

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

OS VERANICOS COMPROMETEM A RECARGA DOS RESERVATÓRIOS EM REGIÕES SEMIÁRIDAS? UM ESTUDO DE CASO PARA O RESERVATÓRIO ORÓS, CEARÁ, BRASIL

Carlos Eduardo Sousa Lima¹; Cleiton da Silva Silveira¹ & Francisco das C. Vasconcelos Júnior²

Abstract: Dry spells have the potential to adversely impact the agricultural sector, particularly rainfed farming, and water resources. Currently, it is well-documented that these events significantly affect agricultural production; however, there remains a large gap in understanding their hydrological impact. Given this gap, pertinent questions regarding the importance of subseasonal-scale phenomena for water resource management remain unexplored or poorly understood. In this context, the present study aimed to evaluate the impact of dry spells on reservoir inflow in semi-arid regions. As a study case, the Orós Reservoir, located in the state of Ceará, was analyzed, allowing for an evaluation of inflow dynamics during two prolonged dry spell events in 2016 and 2018. The obtained results enabled the formulation of two key hypotheses. These hypothesis states that sufficiently prolonged dry spells can reduce reservoir inflow efficiency in semi-arid regions during the rainy season. This reduction occurs both through depletion of stored water volume and decreased rainfall-runoff conversion efficiency for precipitation events following dry spells.

Resumo: Os eventos de veranicos possuem um potencial impacto prejudicial ao setor agrícola, principalmente de sequeiro, e aos recursos hídricos. Atualmente, constata-se que o impacto desses eventos sobre a produção agrícola é muito bem documentado, porém, há uma grande lacuna no tocante ao impacto hidrológico desses fenômenos. Diante dessa lacuna, questões pertinentes sobre a importância dos fenômenos em escala subsazonal para a gestão dos recursos hídricos se mantém pouco ou não exploradas. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o impacto dos veranicos na recarga de reservatórios situados em regiões semiáridas. Como estudo de caso, utilizou-se o reservatório Orós, situado no estado do Ceará, possibilitando a avaliação do comportamento de sua recarga ao longo de dois eventos de veranico de longa duração ocorridos em 2016 e 2018. Os resultados obtidos permitiram que duas hipóteses fossem delineadas, as quais apontam que os eventos de veranicos, desde que de duração suficiente, são capazes de reduzir a eficiência da recarga de reservatórios situados em regiões semiáridas durante a estação chuvosa, tanto pelo deplecionamento do volume armazenado, quanto pela redução da eficiência na conversão chuva-vazão da bacia para os eventos de precipitação subsequentes ao veranico.

Palavras-Chave – Veranicos, Semiárido, Recarga

1) Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Centro de Tecnologia, Depto. de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici – Bloco 713, 60400-900, Fortaleza, Ceará, Brasil. Fone: +55 85 3366.9623; e-mail: eduardolima@alu.ufc.br; cleitonsilveira@ufc.br.

2) Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Av. Rui Barbosa, 1246 - Aldeota, 60115-221 Fortaleza, Ceará, Brasil. Fone: (85) 3101-1088 e-mail: francisco.vasconcelos@funceme.br

INTRODUÇÃO

Fenômenos climáticos que ocorrem na escala subsazonal são capazes de promover um impacto abrangente em setores importantes da sociedade moderna, tal como o setor agrícola e outros setores dependentes dos recursos hídricos (Rodrigues et al., 2024; Jarret et al. 2023; Rocha et al., 2021). Dentre esses fenômenos estão os veranicos, os quais podem ser definidos como prolongados períodos de precipitação anormalmente baixa durante a estação chuva, podendo variar de dias até semanas (Jarret et al., 2023). Além dos veranicos, também se destacam as secas repentinas, que são caracterizadas como um extremo climático que se desenvolvem entre a escala subsazonal e sazonal (semana até meses), possuindo um súbito início e rápida intensificação das condições de seca (Pendergrass et al., 2020).

Apesar do impacto multisetorial desses fenômenos, as implicações econômicas de sua ocorrência no setor agrícola fizeram com que a maior parte do foco da comunidade científica fosse voltada para esse setor. Pode-se citar inúmeros estudos que investigaram o impacto dos veranicos e das secas repentinas na produção agrícola em diferentes regiões do planeta: Jarret et al. (2023), Forstner et al. (2022), Fall et al. (2021) e Rocha et al. (2021). De maneira contrária, estudos acerca do seu impacto hidrológico na oferta hídrica e em outros setores dependentes dos recursos hídricos são menos abundantes.

Otkin et al. (2022) argumentam que essa escassez decorre da falta de compreensão das possíveis relações e feedbacks entre esses fenômenos, as partes interessadas e o ambiente envolvido, que podem variar muito de acordo com a região analisada. Diante disso, algumas questões permanecem inexploradas ou pouco entendidas, tais como: qual a relevância dos eventos climáticos de escala subsazonal para a gestão dos recursos hídricos? Uma melhoria na previsibilidade desses eventos traria benefícios ao processo de tomada de decisão dentro da gestão dos recursos hídricos?

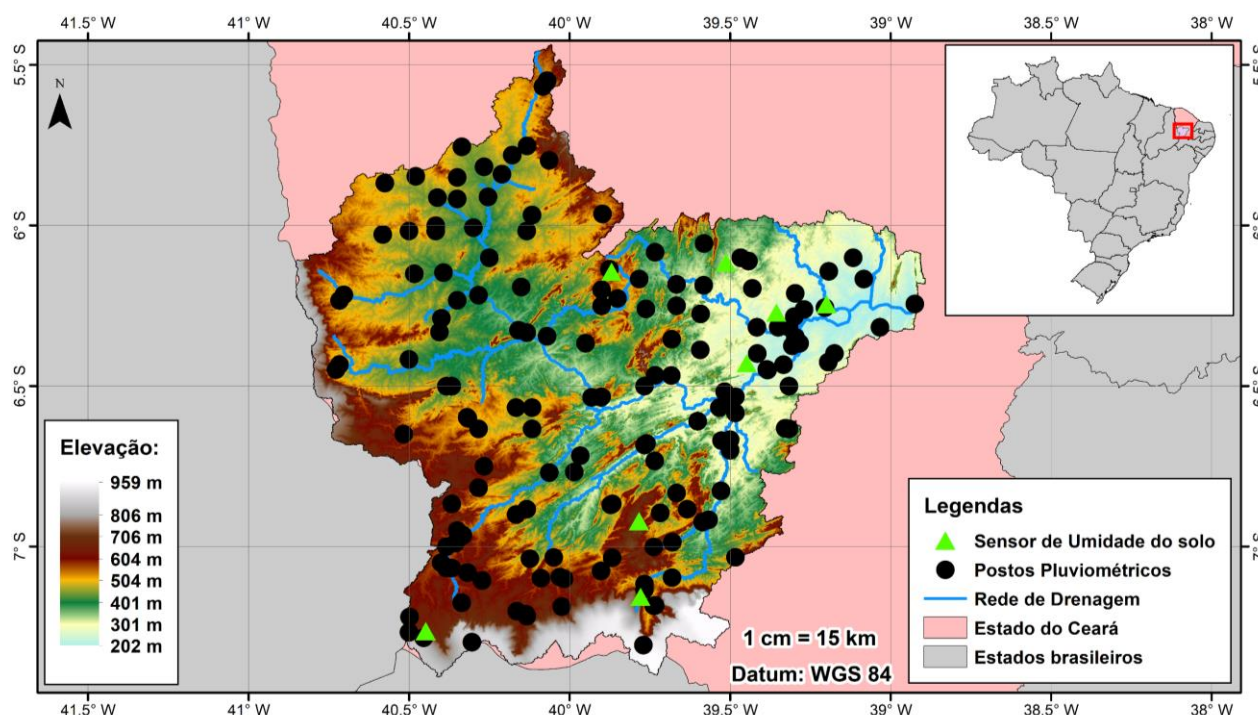
Nesse contexto, o presente trabalho buscou avaliar o impacto dos veranicos na recarga de reservatórios situados em regiões semiáridas durante a estação chuvosa. Para isso, selecionou-se o reservatório Orós, situado no estado do Ceará, como área de estudo. Foram avaliadas as séries temporais diárias de precipitação da bacia hidrográfica e do volume armazenado no reservatório Orós durante dois eventos de veranicos de longa duração ocorridos em 2016 e 2018, com o objetivo de identificar possíveis relações entre a ocorrência desse fenômeno e o seu efeito na recarga do reservatório. Além disso, também foram analisadas informações diárias de umidade do solo observadas *in-situ* durante esses eventos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A Figura 1 apresenta a bacia hidrográfica do reservatório Orós, a qual foi tomada como estudo de caso. O reservatório Orós é o segundo maior reservatório de água bruta do estado do Ceará e faz parte do sistema Jaguaribe-Metropolitano. Sua bacia hidrográfica está situada na bacia do rio Jaguaribe, mais precisamente na sub-bacia do Alto Jaguaribe.

Figura 1 – Bacia Hidrográfica do reservatório Orós



O reservatório Orós possui uma capacidade de aproximadamente 1.940,00 hm³, sendo o principal reservatório da sub-bacia do Alto Jaguaribe, a qual está situada na porção sudoeste do estado do Ceará, fazendo fronteira com os estados do Piauí (a Oeste) e Pernambuco (ao Sul). As nascentes do rio Jaguaribe estão situadas em sua bacia hidrográfica a uma distância de aproximadamente 325 km do reservatório Orós. A vegetação predominante na bacia hidrográfica do reservatório Orós é a Caatinga (Ceará, 2009). Devido a sua grande capacidade de armazenamento, o reservatório Orós é uma estrutura importante para a garantia da segurança hídrica do estado do Ceará, atuando como uma reserva interanual de água que transfere os volumes acumulados nos períodos úmidos para os períodos secos.

Precipitação Diária Observada

A série temporal de precipitação diária observada da bacia hidrográfica do reservatório Orós foi obtida a partir da extensa rede de estações pluviométricas da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) distribuídas ao longo do estado do Ceará, a qual tem suas informações fornecidas de forma gratuita por essa instituição (FUNCEME, 2024a).

Como apresentado na Figura 1, as estações pluviométricas contidas na bacia hidrográfica do reservatório Orós estão bem distribuídas ao longo de todo seu território. Além disso, essa bacia apresenta um relevo sem muitas complexidades, com as maiores elevações concentradas nas suas regiões de cabeceira. Baseado nessas constatações, julgou-se adequado a aplicação do método de Thiessen para espacialização das medições pontuais de precipitação, obtendo-se a precipitação diária média dessa bacia hidrográfica.

Como já citado, o presente estudo focou na análise de dois eventos de veranicos de longa duração ocorridos nos anos de 2016 e 2018. Portanto, foram determinadas as precipitações médias diárias da bacia hidrográfica do reservatório Orós para ambos os anos, mais especificamente no período entre 01 de janeiro até 30 de abril, abrangendo toda a quadra chuvosa desses anos.

No presente trabalho, definiu-se o veranico como um período de três ou mais dias com precipitação inferior a 2 mm durante a estação chuvosa (Rocha et al., 2020). Aplicou-se à série temporal diária de precipitação, uma média móvel de 5 dias para filtrar as flutuações diárias dessa série temporal. Além disso, essa média móvel também serviu para filtrar, pelo menos em partes, a influência do tempo de propagação da água precipitada na bacia hidrográfica sobre a série diária de recarga do reservatório Orós.

Recarga Diária Observada

A recarga diária do reservatório Orós foi definida como a variação diária do seu volume armazenado. Dessa forma, é possível que a recarga do reservatório assuma valores positivos, quando ele estiver enchendo, ou valores negativos, quando ele estiver esvaziando. Da mesma forma que para a precipitação diária observada, a série de recarga diária do reservatório Orós foi obtida para os anos de 2016 e 2018, permitindo que seu comportamento fosse avaliado durante a ocorrência dos veranicos de longa duração ocorridos em cada um desses anos. Mais especificamente, foi adotado o período entre 01 de janeiro e 30 de abril em cada um desses anos. Além disso, por padronização, também foi aplicada uma média móvel de 5 dias a série temporal diária da recarga do reservatório Orós.

A série temporal diária do volume armazenado do reservatório Orós foi obtida do Portal Hidrológico do Estado do Ceará, o qual é administrado pela FUNCEME. As informações presentes nessa base de dados são obtidas a partir de medições diárias do nível d'água que, através da relação Cota-Área-Volume (CAV) do reservatório, permitem a obtenção do seu volume armazenado. As medições diárias do nível d'água são performadas para todos os reservatórios do estado do Ceará pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH). As informações nessa base de dados são disponibilizadas a partir de 2004 (FUNCEME, 2024b)

Umidade do solo observada

As medições de umidade do solo na bacia hidrográfica do reservatório Orós durante os eventos de veranico do ano de 2016 e 2018 foram obtidas da base de dados de umidade do solo para toda a região semiárida do Brasil disponibilizada por Zeri et al. (2020). Nessa base de dados, o volume de água do solo é obtido por meio da medição da constante dielétrica do solo a uma frequência de 70 MHz, com medições horárias a uma profundidade de 0,1 e 0,2 metros. No total, são disponibilizadas informações de 360 estações de medição de umidade do solo em toda a região semiárida brasileira, as quais passaram por controle de qualidade e tiveram sua consistência verificada. As informações disponibilizadas cobrem o período de agosto de 2015 até abril de 2019.

Das 360 estações de medição da umidade do solo disponibilizadas para o semiárido brasileiro, apenas 8 estão contidas na bacia hidrográfica do reservatório Orós, como pode ser observado na Figura 1. Por estarem mal distribuídas ao longo do território dessa bacia, a representação da umidade do solo em termos médios para essa bacia foi inviável. Dessa forma, optou-se por avaliar o comportamento da umidade do solo durante os eventos de veranico de 2016 e 2018 de maneira pontual, ou seja, cada estação separadamente.

Além da má distribuição das 8 estações, destaca-se que apenas 2 das 8 estações apresentaram dados suficientes para avaliar o comportamento da umidade do solo durante o evento de veranico de 2018. Essa constatação é uma outra justificativa para a inviabilidade da representação da umidade do solo em termos médios para a bacia hidrográfica do Orós durante esse evento de veranico. Para o evento de veranico de 2016, 7 das 8 estações apresentaram dados suficientes para essa avaliação.

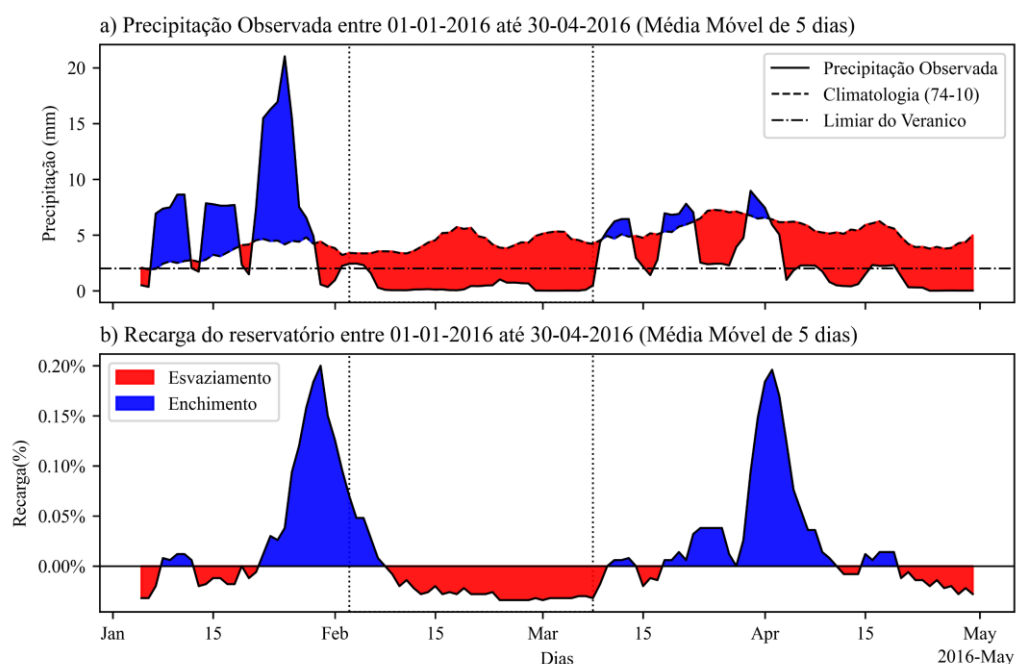
Constatou-se que para o ano de 2018, há uma grande ausência de dados do volume de água contido no solo a uma profundidade de 0,2 m, inviabilizando a análise do comportamento da umidade do solo durante o evento de veranico desse ano. Nesse contexto, optou-se por considerar apenas as medições a uma profundidade de 0,1 m, tanto para o evento de veranico ocorrido em 2016, quanto para o de 2018. Como citado, as medições do volume de água contido no solo presentes nessa base de dados foram performadas em escala horária. A série diária dessa variável, por sua vez, foi determinada com base na média das medições horárias contidas em cada um dos dias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Comportamento da recarga durante os eventos de veranicos de 2016 e 2018

A Figura 2 apresenta a média móvel de 5 dias da precipitação diária do reservatório e de sua recarga entre o período de 01 de janeiro até 30 de abril dos anos de 2016.

Figura 2 – Média móvel de 5 dias da a) precipitação diária observada na bacia hidrográfica do reservatório Orós e da b) recarga do reservatório Orós entre 01 de janeiro e 30 de abril do ano de 2016. As linhas pontilhadas verticais delimitam o período em que o evento de veranico ocorreu.



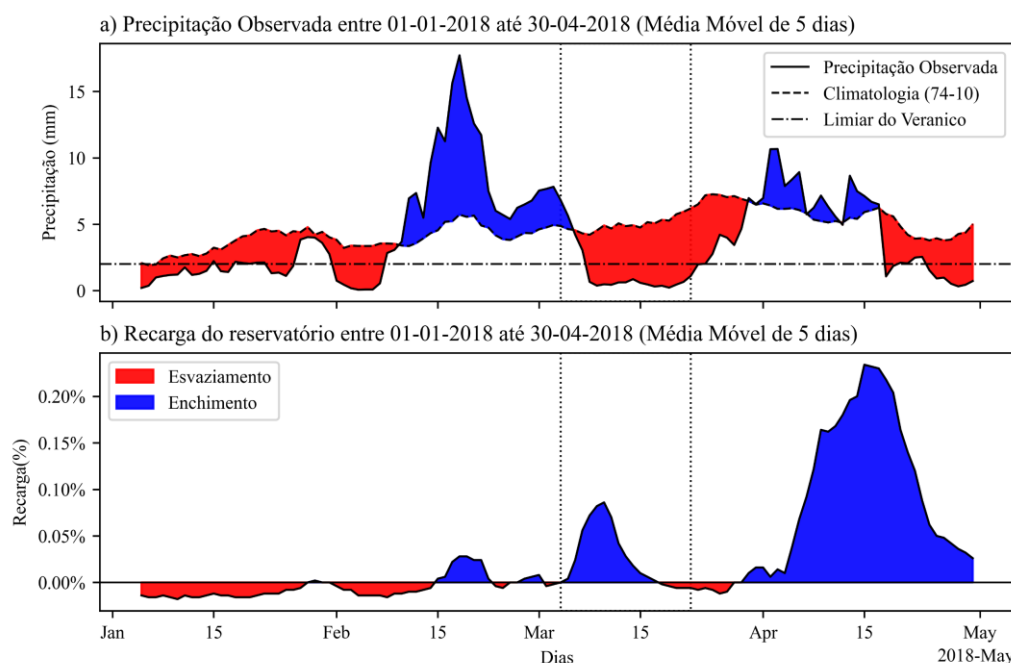
A quadra chuvosa do ano de 2016 foi marcada por valores de precipitação diária abaixo da média climatológica. Esse comportamento foi originado em boa parte pela ocorrência do evento de veranico entre os dias 03 de fevereiro e 08 de março, contabilizando um total de 34 dias. A ocorrência desse evento rapidamente levou o reservatório Orós a uma condição de esvaziamento do reservatório, que, como esperado, perdurou por toda sua duração.

Avaliando de maneira contínua, observa-se que as precipitações acima da média antes do início do veranico garantiram uma recarga considerável no reservatório. Dado o início do evento de veranico uma pequena recarga ainda foi observada nos primeiros dias do evento, provavelmente mantida pelo escoamento subterrâneo resultantes das precipitações acima da média anteriores. No entanto, esse escoamento residual cessou rapidamente, dando lugar a um longo período de esvaziamento do reservatório durante a estação chuvosa.

Ao final do evento de veranico, ocorreu um curto período de precipitação acima da média, induzindo uma baixa recarga, a qual foi rapidamente encerrada em decorrência de um período de precipitação abaixo da média. Em seguida, foi observada a seguinte sequência de eventos de precipitação: i) um curto período de precipitação acima da média; ii) um período de precipitação abaixo da média, mas acima do limiar do veranico; e iii) um curto período de precipitação acima da média. Essa sequência desencadeou um período de alta recarga no reservatório nesse último evento, com um pico de recarga diária semelhante aos níveis observados antes do veranico.

A Figura 3 apresenta a média móvel de 5 dias da precipitação diária do reservatório e de sua recarga entre o período de 01 de janeiro até 30 de abril dos anos de 2018.

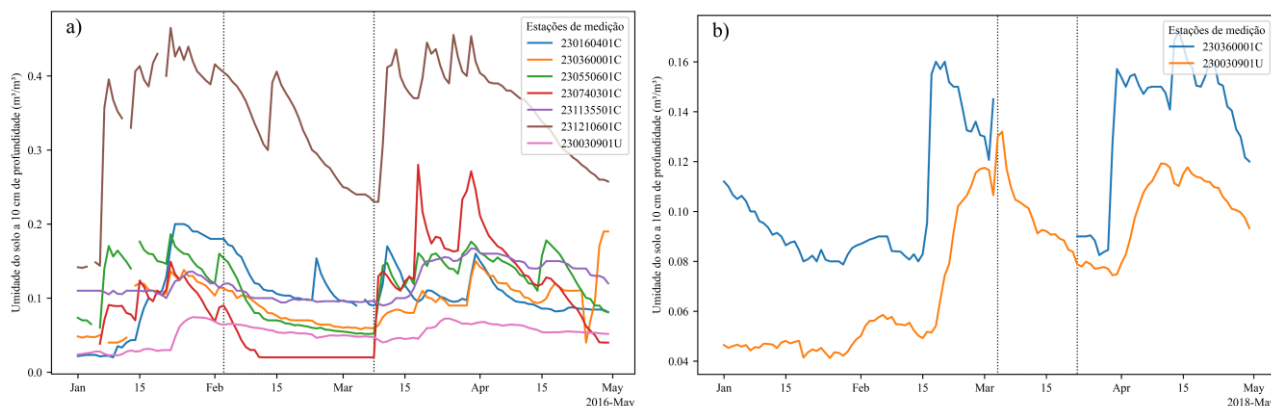
Figura 3 – Média móvel de 5 dias da a) precipitação diária observada na bacia hidrográfica do reservatório Orós e da b) recarga do reservatório Orós entre 01 de janeiro e 30 de abril do ano de 2018. As linhas pontilhadas verticais delimitam o período em que o evento de veranico ocorreu.



Em relação a 2018, observa-se que sua quadra chuvosa apresentou um volume precipitado maior que a de 2016, com períodos mais longos de precipitação acima da média climatológica. O evento de veranico desse ano (2018), ocorreu entre os dias 4 e 22 de março, totalizando 19 dias. De maneira similar a 2016, uma baixa recarga foi observada nos dias iniciais do evento de veranico, a qual pode ser justificada pelo período de precipitação acima da média anterior ao evento. Após esse período de recarga cessar, iniciou-se uma fase de esvaziamento do reservatório que perdurou até o fim do evento de veranico. Depois do evento de veranico, iniciou-se um período de precipitação abaixo da média, seguido por um período considerável de precipitação acima da média, gerando a maior recarga observada no período analisado.

A Figura 4 apresenta a umidade do solo diária a uma profundidade de 10 cm nas estações de medição situadas na bacia hidrográfica do reservatório Orós entre 01-01-2016 e 30-04-2016 e entre 01-01-2018 até 30-04-2018, destacando, com linhas pontilhadas verticais, os períodos de ocorrência dos veranicos em cada um desses anos.

Figura 4 – Umidade do solo diária a uma profundidade de 10 cm nas estações de medição de umidade situadas na bacia hidrográfica do reservatório Orós entre a) 01-01-2016 até 30-04-2016 e b) 01-01-2018 até 30-04-2018. As linhas pontilhadas verticais delimitam o período em que o evento de veranico ocorreu.



Avaliando o comportamento da umidade do solo de forma pontual em cada uma das estações de medição consideradas, observa-se que ambos eventos de veranicos (2016 e 2018) geraram um forte declínio do volume de água contido no solo a uma profundidade de 10 cm. Em quase todas as estações, a umidade do solo reduziu a patamares semelhantes aos observados no início da quadra chuvosa.

Relação entre veranicos e a recarga do reservatório Orós: delineando hipóteses à luz dos mecanismos de geração de escoamento

Baseado no comportamento observado da recarga diária do reservatório Orós durante a ocorrência dos veranicos de longa duração ocorridos em 2016 e 2018, duas hipóteses sobre o impacto desses eventos sobre a recarga de reservatórios em regiões semiáridas podem ser feitas a luz dos processos hidrometeorológicos responsáveis pela geração de escoamento superficial em bacias hidrográficas e das características climáticas dessas regiões.

A primeira hipótese afirma que a supressão de precipitação durante o veranico reduz a vazão afluente ao reservatório, gerando uma condição de esvaziamento quando essa vazão for inferior a soma das vazões regularizadas e das parcelas evaporadas e infiltradas do lago. Essa hipótese é amparada pela simples relação de balanço hídrico presente em um reservatório de armazenamento e se torna bastante relevante em regiões com sazonalidade bem definida, como é o caso do semiárido brasileiro, pois leva a uma diminuição da recarga, ou até mesmo do volume armazenado, durante o principal período do ano hidrológico em que ela ocorre.

A segunda hipótese propõe que os veranicos, desde que de duração suficiente, são capazes de influenciar a eficiência da conversão chuva-vazão da bacia nos eventos de precipitação subsequentes ao veranico. Essa hipótese pode ser justificada pelas altas demandas evaporativas (DE), características de regiões semiáridas, que geram um rápido declínio da umidade do solo devido aos sucessivos dias sem precipitação durante o evento de veranico, tal como evidenciado na Figura 4. Esse declínio da umidade do solo compromete a eficiência dos processos de geração de escoamento, tanto os mecanismos baseados em excesso de saturação (Dunne e Black, 1970), quanto os mecanismos baseados em excesso de infiltração (Horton, 1945).

Nos mecanismos de geração por excesso de infiltração, também conhecidos como processos Hortonianos, o escoamento superficial ocorre quando a intensidade da precipitação ultrapassa a capacidade de infiltração do solo, independentemente de o solo subjacente estar úmido ou seco

(Horton, 1945). Para esse processo, a redução da umidade do solo durante o evento de veranico dificulta a geração de escoamento superficial nos eventos de precipitação subsequentes. A precipitação, ao incidir sobre um solo mais seco, será rapidamente absorvida, pois o solo apresentará muitos espaços vazios e um elevado potencial matricial.

Em relação à geração de escoamento pelo mecanismo de excesso de saturação (Dunne e Black, 1970), a necessidade de precipitação sobre solo saturado para geração de escoamento superficial dá suporte à hipótese de áreas de contribuição parciais, que podem se expandir ou se retrair ao longo do tempo. Nesse contexto, quanto maior a área de contribuição, ou seja, quanto maior a área saturada da bacia, maior será o volume de escoamento gerado pelo evento de precipitação. Ao reduzir a umidade do solo (Figura 4), os veranicos reduzem a área de contribuição parcial da bacia, resultando em uma menor geração de escoamento, ou seja, reduzem a eficiência da conversão chuva-vazão da bacia.

É importante destacar que eventos sucessivos de precipitação, ou até mesmo um evento de precipitação muito intensa, são capazes de reestabelecer a eficiência dos processos de geração de escoamento, tanto por excesso de infiltração, quanto por excesso de saturação. Para o primeiro, o enchimento gradual dos vazios do solo, com o tempo, limita a capacidade de infiltração do solo a sua capacidade de transferir água para suas camadas mais profundas, favorecendo a geração de escoamento superficial por excesso de infiltração. Para o segundo, o aumento gradual das áreas de contribuição parcial da bacia recupera sua eficiência na geração de escoamento superficial por excesso de saturação.

O restabelecimento da eficiência dos processos de geração de escoamento supracitados pode ser observado no comportamento da recarga pós eventos de veranico nos anos de 2016 (Figura 2) e 2018 (Figura 3). Em ambos, as precipitações subsequentes aos veranicos geram uma baixa ou não geram recarga para o reservatório Orós. Entretanto, com as sucessivas ocorrências de precipitação, os valores de recarga tendem a aumentar, atingindo os picos de recarga dos períodos observados.

Relação entre veranicos e perdas por transmissão

Além do impacto nos processos de geração de escoamento, pode-se estabelecer uma relação entre o rápido declínio da umidade do solo e as perdas por transmissão do escoamento superficial. As perdas de transmissão podem ser definidas como reduções no volume de escoamento, à medida que a água se move para jusante em rios efêmeros em regiões áridas e semiáridas. Essa redução pode estar associada a diferentes processos, desde infiltração na calha principal do rio até evapotranspiração em áreas ribeirinhas diretamente conectadas a calha principal (McMahon and Nathan, 2021; Costa et al., 2012a). No presente trabalho, tais processos foram agrupados em: i) Componentes de Evapotranspiração (ET) e ii) Componentes de infiltração.

Baseado na relação entre Demanda Evaporativa (DE) e ET em regiões semiáridas apresentada em Pendergrass et al. (2020), a ocorrência dos veranicos pode favorecer as componentes de ET das perdas por transmissão. Durante o declínio da umidade do solo em decorrência do veranico, surge um fluxo de calor sensível do excedente de DE, que intensifica a temperatura e produz um *feedback* amplificador na DE e também na ET. A continuidade da supressão na precipitação, por sua vez, faz com que a umidade do solo se torne insuficiente para a DE existente, limitando a ET a umidade disponível do solo (limitação hídrica). A partir desse ponto, a ET diminui junto com a umidade disponível, aumentando o excesso de DE e seu *feedback* amplificador.

Nesse contexto, os eventos de precipitação após um evento de veranico encontrariam uma alta DE devido ao *feedback* amplificador supracitado. Essa alta DE aumentaria as perdas por transmissão resultantes da evaporação da água no canal e da ET das áreas ribeirinhas diretamente conectadas ao rio, levando a reduções nos seus níveis de escoamento.

A redução da umidade do solo durante eventos de veranico também pode intensificar as componentes de infiltração das perdas por transmissão. Especialmente para a infiltração no leito do rio e em suas margens, a redução da umidade do solo pode levar a uma redução do nível do lençol freático que, quando mais baixo que o nível do rio, faz com que as águas do rio infiltrem em direção ao aquífero, reduzindo o escoamento superficial e transformando-o em um “rio perdedor”.

A relação acima apresentada é particularmente problemática em rios situados em regiões áridas. Como apontado por Uchôa et al. (2024), há um predomínio de rios perdedores no semiárido brasileiro, pois, usualmente, o nível do lençol freático está abaixo da topografia local, favorecendo a infiltração das águas superficiais para o aquífero. Além disso, Azevedo e Toné et al. (2023) destacam que apenas após eventos de precipitação mais intensas (> 20 mm/dia) é que os eventos de precipitação da estação chuvosa elevam o nível do lençol freático em regiões semiáridas, dando origem a um dos curtos períodos do ano com ganhos por transmissão.

Nesse contexto, a ocorrência de veranicos com duração suficiente para reduzir consideravelmente a umidade do solo leva a uma interrupção do período da estação chuvosa com predominância de ganhos por transmissão (Azevedo e Toné et al., 2023). Durante essa interrupção, pode ocorrer uma predominância de perdas por transmissão, reduzindo o escoamento superficial e estendendo o período do ano em que o rio é classificado como um rio perdedor.

CONCLUSÕES

O presente estudo avaliou o impacto dos veranicos na recarga de reservatórios situados em regiões semiáridas. Para isso, o reservatório Orós foi tomado como estudo de caso. A avaliação do comportamento de sua recarga diária ao longo de dois veranicos de longa duração, ocorridos em 2016 e 2018, permitiram que duas hipóteses acerca dos impactos hidrológicos desses eventos na recarga de reservatórios situados em regiões semiáridas fossem delineadas a luz dos processos responsáveis pela geração de escoamento superficial e das características climáticas dessas regiões.

- Hipótese 1: A supressão da precipitação durante os eventos de veranico leva a uma redução das vazões afluentes ao reservatório, podendo gerar uma condição de esvaziamento durante a estação chuvosa se as vazões afluentes forem menores que a soma da vazão regularizada e da evaporação e infiltração do lago;
- Hipótese 2: Os veranicos, desde que de duração suficiente, são capazes de influenciar a eficiência da conversão chuva-vazão da bacia nos eventos de precipitação que os sucedem.

Admitindo ambas como verdadeiras, pode-se afirmar que os veranicos são capazes de reduzir a eficiência da recarga de reservatórios situados em regiões semiáridas. Nesse contexto, a gestão e o planejamento de recursos hídricos em regiões semiáridas devem delinear estratégias para mitigar os impactos dos veranicos na recarga dos seus reservatórios, buscando maximizar sua eficiência durante a estação chuvosa, que é o principal período do ano em que elas ocorrem.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científica e Tecnológico (FUNCAP) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- Azevedo Toné, A. J., Costa, A. C., Gonçalves Barros, M. U., Barros de Freitas, H., Vasconcelos Cavalcante, J. R., & Lima Neto, I. E. (2023). *Spatiotemporal river–aquifer interactions of a large tropical dryland river with high anthropic intervention*. *Hydrological Sciences Journal*, 68(14), 2009–2026. <https://doi.org/10.1080/02626667.2023.2252816>
- Ceará. (2009). *Caderno Regional da Sub-Bacia do Alto Jaguaribe*. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará, Fortaleza: INESP
- Costa, A. C., Bronstert, A., & de Araújo, J. C. (2012). *A channel transmission losses model for different dryland rivers*. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(4), 1111–1135. doi: 10.5194/hess-16-1111-2012
- Dunne, T., & Black, R. D. (1970). *An experimental investigation of runoff production in permeable soils*. *Water Resources Research*, 6(2), 478–490.
- Fall, C. M. N., Lavaysse, C., Kerdiles, H., Dramé, M. S., Roudier, P., & Gaye, A. T. (2021). *Performance of dry and wet spells combined with remote sensing indicators for crop yield prediction in Senegal*. *Climate Risk Management*, 33(100331), 100331. doi:10.1016/j.crm.2021.100331
- Forstner, V., Vremec, M., Herndl, M., & Birk, S. (2023). *Effects of dry spells on soil moisture and yield anomalies at a montane managed grassland site: A lysimeter climate experiment*. *Ecohydrology: Ecosystems, Land and Water Process Interactions, Ecohydrogeomorphology*, 16(3). doi:10.1002/eco.2518
- FUNCEME (2024a). *Postos Pluviométricos do Estado do Ceará*. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). (http://www.funceme.br/?page_id=2694, Acesso em: 29-07-2024).
- FUNCEME (2024b). *Portal Hidrológico do Estado do Ceará*. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH). (<http://www.funceme.br/hidro-ce-zend/>, Acesso em: 29-07-2024).
- Horton, R. E. (1945). *Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology*. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275–370.
- Jarrett, U., Miller, S., & Mohtadi, H. (2023). *Dry spells and global crop production: A multi-stressor and multi-timescale analysis*. *Ecological Economics: The Journal of the International Society for Ecological Economics*, 203(107627), 107627. doi:10.1016/j.ecolecon.2022.107627
- McMahon, T. A., & Nathan, R. J. (2021). *Baseflow and transmission loss: A review*. *WIREs. Water*, 8(4). doi:10.1002/wat2.1527
- Otkin, J. A., Woloszyn, M., Wang, H., Svoboda, M., Skumanich, M., Pulwarty, R., ... Cravens, A. E. (2022). *Getting ahead of flash drought: From early warning to early action*. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 103(10), E2188–E2202. doi:10.1175/bams-d-21-0288.1
- Pendergrass, A. G., Meehl, G. A., Pulwarty, R., Hobbins, M., Hoell, A., AghaKouchak, A., ... Woodhouse, C. A. (2020). *Flash droughts present a new challenge for subseasonal-to-seasonal prediction*. *Nature Climate Change*, 10(3), 191–199. doi:10.1038/s41558-020-0709-0
- Rocha, T. B. C., Vasconcelos Júnior, F. das C., Silveira, C. da S., Martins, E. S. P. R., Gonçalves, S. T. N., Silva, E. M. da, ... Sakamoto, M. S. (2021). Indicadores de Veranicos e de Distribuição de Chuva no Ceará e os Impactos na Agricultura de Sequeiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 36(3 suppl), 579–589. doi:10.1590/0102-77863630041
- Rodrigues, B. D., Silveira, C. da S., Vasconcelos Júnior, F. das C., de Brito Neto, F. A., Silva, I. A. e., Sakamoto, M. S., & Martins, E. S. P. R. (2024). Atmospheric and oceanic mechanisms in precipitation in March 2018 in Ceará, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 155(9),doi:10.1007/s00704-024-05143-x
- Uchôa, J. G. S. M., Oliveira, P. T. S., Ballarin, A. S., Meira Neto, A. A., Gastmans, D., Jasechko, S., Fan, Y., & Wendland, E. C. (2024). Widespread potential for streamflow leakage across Brazil. *Nature Communications*, 15(1), 10211. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-54370-3>
- Zeri, Marcelo; Costa, José Maria; Urbano, Domingos; Cuartas, Luz Adriana; Ivo, André; Marengo, Jose; Alvalá, Regina C. S. (2020). *A soil moisture dataset over the Brazilian semiarid region*, Mendeley Data, V2, doi: 10.17632/xrk5rfcpvg.2