

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

CONSIDERAÇÃO DE REGRAS OPERATIVAS ESTABELECIDAS EM RESOLUÇÕES DA ANA NA OPERAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE USINAS HIDROELÉTRICAS DO SIN

*Pedro de Souza Garrido Neto^{1a}; Dayana Martins Nunes^{1b}; Maria de Jesus Delmiro Rocha^{1c} &
Simone Borim da Silva^{1d}*

Abstract: There are six catchments under resolutions established by the Brazilian National Water and Basic Sanitation Agency (ANA) that, currently, impose operational rules for hydropower plant reservoirs of the National Interconnected System (SIN). This paper aims to present how the National System Operator (ONS) considers the operational rules of these resolutions related to limitations on maximum outflow based on the reservoir storage level in the processes of programming and real-time operation. The application of the methodology was expressed in three stages: performing a hydraulic simulation to define the reservoir's operating situation; register the hydraulic operating condition (COPHI) associated with the limitation of maximum outflow; and confirming the simulated value with the verified data. As a result, it was presented the study case for the PMO of January 2025, in which 12 COPHIs of maximum outflow limitations were registered based on the application of the operational rules contained in ANA regulations. It is noteworthy that the representation of outflow limitations through the representation of hydraulic operating conditions allows the incorporation of these operating rules in the processes performed by the ONS.

Resumo: Atualmente, há seis bacias hidrográficas que possuem resoluções estabelecidas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) que estabelece regras operativas para reservatórios de usinas hidroelétricas que integram o Sistema Interligado Nacional (SIN). Este trabalho tem como objetivo apresentar como o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) considera as regras operativas dessas resoluções que estão relacionadas à limitação de defluência máxima em função do nível de armazenamento do reservatório nos processos de programação da operação e de coordenação da operação em tempo real. A metodologia é baseada em três etapas: realização de simulação hidráulica para avaliação da faixa operativa do reservatório; declaração do condicionante operativo hidráulico (COPHI) associado à limitação da defluência máxima; e verificação do valor cadastrado a partir de simulação com o dado verificado. Como resultado foi apresentado o caso para o PMO do mês de janeiro de 2025, no qual houve o cadastro de 12 COPHIs de limitações de defluências máximas em função da aplicação das regras operativas que constam em normativos da ANA. Destaca-se que a representação das limitações de defluências por meio do cadastro de condicionantes operativos hidráulicos permite a representação dessas regras operativas nas atividades desempenhadas pelo ONS.

Palavras-Chave – Operação de reservatórios. Regras operativas. Usinas hidroelétricas.

1) Afiliação: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Rua Júlio do Carmo, 251 – Centro, Rio de Janeiro, RJ.
E-mails: (a) pedro.garrido@ons.org.br; (b) dayana.martins@ons.org.br; (c) maria.delmiro@ons.org.br; e (d) simone.bs@ons.org.br.

INTRODUÇÃO

Em 1998, com a promulgação da Lei nº 9.648, foi criado o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, fiscalizado e regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), com diversas atribuições, dentre as quais se destacam a coordenação e controle da operação da geração e da transmissão de energia elétrica integrantes do Sistema Interligado Nacional (SIN); e o planejamento e a programação da operação e o despacho centralizado da geração, com vistas a otimização dos sistemas eletroenergéticos interligados (Brasil, 1998).

Cerca de dois anos após a criação do ONS, em 2000, foi criada através da Lei nº 9.984, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Cabe destacar que em sua lei de criação fica estabelecido que a Agência possui a atribuição de definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas e que essa atribuição deve ser feita, nos casos em que os reservatórios são de aproveitamentos hidroelétricos, em articulação com o ONS (Brasil, 2000).

No contexto de ocorrência de severa situação de escassez hídrica na Região Sudeste do País no período de 2013 a 2015 (Ferreira, 2023; Mendonça e Gonçalves, 2017; Neves e Vilanova, 2021), foi estabelecida a primeira resolução da ANA, de caráter estrutural, com a definição de regras operativas para reservatórios de usinas hidroelétricas (UHEs) que integram o SIN na bacia do rio Paraíba do Sul, visando garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos na bacia. Após ampla discussão da ANA com diversos atores que tinham envolvimento com as questões de usos múltiplos da bacia, incluindo, dentre vários, os comitês de bacia, os órgãos estaduais gestores de recursos hídricos² e o ONS, foi promulgada, em 7 de dezembro de 2015, a Resolução Conjunta ANA/DAEE/IGAM/INEA nº 1.382.

Ao longo dos anos, outras resoluções da ANA, com caráter estrutural, foram criadas com o estabelecimento de regras operativas para diversos aproveitamentos hidroelétricos que integram o SIN. Esses regramentos possuem o objetivo de garantir os usos múltiplos da bacia, sendo a geração de energia por meio de usinas hidroelétricas um deles. Nesse sentido, cabe salientar que houve contribuições do ONS durante a etapa de elaboração desses normativos, e de diversos outros atores relacionados com os usos da água nessas bacias (incluindo até a realização de Consultas Públicas), as quais foram encaminhados e avaliados pela ANA.

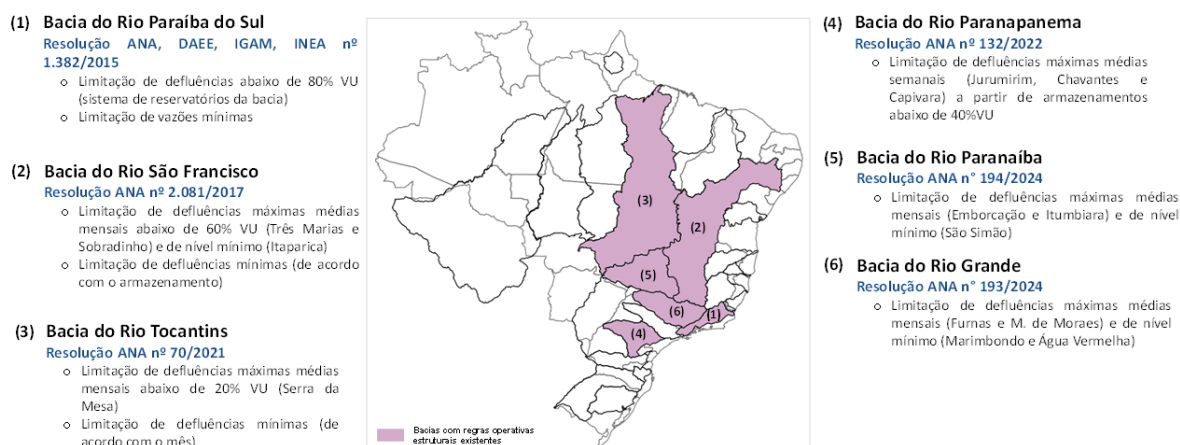
Atualmente, há seis bacias hidrográficas que possuem resoluções estabelecidas pela ANA. Na Figura 1 são apresentadas essas bacias e suas respectivas resoluções que se encontram vigentes, com um breve resumo de algumas regras que nelas constam.

Destaca-se que cada resolução tem suas especificidades, de modo a abarcar diversas questões de usos múltiplos que há na bacia. Exemplos disso são: a previsão de realização de pulsos no rio São Francisco, na Resolução ANA nº 2.081/2017 e regras para tratar do período de Temporada de Praias nos Estados do Tocantins e Maranhão, na Resolução ANA nº 70/2021. Porém, com exceção da Resolução nº 1.382/2015, constam nas demais resoluções, além de regras relacionadas com questões

² Participaram os seguintes órgãos gestores estaduais de recursos hídricos: por São Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE); por Minas Gerais: Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM); e pelo Rio de Janeiro: Instituto Estadual do Ambiente (INEA).

específicas de cada bacia, regras operativas que estabelecem alguma limitação de defluência máxima no reservatório da usina em função de consulta ao armazenamento do reservatório em um dia determinado.

Figura 1 – Indicação de bacias hidrográficas que integram o SIN para as quais há resoluções da ANA.



Dada a existência dessas regras estruturais, a consideração delas nos processos de programação da operação e coordenação da operação em tempo real desempenhados pelo ONS é fundamental. Nesse sentido, essas regras precisam constar nos modelos de otimização eletroenergéticos utilizados pelo ONS nos processos de planejamento e de programação da operação (NEWAVE, DECOMP e DESSEM) e estarem claras para nortear a coordenação da operação em tempo real.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo apresentar como o ONS considera nos processos de planejamento e programação da operação, além da coordenação da operação em tempo real as regras operativas definidas em resoluções da ANA que são do tipo “em função de consulta ao armazenamento do reservatório em um determinado dia, há alguma limitação de defluência máxima”.

METODOLOGIA

Área de estudo

Neste trabalho, a área de estudo é composta pelas bacias hidrográficas nas quais há resoluções estruturais estabelecidas pela ANA que definem regras operativas que “em função de consulta ao armazenamento do reservatório em um determinado dia, há alguma limitação de defluência máxima”, para reservatórios de usinas hidroelétricas que são despachadas de forma centralizada pelo ONS. Assim, a área de estudo fica limitada às seguintes bacias hidrográficas e usinas hidroelétricas:

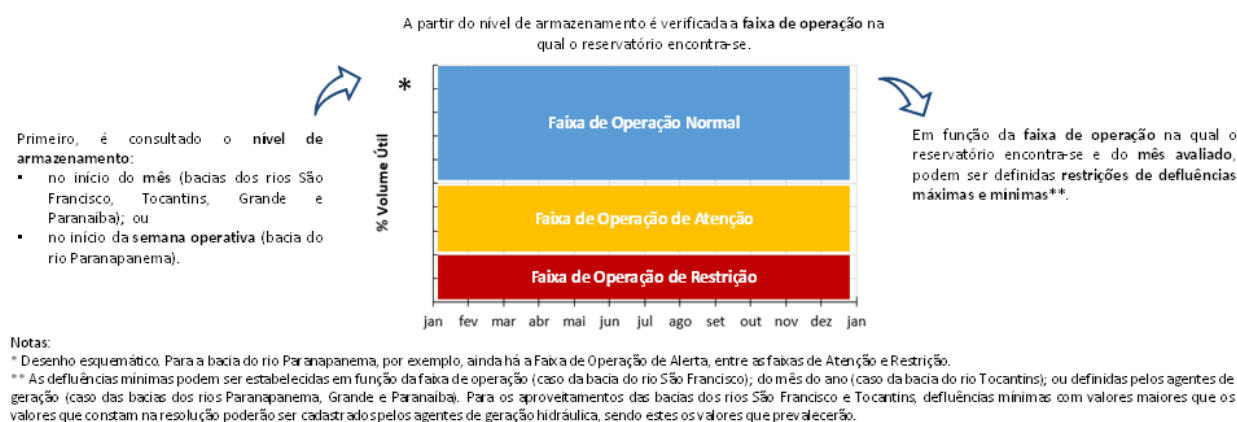
- Bacia do rio São Francisco: UHEs Três Marias e Sobradinho/Xingó;
- Bacia do rio Tocantins: UHE Serra da Mesa;
- Bacia do rio Paranapanema: UHEs Jurumirim, Chavantes e Capivara;
- Bacia do rio Paranaíba: UHEs Emborcação e Itumbiara; e
- Bacia do rio Grande: UHEs Furnas e Marechal Mascarenhas de Moraes.

Método de aplicação das regras operativas

Para os reservatórios das usinas hidroelétricas indicados na “área de estudo”, a consideração de suas regras operativas oriundas de resoluções estabelecidas pela ANA é feita seguindo-se as três etapas relacionadas a seguir. Cumpre destacar que o método é aplicado uma vez por mês para todos os reservatórios na semana de realização do Programa Mensal da Operação (PMO)³; e uma vez por semana para os reservatórios das UHEs Jurumirim, Chavantes e Capivara, no contexto das revisões semanais do PMO.

1ª Etapa: realização de simulações hidráulicas mensais/semanas para estimar os armazenamentos dos reservatórios em início de meses ou semanas operativas; e consulta, considerando os resultados das simulações hidráulicas, de qual faixa operativa o reservatório deverá estar ao longo do mês ou da semana, conforme desenho esquemático que consta na Figura 2. Essas simulações são realizadas a partir de dados diários de previsão de vazão e considerando uma política operativa estimada inicialmente, para fins de simulação hidráulica, ao longo do mês.

Figura 2 – Desenho esquemático de como as regras operativas são aplicadas aos reservatórios de usinas hidroelétricas que integram o SIN.



2ª Etapa: são declarados pelo ONS através do sistema FSARH⁴, os condicionantes operativos hidráulicos (COPHIs), do tipo “diretrizes operativas”, relacionados às limitações que vêm da aplicação da regra operativa (1ª Etapa) para consideração pelos modelos eletroenergéticos no planejamento e programação da operação, além da coordenação da operação em tempo real.

3ª Etapa: são verificadas necessidades de revisão nas declarações, caso os valores obtidos na simulação sejam diferentes dos valores verificados e, por conta disso, pode ocorrer alteração da Faixa de Operação pré-definida.

³ As reuniões do PMO de um dado mês geralmente ocorrem nas últimas quintas e sextas do mês anterior; e, as reuniões semanais de revisões do PMO de um dado mês ocorrem geralmente nas sextas de cada semana do mês.

⁴ FSARH – Sistema de Gestão da Atualização de Restrições Hidráulicas. Disponível em: [https://integracaoagentes.ons.org.br/FSARH-SitePages/Exibir_Forms_FSARH.aspx](https://integracaoagentes.ons.org.br/FSARH/SitePages/Exibir_Forms_FSARH.aspx). O acesso ao sistema FSARH requer cadastro do usuário no Portal SINtegre do ONS.

RESULTADOS

A aplicação dessa metodologia, com o objetivo de apresentar como o ONS considera nos processos de planejamento e programação da operação, além da coordenação da operação em tempo real, esse tipo de regras operativas que constam em resoluções da ANA, considerando os reservatórios indicados na “área de estudo”, será apresentada a partir de um caso de exemplo realizado no **PMO de janeiro de 2025**.

Realização de simulações hidráulicas e verificação das faixas de operação

Foram realizadas simulações hidráulicas, no final do mês de dezembro de 2024, a partir de 20/12/2024 com horizonte de 43 dias a frente, com o objetivo de estimar os armazenamentos, em percentual de volume útil (% VU) dos reservatórios, no início de janeiro e fevereiro de 2025, a partir dos quais é realizada a consulta das faixas operativas dos reservatórios para esses meses e definição de suas respectivas limitações de vazões defluentes máximas. Essas limitações foram consideradas, para o PMO de janeiro de 2025, nas etapas de planejamento, programação e operação em tempo real, no 1º mês do PMO (janeiro de 2025), e para o 2º mês do PMO (fevereiro de 2025). Destaca-se que a consulta do armazenamento é feita considerando o volume útil que inicia o mês de interesse (1º mês do PMO) e o mês imediatamente subsequente (2º Mês do PMO), com exceção dos reservatórios das UHEs Jurumirim, Chavantes e Capivara, que as consultas são realizadas no início da semana operativa, que se iniciam a 0h dos sábados.




Os resultados das simulações hidráulicas são divulgados no Portal SINtegre do ONS, por meio do produto “Diretrizes operativas hidráulicas para modelos eletroenergéticos”⁵, a cada PMO e suas revisões.

Para todos os reservatórios avaliados, quando se encontram na Faixa de Operação Normal (Figura 2), não há limitação de defluência máxima a ser praticada nas usinas, excetuando-se para os reservatórios das UHEs Emborcação, Itumbiara e Furnas, no período seco (de maio a novembro), quando as defluências ficam limitadas às vazões máximas turbinadas estabelecidas em suas respectivas outorgas. Quando os armazenamentos reduzem para as demais faixas de operação, há limitações que precisam ser cadastradas como COPHIs no sistema FSARH de modo a serem consideradas nos três modelos eletroenergéticos e pelos processos de programação diária e coordenação da operação em tempo real.

A Figura 3, a seguir, apresenta o resumo dos armazenamentos previstos para o início do primeiro mês e do segundo mês, bem como as respectivas faixas operativas, resultantes das simulações hidráulicas realizadas no PMO de janeiro de 2025. Pode-se observar que alguns reservatórios permanecem na mesma faixa operativa no horizonte dos dois meses avaliados, enquanto outros alternam de faixa ao início do primeiro mês, tais como Três Marias e Furnas que saem da Faixa de Operação em Atenção para a Faixa de Operação Normal.

⁵ Disponível em: <https://sintegre.ons.org.br/sites/9/40/paginas/servicos/historico-de-produtos.aspx?produto=Diretrizes%20operativas%20hidr%C3%A1ulicas%20para%20modelos%20eletroenerg%C3%A9ticos>

Figura 3 – Armazenamentos previstos para o 1º e 2º mês do PMO de janeiro de 2025, resultantes das simulações hidráulicas, com indicação das faixas de operação para cada mês ou semana operativa.

Bacia do rio São Francisco	Três Marias	Sobradinho	Bacia do rio Paranapanema	Jurumirim	Chavantes	Capivara
02/01/2025	49,5%	48,0%	28/12/2024 a 03/01/2025	46,6%	58,1%	76,9%
01/02/2025	74,8%	54,1%	04/01/2025 a 10/01/2025	49,0%	59,1%	79,1%
Bacia do rio Tocantins	Serra da Mesa		11/01/2025 a 17/01/2025	50,8%	59,8%	78,6%
02/01/2025	55,0%		18/01/2025 a 24/01/2025	52,5%	60,4%	77,5%
01/02/2025	59,4%		25/01/2025 a 31/01/2025	55,0%	60,9%	76,1%
Bacia do rio Grande	Furnas	M. Moraes	01/02/2025	56,5%	61,5%	75,1%
01/01/2025	39,1%	72,7%	Observações: 1) Para as bacias dos rios São Francisco e Tocantins, a consulta de armazenamento é realizada no 1º dia útil do primeiro mês do PMO; 2) Para a bacia do rio Paranapanema, o 1º mês do PMO é discretizado em semanas operativas, as quais se iniciam aos sábados e terminam às sextas-feiras. A cada revisão do PMO, as simulações são atualizadas.			
01/02/2025	50,2%	73,7%				
Bacia do rio Paranaíba	Emborcação	Itumbiara	Legenda:  Faixa de Operação Normal  Faixa de Operação de Atenção  Faixa de Operação de Restrição			
01/01/2025	37,4%	55,3%				
01/02/2025	43,9%	65,9%				

Declaração dos condicionantes operativos hidráulicos

A seguir, têm-se o detalhamento das COPHIs que foram cadastradas para a representação desse tipo de regras operativas que constam em resoluções da ANA nos processos de planejamento e programação da operação, além da coordenação da operação em tempo real.

a) Para consideração no DESSEM (modelo de curtíssimo prazo), Programação Diária e Tempo Real (1º mês)

Foram cadastrados COPHIs do tipo “diretrizes operativas” de vazão defluente máxima para os reservatórios das UHEs Três Marias, Xingó (em função da faixa operativa de Sobradinho), Furnas e Emborcação. Na Figura 4 consta ilustração dos cadastros que foram realizados para o primeiro mês.

Figura 4 – Diretrizes operativas de vazão defluente máxima cadastrados pelo ONS, através do sistema FSARH, para consideração das regras operativas das resoluções da ANA pelo modelo DESSEM, programação diária e tempo real, no âmbito do PMO de janeiro de 2025.

Diretrizes Operativas	1º Mês - Janeiro				
DESSEM / PROGRAMAÇÃO DIÁRIA / TEMPO REAL	Defluente máxima média mensal (m³/s)				
	Reservatório	Faixa	Valor	FSARH	Valor Revisto / FSARH
	Três Marias	Atenção	350	7288/24	400 / 7344/25
	Xingó	Atenção	1050	7289/24	
	Serra da Mesa	Normal	-	-	
	Jurumirim	Normal	-	-	
	Chavantes	Normal	-	-	
	Capivara	Normal	-	-	
	Furnas	Atenção	500	7300/24	
	M. Moraes	Normal	-	-	
	Emborcação	Atenção	140	7301/24	
	Itumbiara	Normal	-	-	

b) Para consideração no DECOMP (modelo de curto prazo) e NEWAVE (modelo de médio prazo) (1º e 2º meses)

Foram cadastrados COPHIs do tipo “diretrizes operativas” de vazão turbinada máxima para os reservatórios das UHEs Três Marias, Xingó (em função da faixa operativa de Sobradinho), Furnas e Emborcação. Na Figura 5 consta ilustração dos cadastros que foram realizados para o primeiro e segundo meses.

Figura 5 – Diretrizes operativas de vazão turbinada máxima cadastrados pelo ONS, através do sistema FSARH, para consideração das regras operativas das resoluções da ANA pelos modelos DECOMP e NEWAVE, para o 1º e 2º mês do PMO de janeiro de 2025.

Diretrizes Operativas	1º Mês - Janeiro					2º Mês - Fevereiro			
DECOMP / NEWAVE 1º e 2º MÊS	Turbinada máxima média mensal (m³/s)					Turbinada máxima média mensal (m³/s)			
	Reservatório	Faixa	Valor	FSARH	Valor Revisto / FSARH	Reservatório	Faixa	Valor	FSARH
	Três Marias	Atenção	350	7287/24	400 / 7345/25	Três Marias	Normal	-	-
	Xingó	Atenção	1050	7294/24		Xingó	Atenção	1100	7295/24
	Serra da Mesa	Normal	-	-		Serra da Mesa	Normal	-	-
	Jurumirim	Normal	-	-		Jurumirim	Normal	-	-
	Chavantes	Normal	-	-		Chavantes	Normal	-	-
	Capivara	Normal	-	-		Capivara	Normal	-	-
	Furnas	Atenção	500	7302/24		Furnas	Normal	-	-
	M. Moraes	Normal	-	-		M. Moraes	Normal	-	-
	Emborcação	Atenção	140	7303/24		Emborcação	Atenção	140	7304/24
	Itumbiara	Normal	-	-		Itumbiara	Normal	-	-

Destaca-se que as limitações de vazões defluente máximas, oriundas das regras operativas estabelecidas nas resoluções da ANA, são representadas pelos modelos eletroenergéticos DECOMP e NEWAVE como vazões turbinadas máximas, em função de estudos realizados pelo Grupo de Trabalho de Restrições Hidráulicas (GT RH) no âmbito do CT

PMO/PLD⁶, que tiveram como objetivo aprimorar a representação desse tipo de condicionante operativo na cadeia de modelos eletroenergéticos. Este aprimoramento foi incorporado nos processos do ONS desde o PMO de janeiro/2024.

Verificação da necessidade de revisão nas declarações

Para a Faixa de Operação em Atenção dos reservatórios da bacia do rio São Francisco, as limitações de vazão máxima são obtidas a partir de Curvas de Segurança elaboradas pelo ONS, conforme determinado pela Resolução ANA n° 2.081/2017. Tais curvas estabelecem, para cada mês do período hidrológico da bacia (dezembro a novembro), as limitações de vazão máxima média mensal em função do armazenamento dos reservatórios.

Considerando a Curva de Segurança da bacia do rio São Francisco estabelecida para o período hidrológico 2024-2025 (ONS, 2024), e conforme apontado nas Figuras 4 e 5, para a UHE Três Marias o valor de armazenamento observado no 1° útil de janeiro de 2025 implicou na alteração da limitação de vazão máxima declarada no âmbito do PMO de janeiro/2025. Desta forma, e conforme descrito no item “3ª Etapa” da Metodologia deste trabalho, as declarações FSARH 7288/24 (contida na Figura 4) e FSARH 7287/24 (contida na Figura 5), que limitam a vazão máxima em 350 m³/s, foram encerradas e substituídas pelas declarações 7344/25 e 7345/25, respectivamente, com limitação de vazão máxima de 400 m³/s para o 1° mês (janeiro/2025).

CONCLUSÕES

Este trabalho buscou apresentar como o ONS considera nos processos de planejamento e programação da operação, além de coordenação em operação em tempo real de condicionantes operativos hidráulicos relacionados a regras operativas que constam em resoluções estabelecidas pela ANA.

A aplicação da metodologia expressa em três etapas: de realização de simulação hidráulica para definição da faixa operativa do reservatório; de declaração do condicionante operativo hidráulico associado a limitação da defluência/turbinada máxima; e de verificação da simulação com o observado; foi apresentada para o PMO do mês de janeiro de 2025, no qual houve o cadastro de 12 COPHIs de limitações de defluências/turbinadas máximas em função da aplicação das regras operativas que constam em normativos da ANA.

Por fim, destaca-se que a representação das limitações de defluências por meio do cadastro de condicionantes operativos hidráulicos permite a adequada representação dessas regras operativas nos processos desempenhados pelo ONS.

⁶ Disponível em: <https://encr.pw/ZZKrw>, acesso em maio de 2025.

REFERÊNCIAS

- Brasil (1998). *Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998*. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9648cons.htm, acesso em maio de 2025.
- Brasil (2000). *Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000*. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19984.htm, acesso em maio de 2025.
- Ferreira, M. S. (2023). *A escassez hídrica (2014-2016) na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana: breve história, conflito, gestão e perspectivas*. Rio de Janeiro: Essentia Editora, 284 p. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/livros/article/view/20907/18477>, acesso em junho de 2025.
- Mendonça, M. L.; Gonçalves, J. C. (2017). “Recursos hídricos e gestão de conflitos: a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir da crise hídrica de 2014-2015”. *Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa*, 16 (3), pp. 325-339. Disponível em: <https://doi.org/10.12660/rgplp.v16n3.2017.78411>, acesso em junho de 2025.
- Neves, A. O.; Vilanova, M. R. N. (2021). “Caracterização da seca histórica da década de 2010 na Bacia do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, Brasil”. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 26 (2), mar./abr. 2021, pp. 339-349. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190023>, acesso em junho de 2025.
- Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (2024). *Nota Técnica ONS NT 0102/2024: Nota técnica com metodologia e resultados das curvas de segurança dos aproveitamentos do rio São Francisco para o período 2024-2025*. Brasília: ONS, 2024. Disponível em: <https://sintegre.ons.org.br/>, acesso em junho de 2025.