

# MODELAGEM DO BALANÇO HÍDRICO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA DE GRANDE PORTE DO PAMPA BRASILEIRO COM O SWAT+

BRUNA MOREIRA SELL<sup>1</sup>; DANIELLE BRESSIANI<sup>2</sup>; SAMUEL BESKOW<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [brunamoreirasell@gmail.com](mailto:brunamoreirasell@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [daniebressiani@gmail.com](mailto:daniebressiani@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [samuel.beskow@ufpel.edu.br](mailto:samuel.beskow@ufpel.edu.br)

## 1. INTRODUÇÃO

A modelagem hidrológica é uma importante ferramenta de gestão e planejamento dos recursos hídricos (CALDEIRA et al., 2018). Em virtude da notória relevância para dimensionamentos hidrológicos e hidráulicos, uma série de modelos têm sido desenvolvidos e disponibilizados para os usuários. Dentre as principais aplicações estão as simulações de mudanças do uso e cobertura do solo, mudanças climáticas, bem como o conhecimento da disponibilidade hídrica.

Dentre os modelos, o *Soil & Water Assessment Tool* (SWAT) tem apresentado grande destaque internacional por gerar resultados satisfatórios (ARNOLD et al., 2012) e contar com mais de 4.500 artigos publicados em revistas internacionais com revisão por pares (SWAT, 2021a). Impulsionado por anseios da comunidade científica, uma versão modificada denominada SWAT+ foi desenvolvida recentemente com a proposta de uma representação espacial mais flexível das interações e processos dentro de uma bacia hidrográfica (Bieger et al. 2017).

Segundo Collischonn e Dornelles (2015), o ciclo hidrológico é o conceito central da hidrologia. Mello, Silva e Beskow (2020) definem o ciclo hidrológico como a dinâmica da água no meio ambiente. De acordo com os autores, com base nos elementos do ciclo hidrológico pode-se estimar o balanço hídrico que corresponde à relação entre entradas e saídas de uma bacia hidrográfica e do qual viabiliza a condução de diversos estudos, sendo uma ferramenta essencial para a gestão.

Inserida no bioma Pampa, a bacia hidrográfica do rio Camaquã (BHRC) exerce grande importância para a região sul do Brasil em termos econômicos e sociais, mas é marcada por intensos conflitos pelo uso d'água devido à relação entre demanda e disponibilidade hídrica. O plano de bacia (GAMA, 2016) prevê ações transversais e mitigadoras, das quais devido ao limitado monitoramento fluviométrico na bacia são fortemente dependentes da avaliação de modelos hidrológicos para estimativa de componentes do balanço hídrico nas sub-bacias.

O objetivo do presente estudo é analisar o balanço hídrico da BHRC, uma bacia de grande porte e representativa do Pampa brasileiro, estimado com o SWAT+ para dar suporte ao planejamento dos recursos hídricos na região.

## 2. METODOLOGIA

A área de estudo desse trabalho é a BHRC, localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul e pertencente à região hidrográfica litorânea. Abrange uma área de cerca de 21.657km<sup>2</sup>, com população total estimada em 2010 de 356 mil habitantes, englobando total ou parcialmente 28 municípios (CGBHRC, 2021).

A base metodológica se valeu do QSWAT+, em uma extensão do software livre de código aberto QGIS, para inserir as informações de entrada requeridas pelo modelo. Entre as informações de entrada inseridas estão os mapas de modelo

digital de elevação (MDE), tipos de solos e de usos e ocupação do solo, assim como informações tabulares das propriedades dos solos. As informações de entrada adotadas, bem como as tomadas de decisão e técnicas de pré-processamento empregadas são descritas com maiores detalhes e podem ser consultadas em SELL, BRESSIANI e BESKOW (2020). No passo seguinte foi utilizado o SWAT+ Editor, onde foram inseridos os dados meteorológicos tratados (SELL, BRESSIANI e BESKOW, 2020) para a modelagem entre os anos de 1987 e 2020, sendo os primeiros três anos utilizados para o aquecimento do modelo.

Devido às lacunas no conhecimento das dinâmicas de fluxo e geometria da maioria dos corpos aquíferos, da falta de monitoramento de níveis freáticos e inexistência de séries históricas, a determinação da disponibilidade hídrica subterrânea torna-se complexa (KIRCHHEIM e AGRA, 2011). Desta forma, preliminarmente, o programa *Baseflow Filter* (ARNOLD et al., 1995) foi empregado para estimar o fluxo de base a partir das séries históricas das três estações fluviométricas monitoradas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) na BHRC. A partir das informações obtidas no programa *Baseflow Filter*, foi ajustado no SWAT+ Editor o parâmetro correspondente à constante de recessão do escoamento de base (alphanbf), para as sub-bacias à montante das respectivas estações de monitoramento fluviométrico. De acordo com a literatura, o valor de recarga do aquífero profundo é aproximadamente 15% da precipitação média anual (CONEJO, 2005), assim alterou-se o parâmetro referente no SWAT+ (rchg\_dp).

Por fim, mantendo, no momento, os demais parâmetros do modelo com valores padrão, foi executado o processamento da modelagem no SWAT+ Editor para transformação chuva-vazão. Enquanto que, os dados de saída da rodada foram analisados na ferramenta SWAT+ Check (SWAT, 2021b).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas informações de entrada inseridas no modelo e as condições de contorno adotadas, a BHRC modelada no SWAT+ tem as seguintes características: área = 15.573 km<sup>2</sup>; sub-bacias = 123; número de canais = 1.057; Unidades de Paisagem (LSUs) = 2.098, das quais 20,52% são áreas inundáveis e 79,48% correspondem a áreas mais altas.

Na BHRC delimitada no SWAT+ foram encontradas 16 classes de tipos de solos, distinguidas até o 3º nível categórico. Dentre estes, 35,64% são do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, 26,73% Neossolo Litólico Eutrófico e 23,40% do Neossolo Litólico Distrófico. Enquanto que, em relação aos usos do solo, foram identificadas 12 diferentes coberturas, sendo predominantes: campos secos (36,22%), uso agrícola misto (21,93%), agricultura de sequeiro e silvicultura (19,91%) e afloramentos rochosos e/ou campos em regeneração (12,53%).

Através da superposição de mapas distintos, como: o de tipos de solo, de uso do solo, declividade e unidades de paisagem, foram geradas 8.964 Unidades de Resposta Hidrológicas (URH), que são áreas de comportamento hidrológico similar.

A Figura 1 apresenta o balanço hídrico anual médio gerado na BHRC, com parâmetros não calibrados. Nos resultados obtidos é possível identificar que a precipitação média anual corresponde à 1.499,05 mm, evapotranspiração compõe cerca de 880,96 mm, o escoamento superficial 671,20 mm, o fluxo lateral 16,10 mm, a percolação 24,08 mm, o fluxo de base 0,10 mm, a recarga para o aquífero profundo 53,56 mm e ascensão capilar do aquífero raso 0,78 mm.

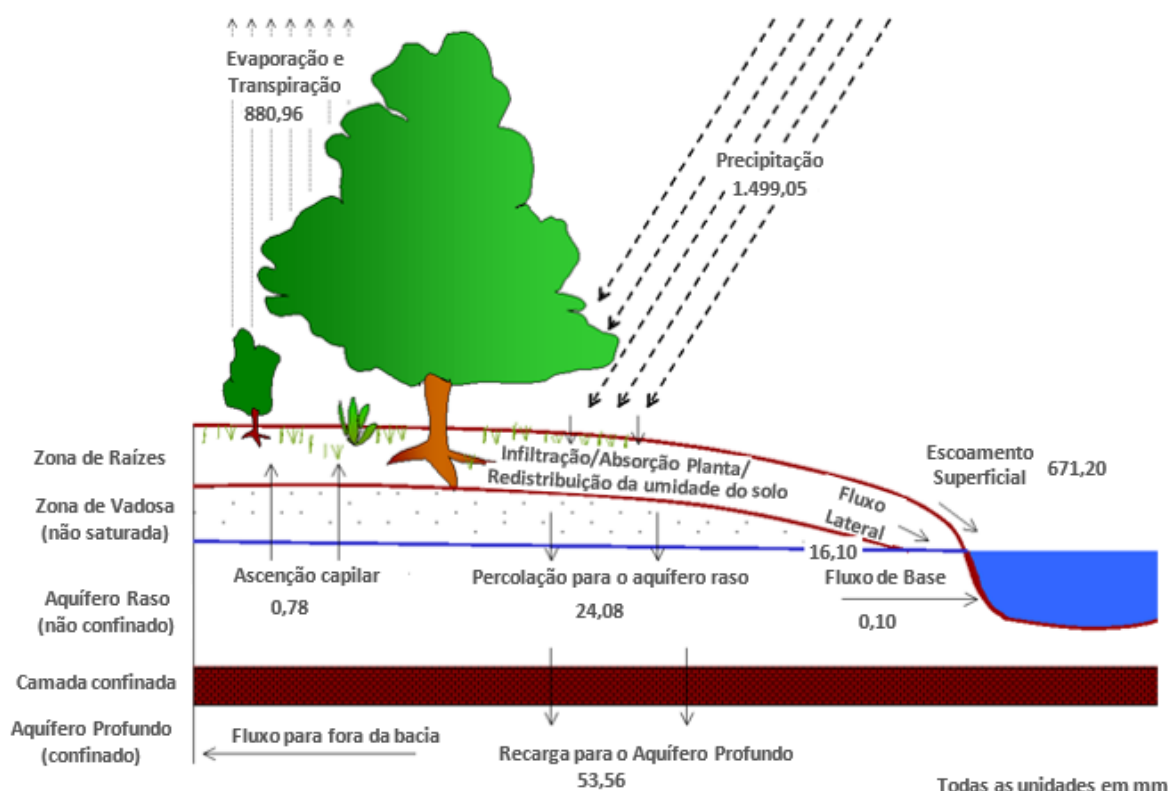


Figura 1- Balanço hídrico médio anual da BHRC, com parâmetros não calibrados.

Observa-se que a evapotranspiração real equivale a 59% do total de precipitação, com valores próximos ao identificados no plano da bacia (GAMA, 2016). Enquanto que, o escoamento total correspondente à 46% da precipitação, estimativa que corrobora com a apresentada para a Bacia Atlântico Sul por CONEJO (2005). Do escoamento total, 2% são de origem do fluxo de base e 98% de escoamento superficial. Nota-se que a percolação total representa 5.2% do total precipitado e que a recarga do aquífero profundo é de 4%.

Com base nos resultados apresentados até o momento, na simulação não calibrada, há uma subestimativa do escoamento de base, pois conforme os resultados obtidos no *Baseflow Filter*, o mesmo corresponde à cerca de 30%. Já os valores do escoamento superficial e do fluxo lateral foram superestimados; influenciados principalmente pelo valor bastante elevado da curva-número (CN) e pelo o predomínio de argissolo, respectivamente. Da mesma forma, os valores de percolação e de recarga do aquífero profundo leva a crer que, apesar do ajuste do valor do parâmetro “rchg\_dp” para um patamar mais próximo à realidade da bacia, este e outros parâmetros sensíveis à percolação devam ser modificados.

Contudo, vale ressaltar que esta primeira estimativa representou bem os principais componentes do balanço hídrico e evidenciou a necessidade da etapa posterior, de análise de sensibilidade, calibração dos parâmetros e validação, para que o modelo se torne mais representativo da realidade física da bacia.

#### 4. CONCLUSÕES

O SWAT+ é um modelo eco-hidrológico semi-distribuído muito robusto, largamente aplicado no mundo e, portanto, possibilita realizar diversas análises e estudos. Cabe destacar que, a boa caracterização da área de estudo no modelo reflete a necessidade do entendimento e parametrização de uma grande

quantidade de parâmetros, e, como muitos deles não são facilmente obtidos, há uma dificuldade no processo de estimativa inicial de valores. No entanto, esse procedimento é essencial para se ter mais conhecimento sobre os principais processos que ocorrem na bacia e os parâmetros do modelo, possibilitando que as etapas de calibração e validação sejam bem realizadas.

A simulação do balanço hídrico permitiu a visualização do comportamento hidrológico da BHRC como um todo, à medida que a verificação via SWAT+ Check oportunizou identificar os ajustes mais necessários para o início do processo de modelagem. Os resultados alcançados realçaram os aspectos que devem ser revistos com maior atenção e salientaram a necessidade das etapas posteriores, de análise de sensibilidade, calibração e validação.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLD, J. G. et al. Automated base flow separation and recession analysis techniques. **Ground Water**. v. 33, n. 6, 1010-1018, 1995.
- ARNOLD, J. G. et al. **Soil and Water Assessment Tool Input/Output Documentation Version 2012**. Texas Water Resources Institute, 2012. TRF-439.
- BIEGER, K. et al. Introduction to SWAT+, a Completely Restructured Version of the Soil and Water Assessment Tool. **Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)**, v. 53, n. 1, p. 115– 130, 2017
- CALDEIRA, T. L. et al. Modelagem Hidrológica Determinística Chuva-Vazão em Bacias Hidrográficas: Uma Abordagem Introdutória. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 5, n. 1, p. 22-32, 2018.
- CGBHRC, Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã. **A Bacia Hidrográfica**. Acessado em 15 jul. 2021. Online. Disponível em: <http://www.comitecamaqua.com/index.php/a-bacia-hidrografica/caracterizacaogeral>
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: ABRH, 2015.
- CONEJO, J. G. L. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Brasília. 2005.
- GAMA, Engenharia e Recursos Hídricos. **Serviços de Consultoria Relativos ao Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Camaquã Fases A, B e C**. Relatório final e síntese. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2016.
- KIRCHHEIM, R. E.; AGRA, S. G. Diagnóstico Hidrogeológico do Estado do RS: Uma Ferramenta para Plano Estadual de Recursos Hídricos. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 19., Maceió, 2011, **Anais...** Porto Alegre: ABRHidro, 2011.
- MELLO, C. R. ; SILVA, A. M. ; BESKOW, S. **Hidrologia de superfície: princípios e aplicações**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2020. 531p .
- SELL, B. M.; BRESSIANI, D. A.; BESKOW, S. Bases para Modelagem Hidrológica com SWAT+ em Bacia de Grande Porte. In: **Encontro de Pós-Graduação da UFPEL**, 22., PELOTAS, 2020, **Anais...** Pelotas: Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação, 2020.
- SWAT, Soil and Water Assessment Tool. **SWAT Literature Database**. Acessado em 18 jul. 2021a. Online. Disponível em: [https://www.card.iastate.edu/swat\\_articles/](https://www.card.iastate.edu/swat_articles/)
- SWAT, Soil and Water Assessment Tool. **SWAT+**. Acessado em 18 jul. 2021b. Online. Disponível em: <https://swat.tamu.edu/software/plus/>