessado através do link

<https://sintegre.ons.org.br/sites/7/39/paginas/servicos/historico-de-produtos.aspx?produto=Sensibilidade%20em%20Fluxos%20Sist%C3%AAmicos>

5 Programação da Operação

O Programa Diário da Operação – PDO visa otimizar os recursos disponíveis de geração das diversas fontes (hidráulicas, térmicas, eólicas e solar fotovoltaica), garantindo o atendimento à carga do Sistema Interligado Nacional.

O PDO, descrito no Submódulo 4.5 dos Procedimentos de Rede, é composto pelo Programa Diário de Produção (PDP), o Programa Diário de Intervenções (PDI), Programa Diário de Defluências (PDF), Programa Diário de Carga e Frequência (PDCF), Recomendações e Diretrizes Eletroenergéticas (RDE), Informações Meteorológicas (INFMET) e Validação Elétrica da Programação Energética (VALIDAÇÃO) e é disponibilizado aos agentes envolvidos.

5.1 Programação Diária de Operação

Diariamente, o ONS realiza a previsão de carga, micro e minigeração distribuída (MMGD) e geração renovável (eólica, solar fotovoltaica, pequenas hidroelétricas e pequenas térmicas), disponibilizadas via SINtegre, que são utilizados como dados de entrada para o Modelo de

Curtíssimo Prazo – DESSEM. Além dos dados citados, o modelo DESSEM utiliza insumos, tais como, restrições hidráulicas, previsão de vazões, inequações de intervenções e documentos normativos, disponibilidade de térmicas, dentre outros.

O modelo DESSEM é executado para definir uma proposta de geração das usinas simuladas e o cálculo do Custo Marginal de Operação (CMO). O resultado é divulgado diariamente no SINtegre e encaminhado para a CCEE para o cálculo do Preço da Liquidação das Diferenças (PLD).

Após a publicação, o processo chamado de Pós-DESSSEM é iniciado, onde as equipes de Programação Diária recebem comentários dos agentes programadores de usinas simuladas, hidráulicas e termelétricas, a respeito do resultado publicado pelo DESSEM de forma a adequar a realidade operativa das usinas com atualização de informações que ocorreram após o recebimento dos dados de entrada e/ou simplificações de modelagem. Recebidos os comentários com ajustes nas gerações, inicia o processo de fechamento de balanço de carga e geração e validação elétrica e hidráulica.

De posse da nova proposta de geração, é realizada a validação elétrica que pode apresentar violações dos limites elétricos, com isso serão necessários redespachos de geração para atender as restrições elétricas apresentadas. Resolvidas as restrições elétricas, é necessário fazer o fechamento de balanço carga e geração, onde podem ser necessários redespachos de aumento ou de diminuição de geração (restrições energéticas). O procedimento realizado para essas restrições, assim como as recomendações que devem ser seguidas pelas equipes de Tempo Real do ONS, são detalhados no relatório de Recomendações e Diretrizes Eletroenergéticas – RDE, publicado diariamente no Programa Diário da Operação – PDO, a saber:

5.1.1 Redespachos para solução de violações elétricas

No caso de violações por confiabilidade ou razão elétrica, local ou sistêmica, advindas de Instruções de Operação (IOs) ou intervenções em equipamentos (SGIs), o objetivo é seguir o menor redespacho possível, seja aumentando ou diminuindo geração, visando eliminar as violações elétricas e a manutenção da política operativa vigente de transferência de energia entre subsistemas que permitam minimizar o custo total da operação.

Para tal, são utilizadas tabelas de sensibilidades da variação da geração das usinas em relação ao fluxo de potência que deve ser controlado. As tabelas de sensibilidades são definidas no MPO e/ou SGI.

Primeiro, o ONS prioriza a utilização da geração hidráulica e elementos de fluxo controlado que, aumentando a geração, irão corrigir as violações

detectadas, visando ganho de limite elétrico, e por consequência, minimizando restrições de geração. Essa ação dependerá principalmente da disponibilidade do recurso, considerando suas restrições operativas e do impacto desta ação em outros limites.

Não havendo o recurso acima citado, a seleção das usinas/conjuntos restritos seguirá a ordem decrescente das tabelas de sensibilidade. Pode haver redespachos conflitantes, em casos que uma alteração para solução de um limite piore a condição de outro limite. Para evitar este comportamento, a programação diária avalia simultaneamente o impacto de todos os redespachos em todos os limites vigentes com o intuito de minimizar os montantes de MW reduzidos neste processo.

5.1.2 Redespachos para fechamento de balanço de carga e geração

Após retirada de todas as violações elétricas, inicia-se o processo final de fechamento do balanço de carga e geração. Neste processo, o aumento ou redução de geração deverá ser executado preservando a política operativa e sem trazer novas violações elétricas.

Especificamente, nos casos de excedente energético, ou seja, geração prevista maior do que a carga no SIN, é proposto redução de geração seguindo o critério:

- I. Redução de geração hidroelétrica, sem vertimento;
- II. Redução de geração termoeétrica despachada fora da ordem de mérito de custo, por ordem decrescente de custo. Destaca-se que o DESSEM já reduz a geração das usinas termelétricas preservando os requisitos de unit commitment. Com isso, apenas usinas que estão gerando para atendimento a alguma razão elétrica são mantidas.
- III. Redução de geração hidroelétrica com vertimento. Caso haja mais de uma usina com vertimento, a redução deverá ocorrer rateando proporcionalmente o montante de redução com a disponibilidade declarada de potência de cada usina, respeitando-se as restrições operativas e ambientais das usinas.
- IV. Esgotados todos os recursos acima, reduz-se a geração nas usinas/conjuntos eólicos e/ou solar fotovoltaicos, proporcional às suas disponibilidades.

Tais reduções são realizadas em todas as usinas do SIN para cada item citado, com exceções no caso de impedimentos elétricos e/ou riscos de segurança à operação. Por exemplo, um subsistema que esteja isolado dos demais não participará do rateio de redução de geração para evitar uma violação dos limites.

O ONS ressalta que a regra acima citada para restrições elétricas e restrições energéticas segue a carta CTA-ONS DOP 1571-2021, de 02/08/2021, regramento encaminhado para a ANEEL que explicita que “Tal ordenamento para redução ou limitação de geração foi proposto em uma condição de ausência de critérios e em uma situação de pouca capacidade instalada de geração eólica/fotovoltaica, associada ao conceito de inflexibilidade de tais fontes.” Qualquer evolução desse critério será tratada apenas com a publicação de um normativo relacionado à CP 45/2019 da ANEEL.

Atendidas todas as inequações elétricas e o fechamento de balanço carga-geração, o PDO é publicado via SINtegre para todos os agentes e disponibilizados para as Salas de Controle do ONS.

É importante ressaltar que a conservação dos recursos energéticos norteia todo o processo da Programação Diária visando o aumento da disponibilidade futura e à preservação das condições de atendimento. Esse processo está descrito no Submódulo 4.5 dos Procedimentos de Rede.

5.2 Programação de Intervenções em instalações da Rede de Operação

A gestão das intervenções em equipamentos de transmissão e geração do SIN é realizada pelo ONS a partir das solicitações cadastradas pelos agentes proprietários das instalações no Sistema de Gestão das Intervenções – SGI-OP.

Durante a análise de intervenções no sistema de transmissão, são realizados estudos elétricos que avaliam se existem contingências que possam implicar as seguintes condições:

- Sobrecargas de equipamentos da Rede de Operação, acima dos limites operativos definidos;
- Desempenho de tensão que não atenda o critério operativo sob contingência;
- Desempenho dinâmico do sistema que possa levar a oscilações de potência acima dos critérios de segurança.

Avalia-se se tais situações são passíveis de serem controladas com medidas preventivas de redespacho de geração, sendo então elaboradas inequações de monitoramento de carregamento, a serem observadas na fase de programação eletroenergética diária e monitoradas em tempo real.

Como procedimento padrão, as inequações são expressas em MW e inseridas nas Recomendações das Intervenções, assim como uma lista de pontos de conexão de geração, no entorno da influência na inequação, e suas respectivas sensibilidades de redespacho. Busca-se programar as

intervenções em períodos de tal modo que seja minimizada a necessidade de redespacho ou restrições de geração.

Os testes, restrições e indisponibilidades (programadas ou em emergência) nos equipamentos de geração pertencentes à rede de operação do SIN também podem interferir na política operativa e, portanto, a gestão destas intervenções energéticas é importante para a segurança e otimização dos recursos do sistema.

Nestas análises das intervenções energéticas são empregadas ferramentas de análise, com base nos dados do histórico operativo de variáveis como geração, demanda, afluência e fluxos de intercâmbio. Além dos dados históricos, são utilizadas, para um horizonte mais curto, projeções dos estudos da programação mensal da operação, simulações do modelo de previsão de geração de fonte eólica – WEOL, expectativas hidrometeorológicas para as principais regiões e bacias do SIN, a política operativa esperada para o período e estratégias específicas de otimização operativa das usinas hidrelétricas - UHE.

Desta forma, os agentes são orientados a fazerem a alocação das intervenções nos períodos mais favoráveis, sob a ótica do menor impacto para o SIN.

Importante destacar que as intervenções, quando caracterizadas como críticas por causarem riscos de danos a equipamentos e pessoas, são tratadas com rito específico nas etapas de programação e operação de tempo real.

Os submódulos dos 2.3 e 4.2, bem como a Rotina Operacional RO-EP.BR.01, dos Procedimentos de Rede, contêm os critérios para os estudos associados à Programação de Intervenções, que compõem o Módulo PDI (Programa Diário de Intervenções) do PDO (Programa Diário de Operação). Também são consideradas nas análises as informações contidas nos Submódulos 5.11 (Cadastros de Informações Operacionais) e 5.12 (Instruções de Operação) dos Procedimentos de Rede.

6 Operação em Tempo Real

O *curtailment* é observado na operação em tempo real por meio das restrições de geração eólica e/ou fotovoltaica. O CNOS coordena as ações relativas a essas restrições para os processos descritos a seguir.

6.1 Controle de Frequência (Motivo Energético)

Restrição característica dos períodos de carga leve/mínima, historicamente ocorrendo aos sábados, domingos e feriados, mas que tem se configurado com maior frequência também em dias úteis, em função da redução da carga líquida no período diurno, como consequência da

elevada penetração de geração solar fotovoltaica centralizada e proveniente de MMGD.

A restrição para o controle de frequência, classificada como motivo energético, é prevista na etapa de programação diária, com definição dos valores previstos de restrição por submercado e por fonte (eólica e fotovoltaica). A execução da restrição por motivo energético em tempo real é realizada utilizando-se os critérios estabelecidos pela Programação e observando-se as variáveis em tempo real, conforme segue.

O CNOS monitora a evolução para o esgotamento do recurso energético hidráulico e térmico para redução de geração no SIN, coordenando, na perspectiva do esgotamento, o início das restrições das gerações eólica e/ou fotovoltaica de forma a manter a margem de regulação do CAG, atendendo ao balanço carga/geração do SIN.

O esgotamento do recurso hidráulico e térmico é monitorado a partir das curvas de previsão de carga, gerações eólica e fotovoltaica disponibilizadas em tempo real. Além disso, há o monitoramento das restrições elétricas, que impactam a redução de geração em regiões e/ou áreas elétricas do SIN, assim como o atendimento ao número mínimo de unidades geradoras hidráulicas do submercado Sudeste/ Centro-Oeste.

A execução das restrições de geração eólica e/ou fotovoltaica é realizada pela aplicação Gerdin. O critério adotado para a restrição por motivo energético é o rateio em tempo real, aplicado a todos os conjuntos/usinas eólicas e fotovoltaicas do SIN, proporcional ao ponto de partida verificado no instante da restrição, exceto nos casos em que a parcela correspondente a determinado conjunto/usina possa provocar violação de limites de transmissão ou de outros critérios operativos, situação em que a parcela é ajustada. Este ponto de partida da restrição corresponde ao mínimo entre a geração verificada e o limite atual de cada conjunto/usina, caso o conjunto/usina já esteja sofrendo uma restrição no momento da restrição. Se não houver um limite atual, o ponto de partida da restrição é igual à geração atual do conjunto/usina.

A liberação das gerações eólica e/ou fotovoltaica ocorre durante a rampa de elevação natural da carga do SIN. Durante esse período, o CNOS coordena com os Centros Regionais a liberação das gerações eólica e fotovoltaica, simultaneamente ao sincronismo de unidades geradoras hidráulicas.

As liberações de geração eólica e/ou fotovoltaica também são calculadas pelo Gerdin e possuem como critério a liberação proporcional ao ponto de partida desta operação. O ponto de partida de uma liberação consiste na diferença entre a potência instalada e o limite atual de cada conjunto/usina. Durante esse processo, devido ao monitoramento constante de fluxos e

inequações, é possível que conjuntos de usinas passem a ter novas restrições para o controle dessas grandezas.

A solicitação da restrição ou elevação da geração calculada pelo Gerdin é entregue aos agentes por meio de mensagens da aplicação SINapse, que é a ferramenta computacional utilizada para comunicação por mensagem de texto pelos Centros de Operação do ONS, Centros de Operação dos Agentes e instalações de Agentes que não possuem Centro de Operação, para relacionamento com o ONS, no âmbito do Sistema Interligado Nacional – SIN. As mensagens informam o motivo da restrição de geração, o ponto de partida utilizado para o cálculo do rateio da restrição, bem como o valor do novo limite estabelecido para o conjunto/usina. Exceção deste exemplo de mensagem é a liberação total de geração de um conjunto/usina, quando a mensagem enviada ao conjunto/usina informa apenas o nome desta operação, encerrando a restrição previamente aplicada.

6.2 Controle de Inequações e Fluxos (Motivo Confiabilidade ou Elétrico Indisponibilidade)

Este processo é realizado para controlar o carregamento das inequações e fluxos constantes em Instruções de Operação Normal, Operação em Contingência e recomendações de intervenções em equipamentos do SIN.

Na operação atual têm-se observado duas situações apresentadas a seguir.

6.2.1 Controle de Inequações e Fluxos Regionais

Neste processo, o CNOS é informado pelos Centros Regionais sobre a necessidade de controle das inequações e fluxos regionais. Apesar de serem grandezas sob coordenação e controle dos Centros Regionais, os montantes de geração remanejados, além da influência dos elos de corrente contínua do Xingu nessas grandezas, requerem a ciência e atuação do CNOS.

As restrições de geração eólica e/ou fotovoltaica são executados pelo Gerdin, que calcula a mínima restrição necessária para a redução de fluxo/inequação solicitada. A restrição é calculada segundo a regra a seguir:

- Os conjuntos com sensibilidade ao fluxo/inequação controlado são agrupados por sensibilidade equivalente – isto é, valores considerados idênticos após o arredondamento da sensibilidade para um número inteiro – e ordenados de forma decrescente.
- Esgota-se a geração dos conjuntos em ordem decrescente da sensibilidade equivalente;

- Para o último grupo de conjuntos com o valor equivalente de sensibilidade, é realizado o rateio proporcional ao ponto de partida da restrição, caso não seja necessário esgotar a geração de todo o grupo para atingir a redução de fluxo/inequação solicitada.

Os valores de sensibilidade utilizados no cálculo são aqueles descritos no item 4.1.1- Tabelas de sensibilidades.

O Centro Regional classifica o motivo da restrição como confiabilidade, caso a inequação ou fluxo esteja estabelecida em Instrução de Operação Normal do Manual de Procedimentos da Operação, ou como indisponibilidade externa, caso a inequação ou fluxo esteja estabelecida ou exista penalização em recomendação de intervenção em execução no SIN.

A liberação da geração ocorre quando da redução observada nos fluxos e inequações, sendo realizada, também, pelo mesmo conjunto de aplicações e utilizando a ordem crescente de sensibilidade, de forma a manter a menor restrição possível para o controle das limitações, como segue:

- Os conjuntos com sensibilidade ao fluxo/inequação controlado são agrupados por sensibilidade equivalente e ordenados de forma crescente.
- Libera-se a geração das usinas/conjuntos em ordem crescente da sensibilidade equivalente;
- Para o último grupo de conjuntos com o valor equivalente de sensibilidade, é realizado o rateio proporcional ao ponto de partida da restrição, caso a elevação de fluxo/inequação solicitada não permita a liberação total da geração do grupo.

Assim como apresentado no item 6.1, a solicitação da restrição ou elevação da geração por motivo de confiabilidade ou indisponibilidade externa é calculada pelo Gerdin e entregue aos agentes por meio de mensagens da aplicação SINapse.

6.2.2 Controle de Inequações e Fluxos Sistêmicos

Neste processo, o CNOS monitora e atua diretamente, a partir da coordenação com os Centros Regionais nos redespachos de geração e alteração da potência dos ELOs de corrente contínua do Xingu, no controle das inequações e fluxos sistêmicos.

A execução das restrições de geração eólica e/ou fotovoltaica é realizada pelo conjunto de aplicações Gerdin/SINapse e possui como critério a restrição de geração pela sensibilidade equivalente nas inequações e fluxos, sendo priorizados aqueles conjuntos com maior sensibilidade,

conforme apresentado no item anterior (6.2.1- Controle de Inequações e Fluxos Regionais).

O CNOS classifica o motivo da restrição como confiabilidade, caso a inequação ou fluxo esteja estabelecida em instrução de operação normal do Manual de Procedimentos da Operação, ou como indisponibilidade externa, caso a inequação ou fluxo esteja estabelecida ou exista penalização em recomendação de intervenção em execução no SIN.

A liberação da geração ocorre quando da redução observada nos fluxos e inequações, sendo realizada, também, pelo mesmo conjunto de aplicações e utilizando a ordem crescente de sensibilidade equivalente de forma a manter a menor restrição possível para o controle das limitações, conforme apresentado no item anterior (6.2.1- Controle de Inequações e Fluxos Regionais).

6.3 Coordenação das Restrições entre Centro Nacional e Centros Regionais

Para o controle de violações de inequações e fluxos concorrentes e simultâneos é necessário a coordenação entre Centro Nacional e Centros Regionais para realizar a otimização da restrição de geração eólica e/ou fotovoltaica, de forma a controlar as violações, considerando todo o conjunto do recurso de geração do SIN e transmissão do ELO de corrente contínua do Xingu.

6.4 Classificação do motivo da restrição

Os centros de operação do ONS classificam o motivo da restrição com base na condição limitante vigente a cada momento. Desta forma, é possível que as classificações dos motivos das restrições sejam atualizadas ao longo do dia, à medida que o ponto de operação do sistema muda e exige ações para controle da frequência, carregamentos de equipamentos, inequações e/ou fluxos sistêmicos de energia entre regiões. Nesses casos, o ponto de partida do valor de geração dos conjuntos de usinas e/ou usinas envolvidos, para o novo motivo da restrição, é o limite que estava sendo adotado para a restrição anterior. Dessa forma, no caso específico de classificações por indisponibilidade externa, é necessário que os fluxos estabelecidos em uma intervenção sejam os fatores limitantes vigentes; a simples existência da intervenção não é suficiente para que uma restrição receba essa classificação.

7 Apuração de Restrições de Geração

Em pós-operação, o *curtailment* é observado no processo de apuração de restrição de geração eólica e fotovoltaica, cujos critérios são relacionados a seguir.

Em atendimento à Resolução Normativa ANEEL nº 1.030, de 26 de julho de 2022, o ONS realiza a classificação dos eventos de restrição de operação por *constrained-off* das usinas e conjuntos de usinas eólicas e fotovoltaicas despachadas centralizadamente.

O processo de apuração de restrição de geração de usinas e conjuntos eólicos e fotovoltaicos é operacionalizado por meio do Submódulo 6.5 dos Procedimentos de Rede e da Rotina Operacional RO-AO.BR.13, integrante do Manual de Procedimentos da Operação – MPO, que identificam as atribuições e prazos do ONS e dos Agentes envolvidos.

A apuração é realizada através do módulo de Apuração de Renováveis do sistema de apuração específico SAGER, em que os Agentes Operadores das usinas e conjuntos participam do processo, recebendo as informações apresentadas pelo ONS, consolidando, dirimindo dúvidas e indicando possíveis inconsistências nos dados.

Conforme descrito nas seções anteriores, o comando de limitação de geração é enviado aos Agentes Operadores das usinas e conjuntos eólicos e fotovoltaicos pela equipe de Tempo Real do ONS através do sistema SINapse. Neste sistema, além de enviar o valor de limitação, é encaminhado adicionalmente o motivo com o detalhamento da informação referente à necessidade de restrição de geração. Em ambiente de pós-operação, o trabalho diário compreende coleta e consistência dos dados, com base nos dados disponíveis nos sistemas de suporte à operação, nas informações registradas em tempo real pelos operadores de sistema e nos dados complementares informados pelos Agentes. Nesta consistência de primeiro nível, a equipe de pós-operação identifica a necessidade de ajustes ou detalhamento dos dados registrados pela equipe de tempo real, quando pertinente.

Conforme a regulação vigente, o ONS deverá classificar os eventos de restrição de operação por *constrained-off* de usinas ou conjuntos de usinas eólicas e fotovoltaicas de acordo com sua motivação em:

I - Razão de indisponibilidade externa: motivados por indisponibilidades em instalações externas às respectivas usinas e/ou conjuntos de usinas eólicas e/ou fotovoltaicas.

II - Razão de atendimento a requisitos de confiabilidade elétrica: motivados por razões de confiabilidade elétrica dos equipamentos pertencentes a instalações externas às respectivas usinas e/ou conjuntos de usinas eólicas e/ou fotovoltaicas e que não tenham origem em indisponibilidades dos respectivos equipamentos.

III - Razão energética: motivados pela impossibilidade de alocação de geração de energia na carga.

Para fins de pagamento de ESS pela CCEE, o ONS realiza o cálculo da geração de referência final de energia decorrente de evento de restrição de operação por constrained-off das usinas ou conjuntos de usinas eólicas ou fotovoltaicas, classificado como razão de indisponibilidade externa.

Para a apuração dos valores de referência de geração final, o ONS considera:

- Curva de produtividade da usina eólica, que relaciona a potência de saída da usina e a velocidade do vento, conforme Submódulo 2.4 dos Procedimentos de Rede – Critérios para estudos energéticos e hidrológicos;
- Segundo menor valor de energia gerada nos 10 períodos imediatamente anteriores coincidentes com o horário da restrição de operação em análise, excluindo os períodos em que eventualmente tenham ocorrido eventos de constrained-off;
- função de produtividade da usina fotovoltaica, que relaciona a potência de saída da usina e a medição solarimétrica, conforme Submódulo 2.4 dos Procedimentos de Rede – Critérios para estudos energéticos e hidrológicos;
- média aritmética entre os quinto e sexto valores ordenados de energia gerada nos 10 períodos imediatamente anteriores coincidentes com o horário da restrição de operação em análise, excluindo os períodos em que eventualmente tenham ocorrido eventos de constrained-off;
- a garantia física da usina eólica ou fotovoltaica;
- disponibilidade eletromecânica;
- valor do vento verificado, em tempo real, no sistema de supervisão dos centros de operação;
- medição solarimétrica verificada, em tempo real, no sistema de supervisão dos centros de operação;
- geração verificada; e
- registro dos valores de limitação de geração solicitados em tempo real pelo ONS.

O valor da geração de referência final, resultado do menor valor entre a disponibilidade e o valor de geração de referência, calculado a partir da curva ou função de produtividade, é rateado de forma proporcional à capacidade instalada de cada usina eólica ou fotovoltaica, em operação comercial, integrante do conjunto.

Nos casos em que a curva de produtividade estiver em elaboração, o valor da referência de geração será o segundo menor valor de energia gerada nos 10 (dez) períodos imediatamente anteriores coincidentes com o horário da restrição de operação em análise. Considera-se como períodos imediatamente anteriores coincidentes com o horário da restrição de operação o lapso temporal correspondente ao evento de restrição de operação por constrained-off das usinas ou conjunto de usinas eólicas.

Caso os 10 (dez) períodos de que trata o parágrafo anterior incorporem data anterior à entrada em operação comercial da usina, a garantia física da usina eólica será adotada para completar o período.

Nos casos em que a função de produtividade estiver em elaboração, o valor da referência de geração será a média aritmética entre os quinto e sexto valores ordenados de energia gerada nos 10 (dez) períodos imediatamente anteriores coincidentes com o horário da restrição de operação em análise. Considera-se como períodos imediatamente anteriores coincidentes com o horário da restrição de operação o lapso temporal correspondente ao evento de restrição de operação por constrained-off das usinas ou conjunto de usinas fotovoltaicas.

Caso os 10 (dez) períodos de que trata o parágrafo anterior incorporem data anterior à entrada em operação comercial da Central Geradora Fotovoltaica, a garantia física desta Central será adotada para completar o período.

Para a classificação do motivo de restrição de geração, conforme estabelecido na Resolução Normativa ANEEL nº 1030/2022, o ONS definiu critérios para as regras de apuração, detalhadas a seguir.

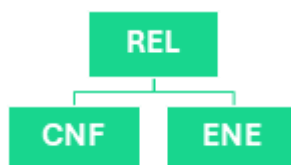
7.1 Ordem de prioridade das restrições de geração

Com o apoio de ferramentas computacionais, a equipe de tempo real do ONS verifica a necessidade de limitação de geração e envia o comando de restrição de geração com as informações de montante a ser restrito, motivo e detalhamento através do sistema de mensageria SINapse. Para fins de apuração, é considerado o horário de confirmação de recebimento da mensagem no SINapse pelo Agente Operador. A necessidade de restrição, bem como os motivos, pode variar ao longo do dia, implicando registros com classificação, duração e valores diferentes dentro do patamar de 30 minutos, utilizado na apuração.

No caso em que há mais de um motivo de restrição de geração dentro do mesmo patamar semi-horário para a mesma usina/conjunto, segue-se a ordem de prioridade:

Em um mesmo patamar de apuração, quando há simultaneidade no motivo de limitação de geração, há prevalência da titulação por

indisponibilidade externa (REL) sobre as demais razões, independente da duração:



Quando há simultaneidade entre as razões de confiabilidade (CNF) e energética (ENE), a titulação é dada pela motivação que teve maior duração:



Para encaminhamento das informações do processo de apuração do constrained-off das usinas eólicas e fotovoltaicas para a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, em base horária, a mesma ordem de prioridade é adotada: a razão por indisponibilidade externa prevalece sobre a razão por confiabilidade elétrica que, por sua vez, prevalece sobre a razão por motivo energético.

7.2 Qualidade dos dados meteorológicos

O segundo critério a ser abordado está relacionado à qualidade dos dados de vento e irradiância, encaminhados em tempo real, pelo Agente.

Os dados de geração verificada, disponibilidade, vento e irradiância são encaminhados pelo Agente ao ONS através do sistema de supervisão e controle. Em ambiente de pós-operação, os dados de vento verificado de cada usina eólica são aplicados às respectivas curvas de produtividade. De forma análoga, os dados de irradiância verificada de usina fotovoltaica são aplicados às respectivas funções de produtividade. Esse cálculo implica o valor da geração de referência por usina. O resultado da geração de referência do conjunto de usinas eólicas ou fotovoltaicas será a soma dos valores de geração de referência das usinas que compõem o conjunto.

Para o cálculo da geração de referência de cada usina que possua curva ou função de produtividade válida, verifica-se a qualidade do dado de vento ou irradiância. Caso a qualidade dos dados de vento ou irradiância seja insatisfatória, como dados inválidos ou congelados, por seis minutos consecutivos, dentro do patamar semi-horário, o valor de geração de referência da usina é zero e esse valor não é considerado no cálculo da geração de referência do conjunto.

A partir da revisão 07 da Rotina Operacional RO-AO.BR.13, com vigência em 12/05/2025, é possível a substituição de dados inválidos de vento, irradiância e disponibilidade eletromecânica, em ambiente de pós-

operação, sendo mantido um acompanhamento de tal ação para que não haja comprometimento no envio dos dados com qualidade em tempo real.

7.3 Perda da curva de produtividade ou função de produtividade

O processo de construção e atualização das curvas de produtividade para as usinas eólicas e das funções de produtividade para as usinas fotovoltaicas, realizado pela Gerência de Metodologias e Modelos Energéticos – PEM, utiliza os dados de vento e irradiância, encaminhados pelo Agente ao ONS, pelo sistema de supervisão e controle. Para as usinas em operação comercial há mais de um ano, a atualização ocorre uma vez a cada ano. Para as usinas que não possuem um ano em operação comercial, a atualização é mensal até que um ano seja atingido, conforme a REN ANEEL nº 1.030/2022.

A falta de qualidade suficiente dos dados meteorológicos implica a impossibilidade da elaboração da curva de produtividade ou da função de produtividade. Os arquivos com a análise dos dados das usinas do Agente, utilizados no processo de construção da curva ou da função de produtividade, são disponibilizados pelo ONS no SINtegre.

Para as usinas que deixam de ter curva ou função de produtividade válidas, o cálculo da geração de referência é realizado pelo critério dos 10 (dez) períodos imediatamente anteriores coincidentes com o horário da restrição de operação em análise:

- Para as usinas eólicas: o valor de referência será o segundo menor valor e
- Para as usinas fotovoltaicas: média aritmética entre os quinto e sexto valores ordenados de energia gerada.

7.4 Tolerância de 5% ou 5 MW

O processo de apuração de restrição de operação por constrained-off de usinas eólicas e usinas fotovoltaicas é realizado, diariamente, em patamares de 30 minutos. Para verificação de atendimento de restrição de geração do conjunto eólico ou fotovoltaico ao comando do ONS em cada patamar, para o caso de razão por indisponibilidade externa, foi estabelecido na Rotina Operacional RO-AO.BR13, dos Procedimentos de Rede, o critério de tolerância de 5% ou 5MW. Esse critério foi recentemente alterado (revisão 8 da referida rotina operacional).

8 Conclusões

A crescente participação das fontes de geração eólica e fotovoltaica, na capacidade instalada no SIN, aumenta o desafio operacional na gestão de excedentes energéticos.

Frente a esse novo cenário, o ONS visa reforçar continuamente a eficiência e a resiliência da operação do sistema, ao mesmo tempo em que busca minimizar os impactos das restrições de geração para os agentes.

As ações realizadas pelo ONS, no dia a dia da operação do SIN, permeiam as atividades de planejamento, programação, procedimentos, tempo real e de pós-operação, sempre no sentido de garantir a segurança eletroenergética ao menor custo, e são fundamentais para alinhar a operação do SIN ao atual cenário de transição energética.

Por fim, cumpre ressaltar que o ONS também vem empreendendo esforços junto à governança setorial do SEB, mediante a implementação de medidas operacionais e participações em discussões junto aos agentes e entidades setoriais, na busca por soluções mitigadoras e aprimoramentos normativos e regulatórios.

9 Anexo 1 – Fluxograma do processo de *curtailment*

