

## XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### UTILIZAÇÃO DE LIMIARES DE ESTIAGEM, INDICADORES DE BAIXA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

*Lucas Giacomelli<sup>1</sup> ; Marcela Nectoux<sup>2</sup> ; Cátia Valente<sup>3</sup> ; Gabriele Golart<sup>4</sup> Dieyson Pelinson<sup>5</sup> &  
Fernando Fan<sup>6</sup>*

**Palavras-Chave – Limiars, Disponibilidade Hídrica, Estiagem**

#### INTRODUÇÃO

Entende-se como disponibilidade hídrica, a vazão que pode ser utilizada pela sociedade para diferentes fins, sem o comprometimento do meio aquático, ou seja, suprindo as necessidades da população e mantendo a integridade ambiental do sistema. A disponibilidade hídrica possui condicionantes de variabilidade em relação ao tempo e ao espaço, ou seja, não está somente limitada aos usos consuntivos, mas também a alterações da bacia hidrográfica nas condições pré-existentes. Portanto existem restrições quantitativas e qualitativas para que sejam atendidos os diferentes usos ao longo do tempo e do espaço, além de manter a integridade ambiental (Cruz e Tucci, 2008).

O conceito de segurança hídrica possui relação direta com este contexto, visando garantir a disponibilidade de água para os usos múltiplos, além de protegê-la contra os efeitos negativos dos eventos hidrológicos extremos (Johnsson, et al.,2018). De acordo com GWP (2014), para colocar em prática um plano de segurança hídrica é necessário combater os efeitos de eventos hidrológicos, dentre eles os danos e prejuízos causados por inundações e períodos de estiagem.

Para fins de gestão de recursos hídricos e identificação de eventos severos que comprometem a segurança hídrica, surge a demanda da determinação de limiars de estiagem, os quais indicam baixa disponibilidade hídrica em determinado rio, representativo de uma bacia hidrográfica a qual está inserido. Os limiars retratam um limite de nível ou vazão em que um rio atinge determinado nível de severidade de eventos hidrológicos, seja para estiagem ou para inundações.

Portanto, o trabalho proposto visa a avaliação e apresentação de propostas para estimativa e definição de limiars de estiagem a partir de dados de Sala de Situação e da Defesa Civil do Rio Grande do Sul. O estudo visa subsidiar ações que visam garantir segurança hídrica no âmbito de eventos de estiagem e baixa disponibilidade hídrica, buscando minimizar os efeitos negativos causados por estes eventos.

---

1) IPH/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves,9500, (51) 994305211, giacomelli\_lucas@outlook.com

2) Sala de Situação SEMA RS, R. Gen. Andrade Neves, 106 - 11º andar, (51) 991660591, marcela.nectoux@gmail.com

3) Sala de Situação SEMA RS: R. Gen. Andrade Neves, 106 - 11º andar, (51) 99156-0756, valente.somar@gmail.com

4) Sala de Situação SEMA RS: R. Gen. Andrade Neves, 106 - 11º andar (51) 99907-7097, gabigolart@gmail.com

5) IPH/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves,9500, (51) 996292766, pelinsondieyson@gmail.com

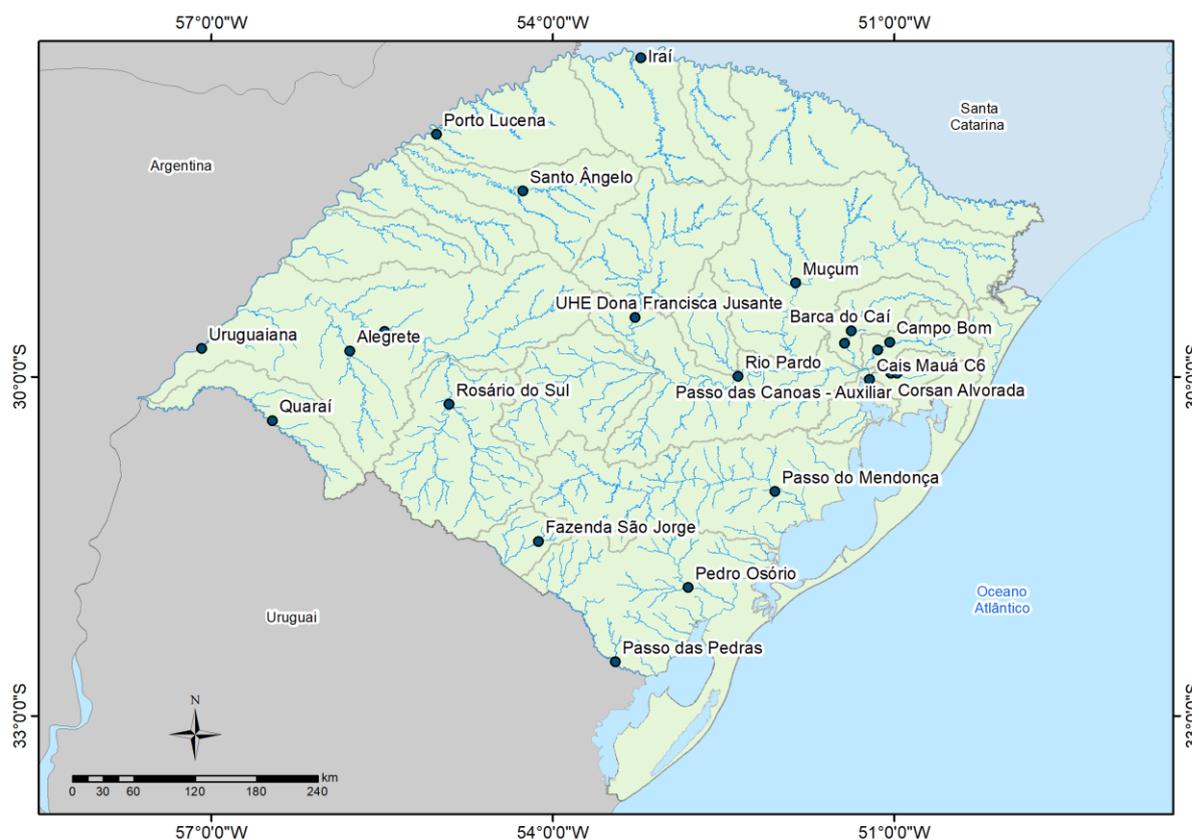
6) IPH/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves,9500, (51) 33086414, fernando.fan@ufrgs.br

## ÁREA DE ESTUDO

O estudo em questão foi realizado considerando o estado do Rio Grande do Sul, onde foram estimados limiares em 14 das 25 bacias gaúchas, sendo utilizadas estações fluviométricas que possuem dados convencionais e telemétricos. Destaca-se que a escolha por estações com esse tipo de dado foi feita para que se obtivessem dados históricos (convencionais) para uma melhor estimativa das permanências, além de possuírem dados atualizados (telemétricos) que permitiram o acompanhamento da evolução dos eventos de estiagem (2019/2020 e 2020/2021) em tempo real.

A Figura 1 apresenta a distribuição das estações utilizadas nas bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul.

Figura 1 – Distribuição das estações utilizadas.



## METODOLOGIAS UTILIZADAS

Inicialmente, as séries históricas de nível diário foram obtidas através do portal Hidroweb em todas as 22 estações de interesse, apresentadas na Tabela 1. A seguir, os dados foram analisados a fim de identificar erros sistemáticos e inconsistências na série de dados, as quais foram posteriormente organizadas para que possibilitar o cálculo das curvas de permanência.

Cabe destacar que as estações utilizadas neste estudo são operadas por diversas instituições, entre elas: CPRM, Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul (SEMA) e provenientes do Setor Elétrico. Além disso, todas as estações utilizadas são disponibilizadas publicamente pela Agência Nacional das Águas (ANA) através do webservice gestor PCD no link: <http://gestorpcd.ana.gov.br/gerarGrafico.aspx>.

A curva de permanência é um tipo de manipulação de dados usual na hidrologia, a qual apresenta a frequência com que ocorrem valores iguais ou superiores aos valores de uma série temporal. Este tipo de manipulação é utilizado para representar o potencial de abastecimento de uma determinada seção fluvial ou até mesmo o potencial de geração de energia através do potencial

hidráulico. A curva de permanência é amplamente utilizada para ilustrar o padrão de variação de vazões ou níveis (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Através dos valores estimados pela curva de permanência é possível avaliar a garantia de vazões iguais ou maiores a demanda necessária para suprir o projeto em questão, podendo assim, avaliar sua viabilidade. Caso o valor de 95% seja entendido como o mínimo necessário, a vazão na seção em questão com garantia de 95% significa que esta seção permanece com vazões acima deste valor em 95% dos casos, ficando abaixo somente em 5% dos casos.

Cruz e Tucci (2008) destacam que dados estimados através de curvas de permanência, além de indicarem uma garantia de vazão ou nível, possuem representatividade em períodos de estiagem, podendo servir como um indicador (limiar) para tais períodos. Contudo, o percentil da permanência utilizado para determinação de um limiar de estiagem, depende principalmente das características da bacia hidrográfica em questão e da demanda de água.

Para estimativa dos limiares apresentados a seguir, as curvas de permanência foram utilizadas como base e, após, foram realizadas adaptações considerando as particularidades de cada bacia estudada para definição do percentil a ser utilizado. Neste contexto, foram observadas as necessidades principalmente no que se refere a especificidades de abastecimento, qualidade da água frente ao lançamento de efluentes e regularização de vazões em bacias com operação de usinas hidrelétricas.

Ou seja, após a estimativa inicial foi realizada uma calibração dos limiares com base em evidências operacionais e de campo. Esses valores, por sua vez, foram comparados com os adotados se essa calibração não tivesse sido realizada. Portanto, a pergunta que a presente pesquisa objetiva responder é definir a diferença que esta nova abordagem de calibração produziu nos 22 pontos estudados.

Os dados usados para a realização do ajuste foram obtidos a partir da prática operacional da Sala de Situação e da Defesa Civil do Rio Grande do Sul, apresentada a seguir.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as 22 estações utilizadas em 14 das 25 bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul. Para cada estação, são apresentados os percentis referentes aos limiares estimados com base nas curvas de permanência considerando dois graus de severidade: Atenção e Alerta.

Destaca-se que os limiares de estiagem apresentados foram estimados, ajustados e calibrados durante a condição de estiagem observada na região sul do Brasil, configurada desde o início de dezembro de 2019 até maio de 2021. Conforme dados da Defesa Civil do RS, foram mais de 400 municípios que decretaram situação de emergência durante esse período no Estado.

Tabela 1 – Estações utilizadas e percentis utilizados como limiar.

Bacia	Estação	Código	Operadora	Percentil Corresponde ao Limiar	
				Atenção	Alerta
Sinos	Campo Bom	87380000	CPRM	85%	90%
	São Leopoldo	87382000	CPRM	85%	90%
Caí	Barca do Caí	87170000	CPRM	90%	95%
	Passo Montenegro	87270000	CPRM	90%	95%
Taquari-Antas	Muçum	86510000	CPRM	90%	97%
Gravataí	Corsan Alvorada	87401750	SEMA	-	-
	Passo das Canoas - Auxiliar	87399000	CPRM	70%	77%
Baixo Jacuí	UHE Dona Francisca Jusante	85395300	Setor Elétrico	-	-

Bacia	Estação	Código	Operadora	Percentil Corresponde ao Limiar	
				Atenção	Alerta
	Rio Pardo	85900000	CPRM	85%	95%
Lago Guaíba	Cais Mauá C6	87450004	SEMA	85%	95%
Ijuí	Santo Ângelo	75230000	CPRM	90%	95%
Ibicuí	Manoel Viana	76560000	CPRM	90%	95%
	Alegrete	76750000	CPRM	90%	95%
Quaraí	Quaraí	77500000	CPRM	85%	90%
Santa Maria	Rosário do Sul	76310000	CPRM	90%	95%
Camaquã	Passo do Mendonça	87905000	CPRM	90%	97%
Mirim-São Gonçalo	Passo das Pedras	88260000	CPRM	85%	95%
	Pedro Osório	88641000	CPRM	85%	95%
Negro	Fazenda São Jorge	79200000	CPRM	90%	95%
Rio Uruguai	Iraí	74100000	CPRM	85%	95%
	Porto Lucena	74800000	CPRM	85%	95%
	Uruguiana	77150000	CPRM	90%	98%

De um modo geral, a maior parte dos limiares estimados para os níveis de severidade de atenção e alerta, tiveram como base os percentis de 90 e 95%, respectivamente. Contudo, para diversos casos, estes percentis foram atualizados para valores maiores ou menores considerando as particularidades de cada local, conforme descrito a seguir.

Para a bacia do Sinos os valores estimados referem-se aos percentis de 85% para o limiar de atenção e 90% para o limiar de alerta considerando os valores das séries históricas das estações Campo Bom e São Leopoldo. Destaca-se que os limiares estimados foram diminuídos em relação aos valores base (90 e 95%), em função dos índices de poluição nesta bacia, que possui altos índices de lançamento de efluentes. Portanto, os limiares considerados são menores visando assegurar a qualidade da água.

A definição dos limiares do rio Gravataí nos pontos de Passo das Canoas – Auxiliar e Corsan Alvorada teve como base informações de cota crítica enviada pela CORSAN – companhia que capta água bruta para tratamento e distribuição de água em boa parte dos municípios da região metropolitana do estado. Inicialmente estimou-se os limiares para a estação Corsan Alvorada baseado na captação da companhia. Após os limiares para Passo das Canoas foram estimados considerando a correlação de nível entre ambos os pontos, correspondendo aos percentis de 70% para atenção e 77% para alerta.

Na estação Cais Mauá, o Lago Guaíba apresenta variações de nível com comportamento senoidal, entre os períodos diurnos e noturnos em função das variações de maré, evapotranspiração e mudanças nas direções e velocidade dos ventos. Portanto, deve-se considerar o nível médio diário como limiar. Os valores de limiar de atenção e alerta foram estimados tomando como base as bacias do Gravataí, Sinos e Caí as quais são afluentes a este rio e tem escoamento facilitado em direção ao Guaíba quando o nível do Guaíba está nesses limiares, o que ocasiona, nestes casos, uma diminuição de nível mais significativa nesses rios a montante do Guaíba.

Na estação Quaraí foi utilizado como cota de atenção aquele referente à permanência de 85% e a de alerta à permanência de 90%, pois no percentil de 95% os valores de nível e vazão ficam muito baixos em função da pequena área de drenagem desta bacia. Na estação Passo do Mendonça localizada no rio Camaquã, considerou-se inicialmente o nível com permanência de 90% para atenção e 95% para alerta, contudo o limiar de alerta foi ajustado para 97% após a estação Passo do Mendonça registrar valores abaixo desta permanência sem que maiores prejuízos fossem reportados.

Nas estações Muçum e UHE Dona Francisca Jusante, os rios Taquari e Jacuí tem suas vazões regularizadas em função da operação de reservatórios a montante, os quais são utilizados para geração de energia. Deste modo, percebe-se diariamente variações de nível (N) e vazão (Q) de acordo com as atividades de geração (aumento de N e Q) e enchimento de reservatório (diminuição de N e Q). Neste contexto, devem ser considerados o nível médio diário como limiar.

Para os limiares de atenção observadas em ambas, utilizou-se o nível médio diário observado no período em que as bacias próximas já estavam em alerta. Contudo, para os limiares de alerta, considera-se a cota atual destes rios quando é percebida uma quebra da operação diária, como pode-se observar nos hidrogramas a seguir, conforme exemplificado nestas situações: a partir do dia 07/03 na Figura 2 e a partir de 19/03 na Figura 3.

Figura 2 - Estação Muçum no Rio Taquari.

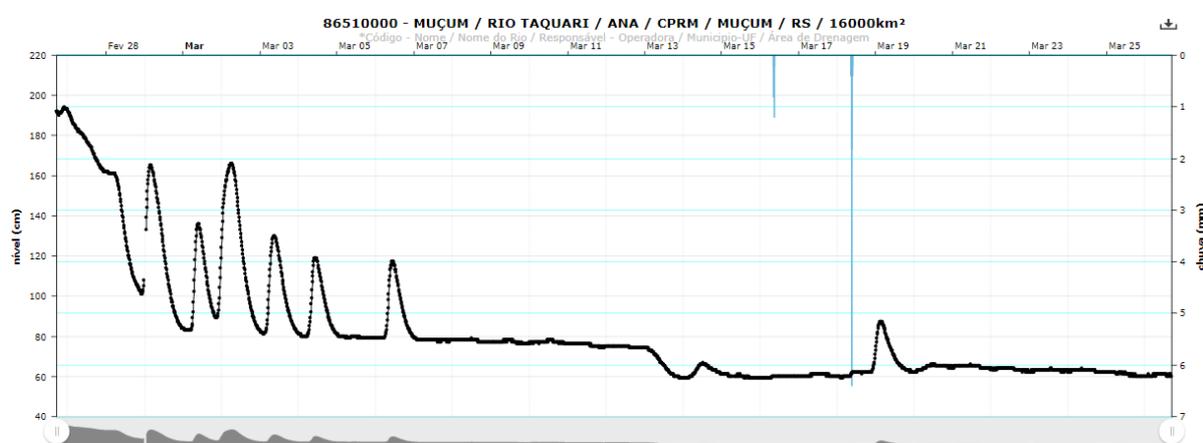
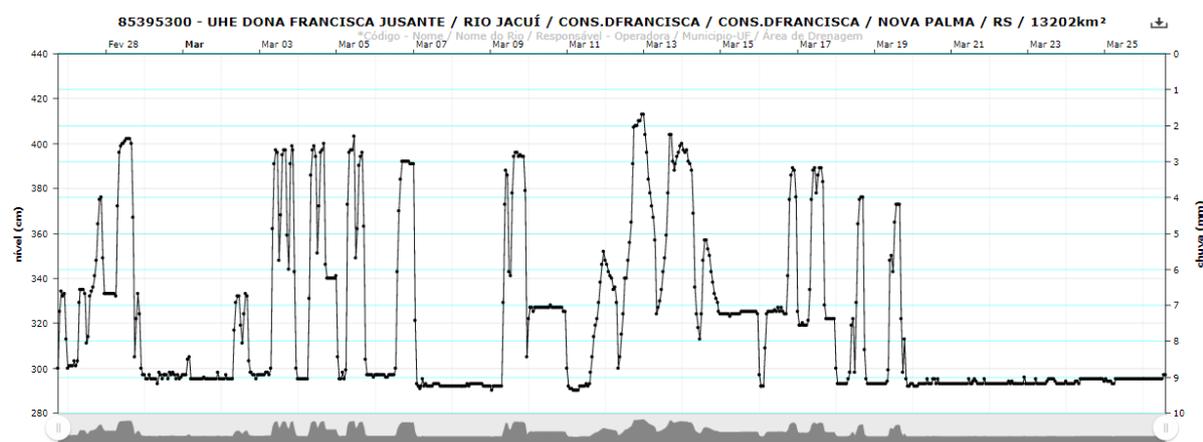


Figura 3 - Estação UHE Dona Francisca Jusante no Rio Jacuí



Nas demais estações não mencionadas, utilizou-se ou valores base, ou seja, de 90% para atenção e 95% para alerta. Contudo, em casos em que os valores de nível e vazão correspondentes a estas duas permanências ficaram próximos, o limiar de atenção foi reduzido para 85%, conforme observado nas estações Rio Pardo, Passo das Pedras, Pedro Osório, Iraí e Porto Lucena.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de níveis e vazões, estimados através das curvas de permanência para determinação de disponibilidade hídrica já são consagrados na área de hidrologia e por consequência podem ser utilizados como base para determinação de limiares de estiagem. Contudo, em bacias hidrográficas

com usos da água já definidos e muitas vezes, já com conflitos de uso da água identificados, os percentis utilizados como limiar devem estar em consonância com as características específicas de cada local em questão, entre elas, características fisiografias da bacia, garantia física de água frente a densidade populacional abastecida, qualidade da água frente ao lançamento de efluentes, comprometimento na operação de reservatórios e comportamento das vazões em relação ao tempo e ao espaço.

Neste contexto, destaca-se que as permanências de 85% a 95% podem ser utilizadas inicialmente como referência na estimativa dos limiares de estiagem, os quais indicam a baixa disponibilidade hídrica em uma bacia. Contudo, o conhecimento das bacias em estudo e, principalmente, as utilizações da água nesta bacia são de fundamental importância para a calibração do percentil de forma a representar a criticidade destes eventos. Disso decorre que a faixa entre 85% e 95% não foi suficiente para abranger todos os casos estudados.

Finalmente, destaca-se a importância de instituições que realizem o monitoramento contínuo do comportamento hidrológico e identificação de um possível comprometimento da segurança hídrica mediante situações de inundação e estiagem. Em território brasileiro, este monitoramento é feito pelas Salas de Situação, as quais atuam em escala estadual, além de instituições como o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN e Agência Nacional de Águas e Saneamento – ANA, em escala nacional. Além disso, companhias responsáveis pelo abastecimento de água e instituições responsáveis pelo licenciamento ambiental também devem auxiliar neste processo, assim como usuários de água e comitês de bacia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, Jussara Cabral; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. *Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n. 1, p. 111-124, 2008.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP, *Water Security: Putting the Concept into Practice*, 2014. Disponível em: <http://www.gwp.org/> Acesso em: 01 de junho de 2021.

JOHNSON, Rosa Maria Formiga et al. *O conceito emergente de segurança hídrica*. Sustentare, v. 1, n. 1, p. 72-92, 2018.

NAGHETTINI, Mauro; PINTO, Éber José de Andrade. *Hidrologia estatística*. CPRM, 2007.