

Projeto FAPESQ/FAPESP 2023-2025

SEGURANÇA HÍDRICA DE MUNICÍPIOS PARAIBANOS: UMA MODELAGEM INTEGRADA DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA E DAS DINÂMICAS NATURAIS E ANTRÓPICAS



Universidade Federal
de Campina Grande

SIGMA

GEOT
GRUPO DE PESQUISA EM GEOTECNOLOGIAS
APLICADAS DA UFCG

Modelagem hidrossedimentológica do Sistema hídrico Poções-Epitácio Pessoa (SHPEP): comportamento devido a diferentes cenários de uso do solo e de total precipitado

Ricardo de Aragão, Iana Alexandra Alves Rufino, Lincoln Muniz Alves
Valterlin da Silva Santos, Vajapeyan Srinivasan, Laércio Leal dos Santos,
Daniele de Almeida Carreiro, Tássio Jordan Rodrigues Dantas da Silva

Janeiro de 2025

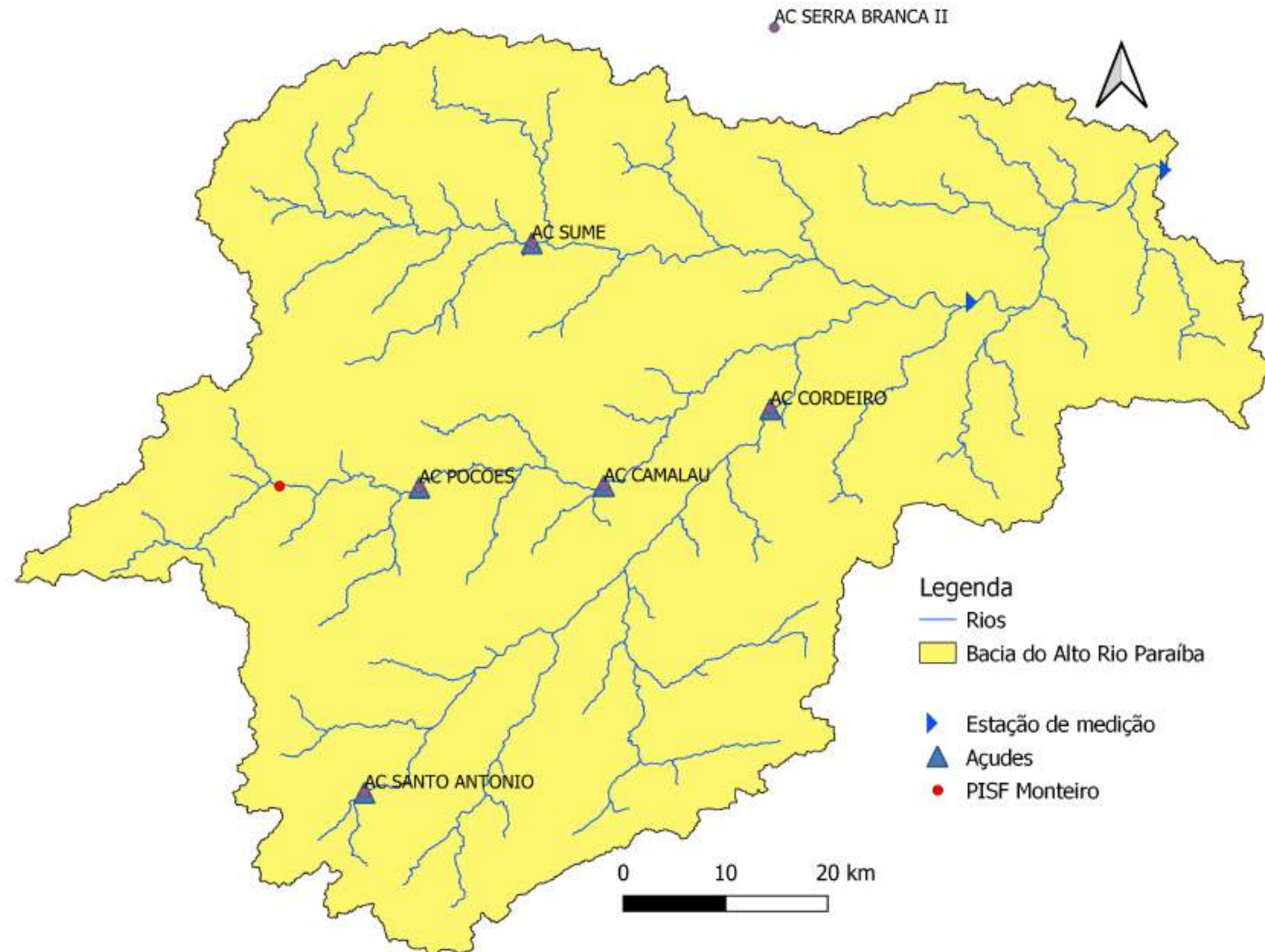
Introdução

Atividades humanas em bacias hidrográficas (mudança no uso e ocupação do solo) geram impactos nos processos hidrossedimentológicos.

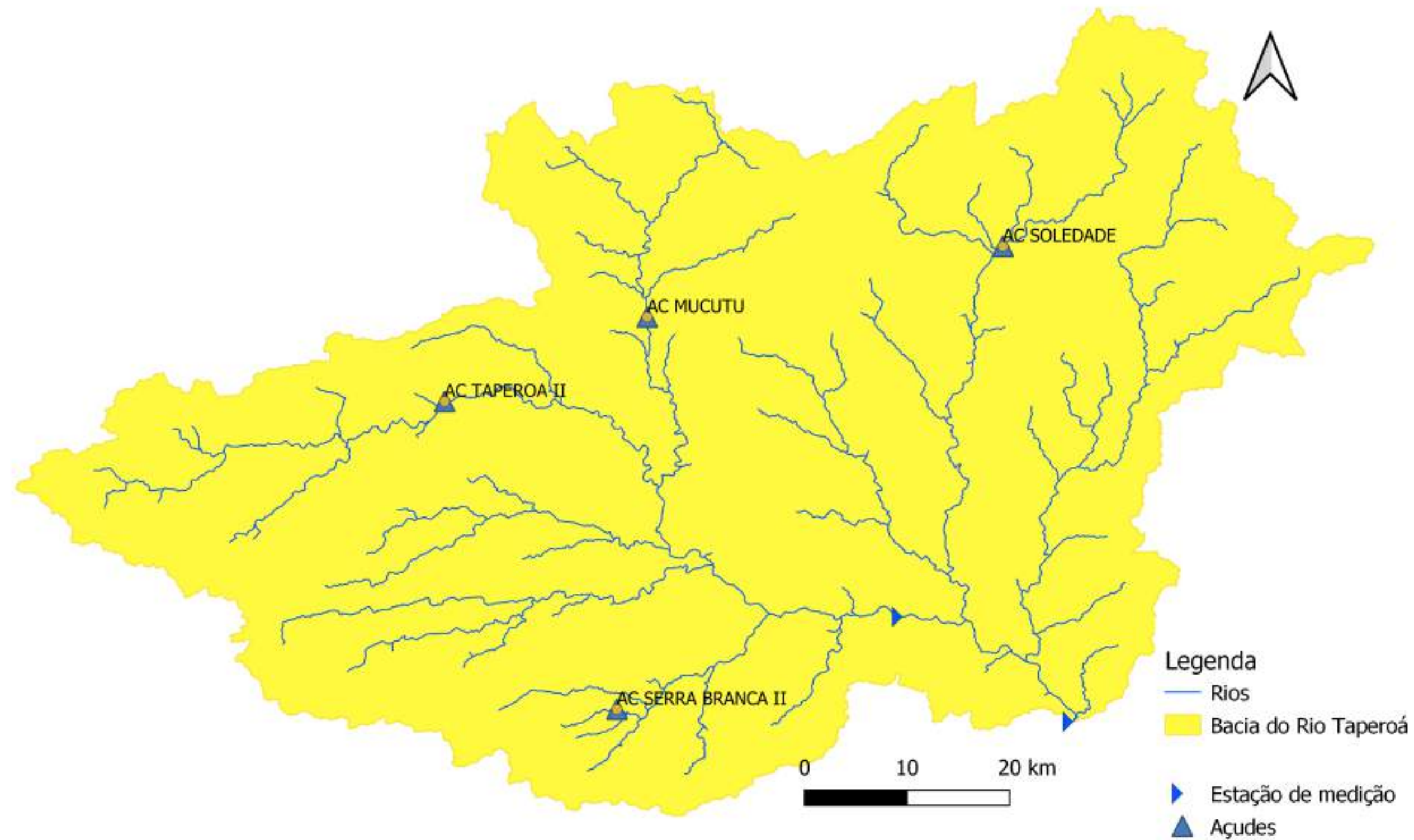
Na região semiárida do Nordeste brasileiro, em particular no cariri paraibano, as chuvas são escassas e concentradas, sendo o armazenamento em reservatórios a principal opção para o homem do campo e para o abastecimento de muitas cidades.

Portanto, precisa-se analisar o potencial destas fontes hídricas em face das mudanças antrópicas e climáticas na sua bacia de contribuição, o que pode ser feito via modelagem hidrossedimentológica considerando cenários.

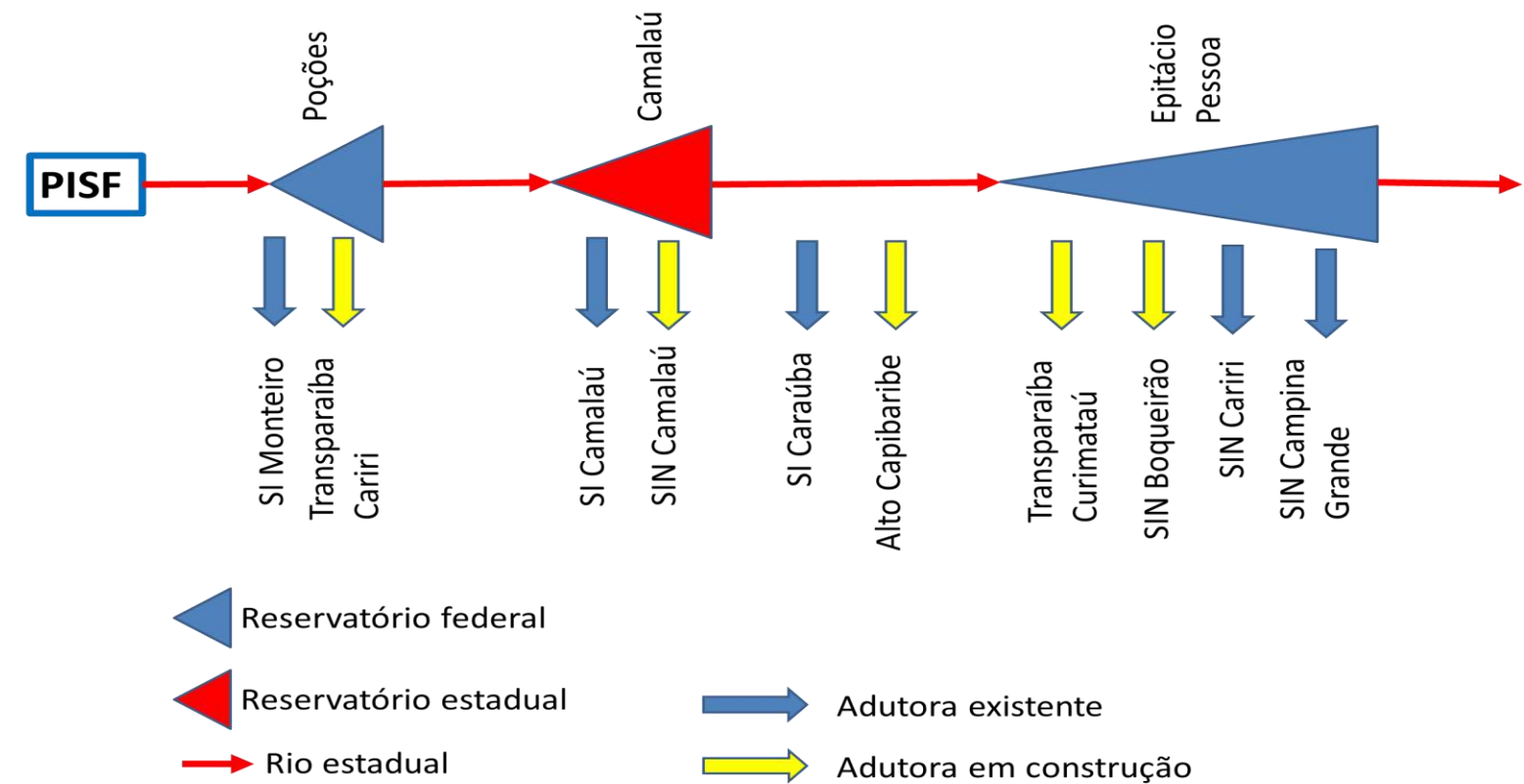
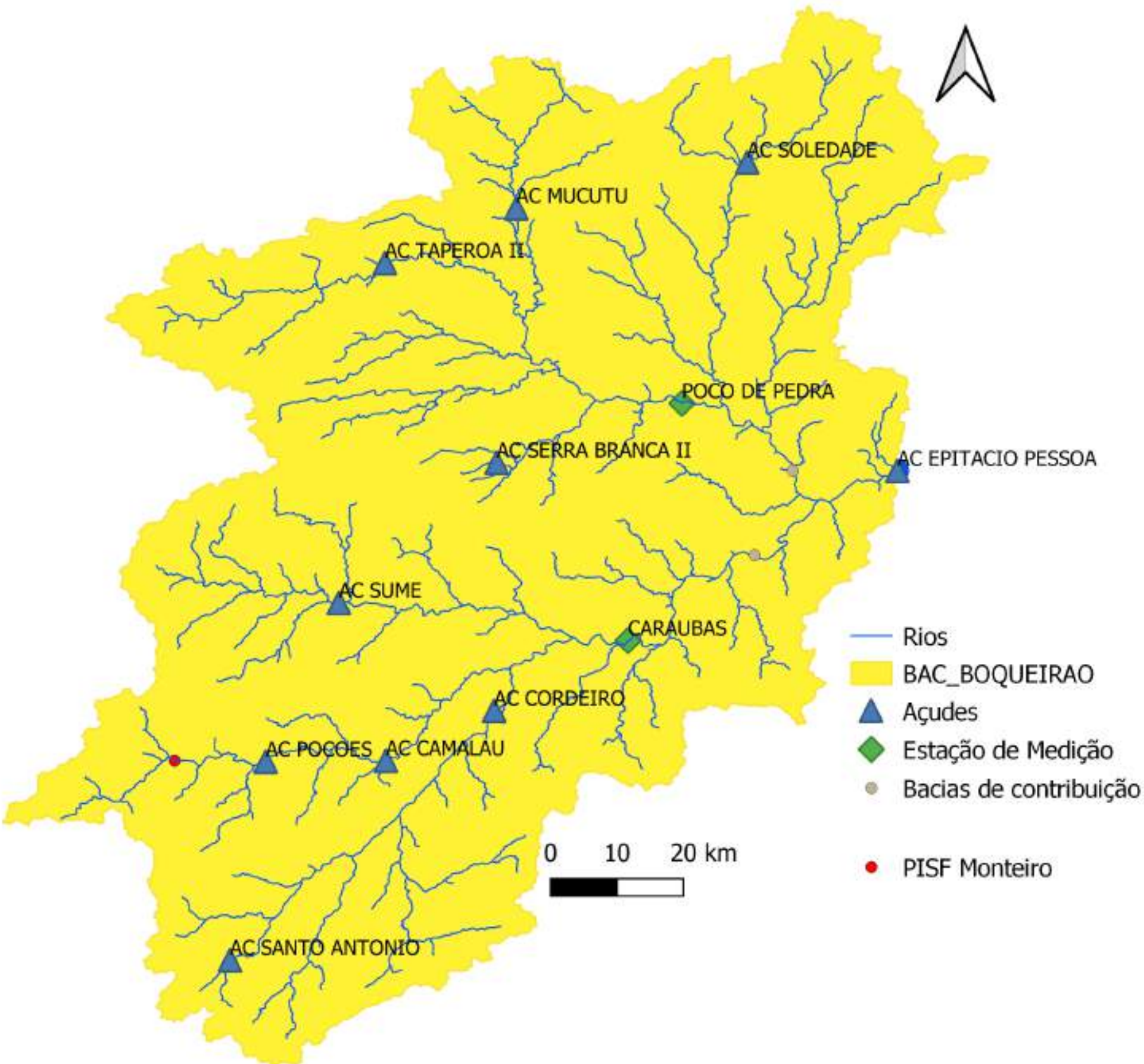
Bacia do Alto Rio Paraíba



Bacia do Rio Taperoá



Bacia do Sistema Hídrico Poções-Epitácio Pessoa (SHPEP)



Capacidade dos reservatórios

Santo Antônio (24,424 hm³), Cordeiro (69,966 hm³), Poções (29,862 hm³), Camalaú (46,438 hm³), Sumé (44,864 hm³), Serra Branca II (14,043 hm³), Taperoá II (15,149 hm³), Mucutu (25,373 hm³), Soledade (27,058 hm³) e Epitácio Pessoa (466,526 hm³).



Visita ao açude de Boqueirao e a sua torre de captação de água para a adutora do mesmo nome (Boqueirão – PB)



Vista de montante do açude de Serra Branca II e a vegetação no talude e no interior do açude



Vista de jusante do canal do PISF



Visita a válvula dispersora do açude de Boqueirão (PB) com vazão de saída de 240 L/s

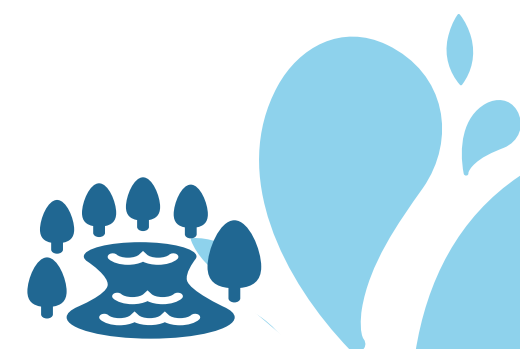


Montante do açude de Sumé



Base de Dados Hidrometeorológicos

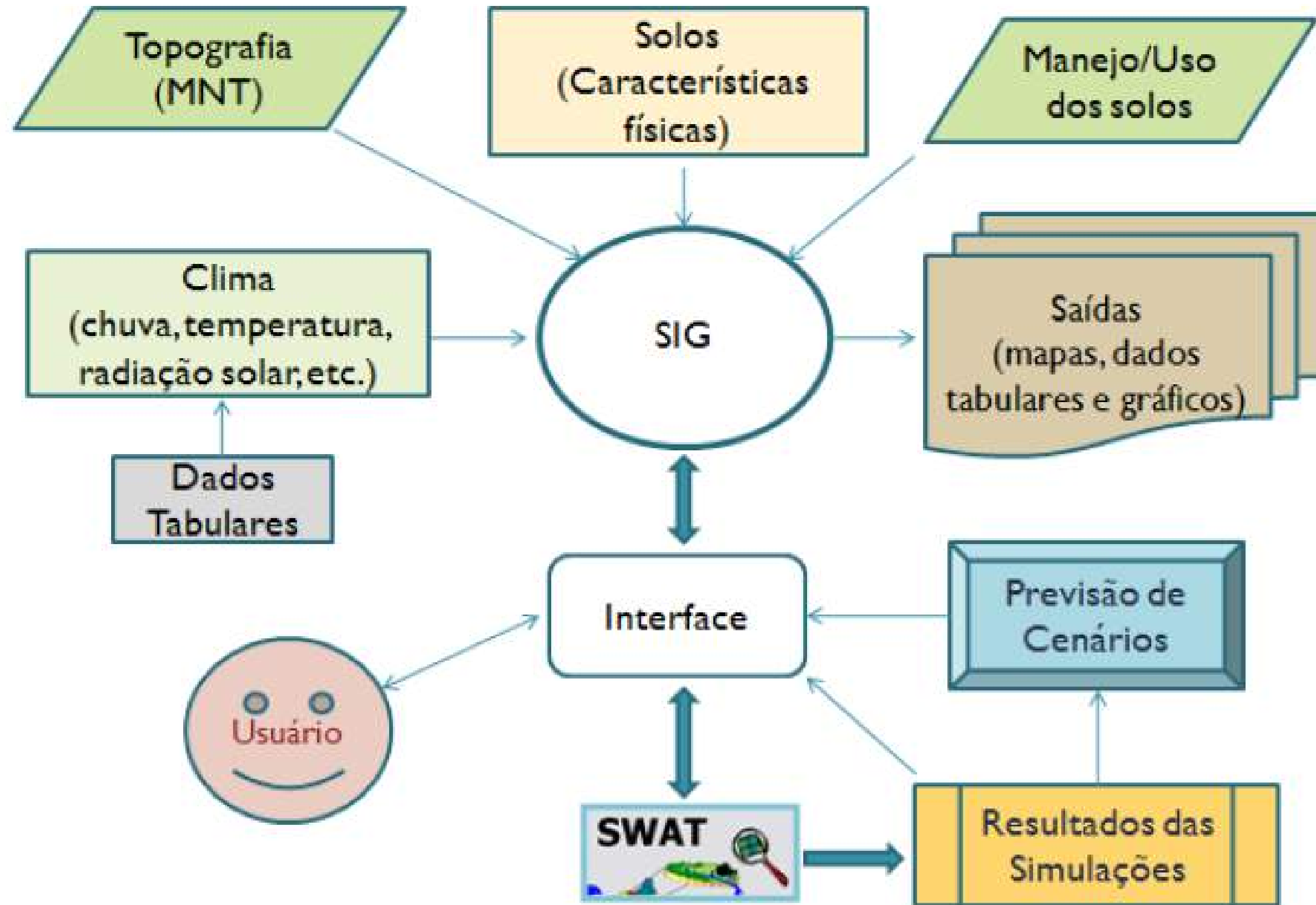
- Dados climatológicos: precipitação diária de estações monitoradas pela AESA - Estado da Paraíba; Temperatura máxima e mínima, humidade relativa, velocidade do vento, radiação solar e evapotranspiração potencial - estação climatológica de Monteiro (INMET)
- Dados hidrológicos: vazão média diária - duas estações fluviométricas (ANA/CPRM): rio Paraíba (Estação Caraúbas); rio Taperoá (Estação Poço de Pedras) e cobre o período 1994-2020.
- Dados pedológicos: os dados sobre as diversas manchas de solo são provenientes do levantamento exploratório de solos do Estado da Paraíba (Embrapa Solos)
- Dados de uso e ocupação do solo: os mapas de uso e ocupação do solo no período 1994-2020 são provenientes do projeto MAPBIOMAS, coleção 8.
- Demandas hídricas: obtidas de diferentes fontes como: outorgas de direito de uso dos recursos hídricos (ANA, 2023; AESA, 2023), Plano Estadual de Recursos da Paraíba (PARAÍBA, 2022);



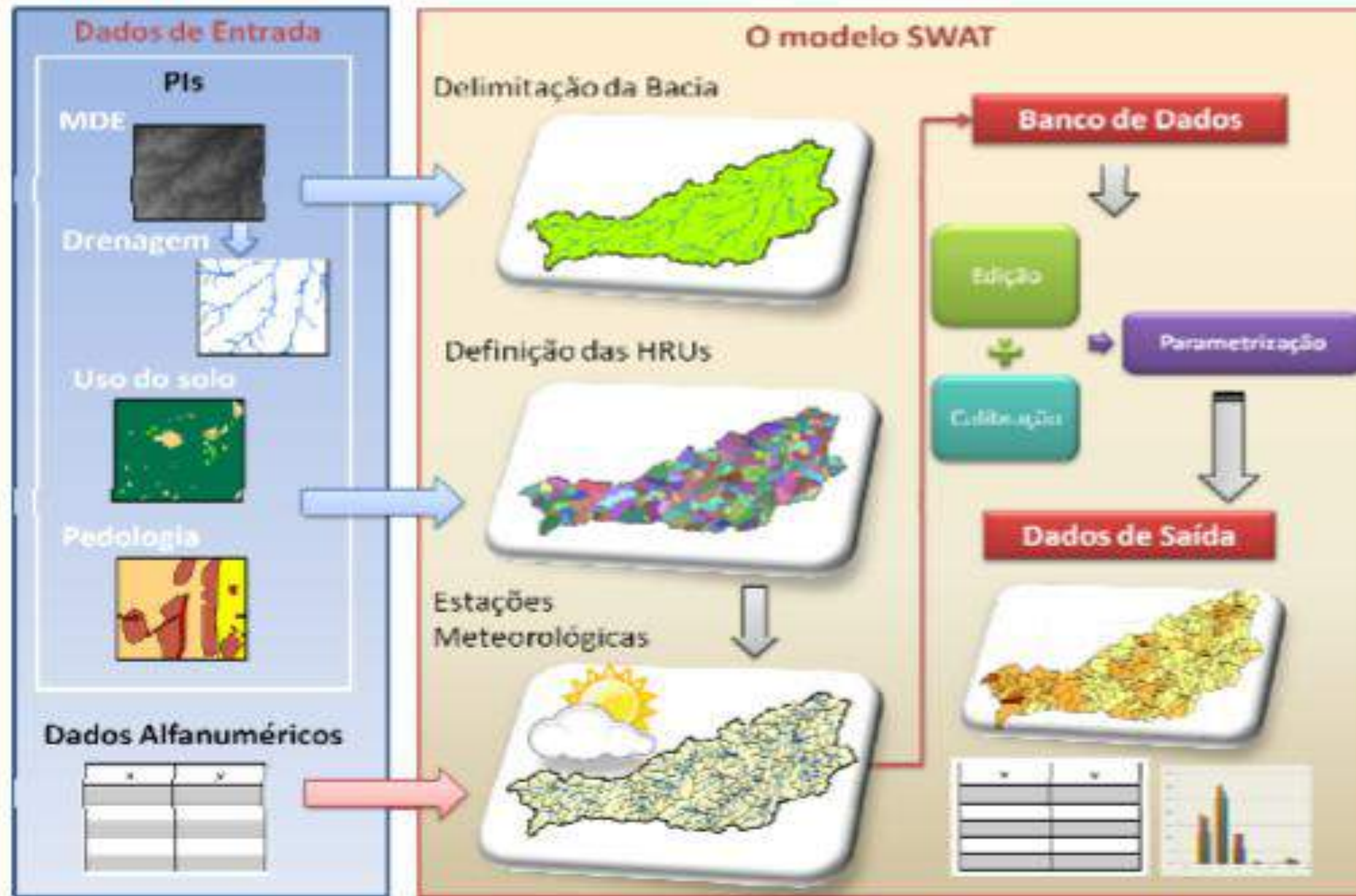
Caracterização do modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

- The SWAT model is a physically based distributed-parameter model
- SWAT was developed to predict the impact of land management practices on hydrologic and water quality response of complex watersheds with heterogeneous soils and land use conditions.
- The basin is divided into sub-watersheds and from them data from climate, hydrologic response units (HRUs), ponds/wetlands, groundwater, and the main reach draining are collected.
- The model simulates overland flow, erosion at sub basin land and along the channels..
- The amount of water, sediment, nutrient and pesticide loadings to the main channel from each sub-watershed is calculated at a daily time scale.
- The input data are generated by using a interface developed within QSWAT interface based on QGis. More details about the model can be obtained from Neitsch et al. (2005).
- The output data can be provided at daily, monthly or annual bases.

• Fluxograma do modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

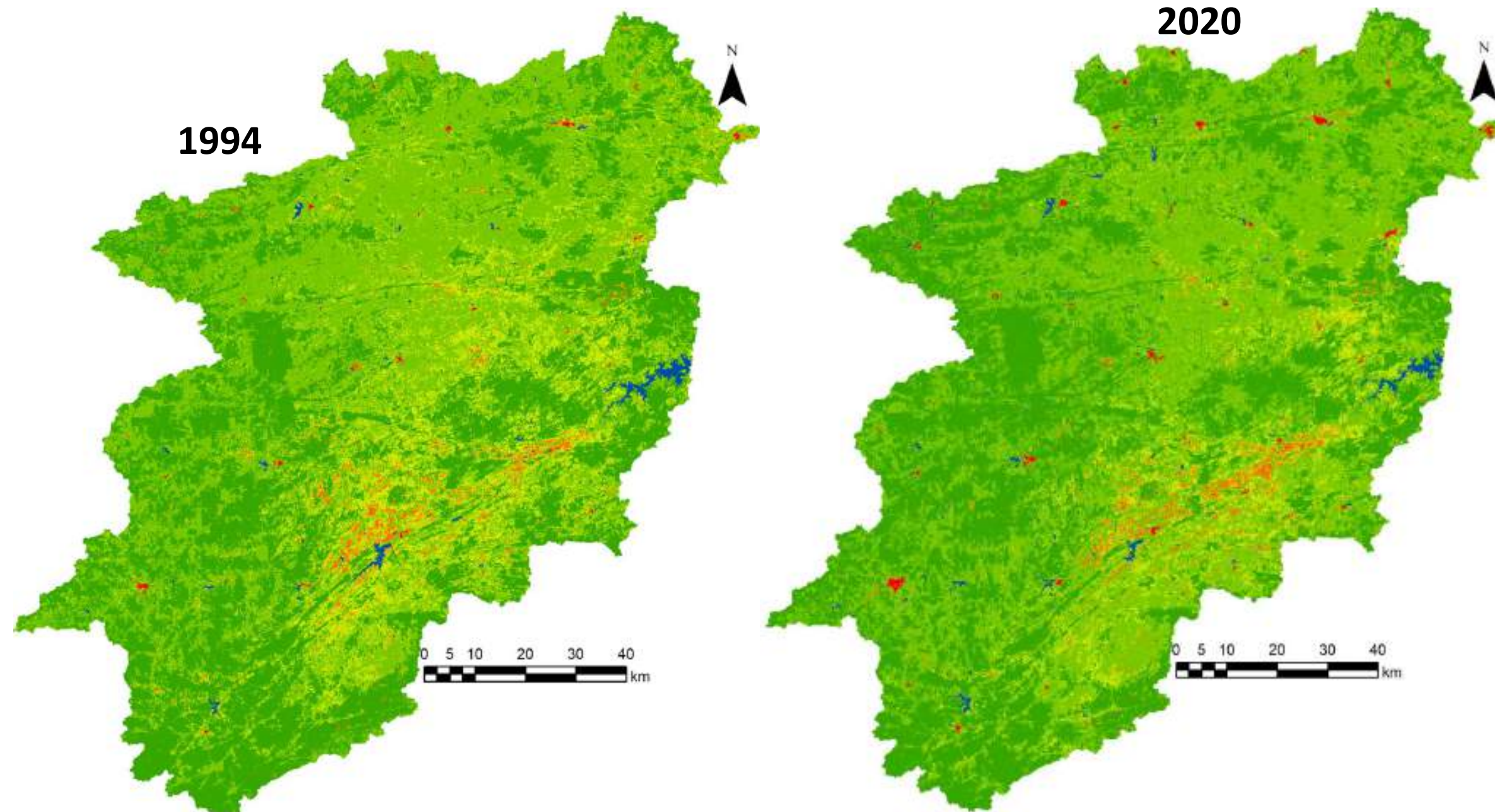


•Dados de entrada para o modelo SWAT



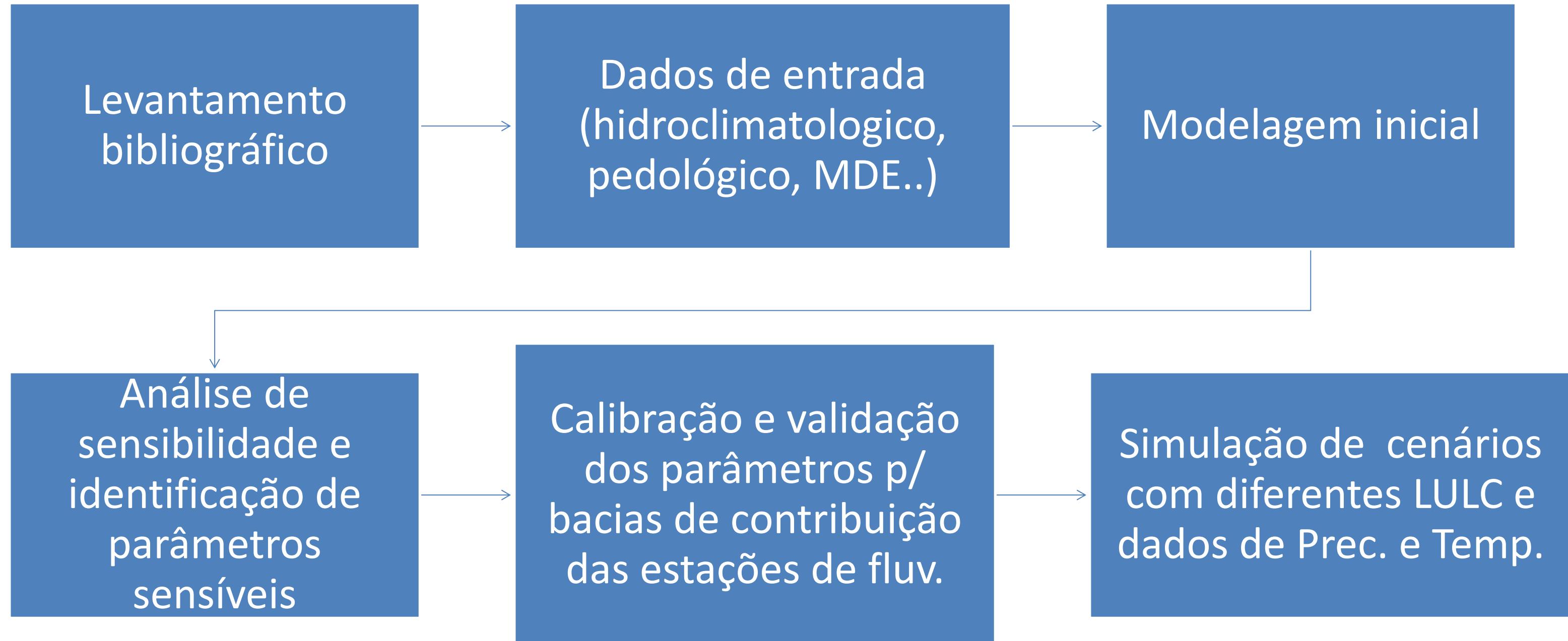
SWAT (Taveira, 2012).

Mapas de Uso e Ocupação do Solo



| Classes de Uso do Solo | Uso do Solo no SWAT | SWAT_CODE |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------|
| Formação Savânica | Range-brush | RRGB |
| Pastagem | Pasture | PAST |
| Área Urbanizada | Urban Medium Density | URBN |
| Outras Áreas não Vegetadas | Barren | BARR |
| Água | Water | WATR |
| Outras Lavouras Temporárias | Agricultural Land-Row Crops | AGRR |

Fluxograma do Trabalho Realizado



Métricas utilizadas para caracterização das simulações

| Desempenho | Métricas | | | |
|----------------|------------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------|
| | NSE | PBIAS (%) | R ² | RSR |
| Muito bom | $0,75 < NSE \leq 1,00$ | $PBIAS < \pm 10$ | $0,75 < R^2 \leq 1,00$ | $0.00 \leq RSR \leq 0.50$ |
| Bom | $0,65 < NSE \leq 0,75$ | $\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$ | $0,65 < R^2 \leq 0,75$ | $0.50 < RSR \leq 0.60$ |
| Satisfatório | $0,50 < NSE \leq 0,65$ | $\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$ | $0,5 < R^2 \leq 0,65$ | $0.60 < RSR \leq 0.70$ |
| Insatisfatório | $NSE \leq 0,50$ | $PBIAS \geq \pm 25$ | $R^2 \leq 0,50$ | $RSR > 0.70$ |

Resultados preliminares

- Impacto do uso e ocupação do solo sobre a demanda hídrica do açude de Sumé – sub-bacia do rio Paraíba

Santos et al. (2023)

Cenários propostos:

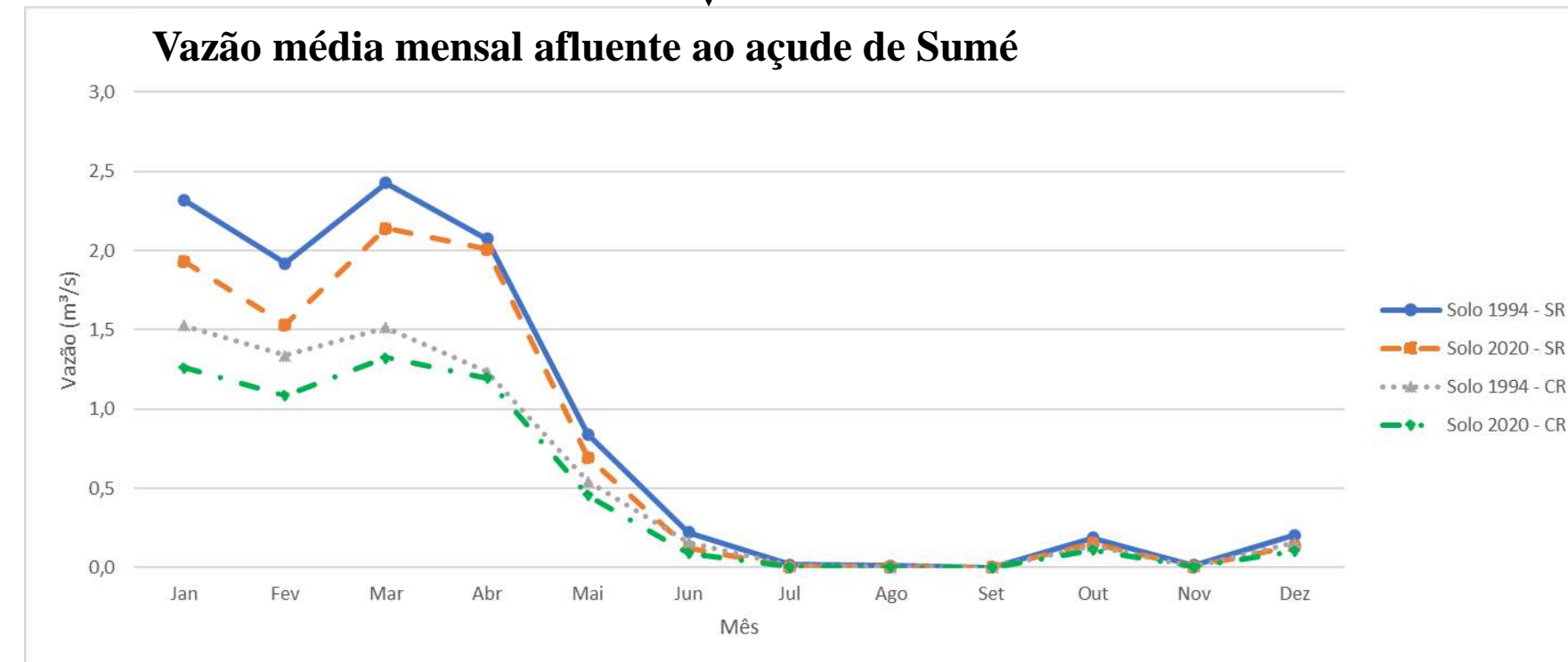
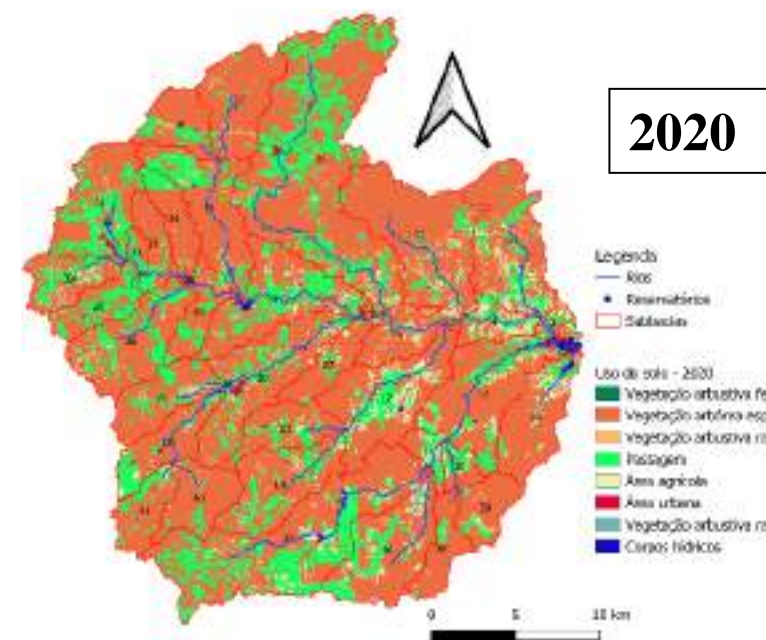
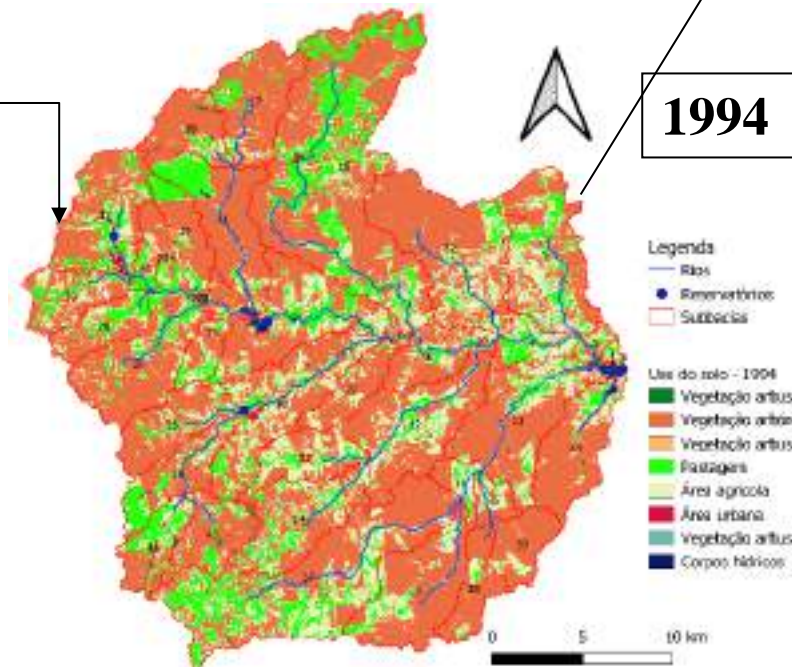
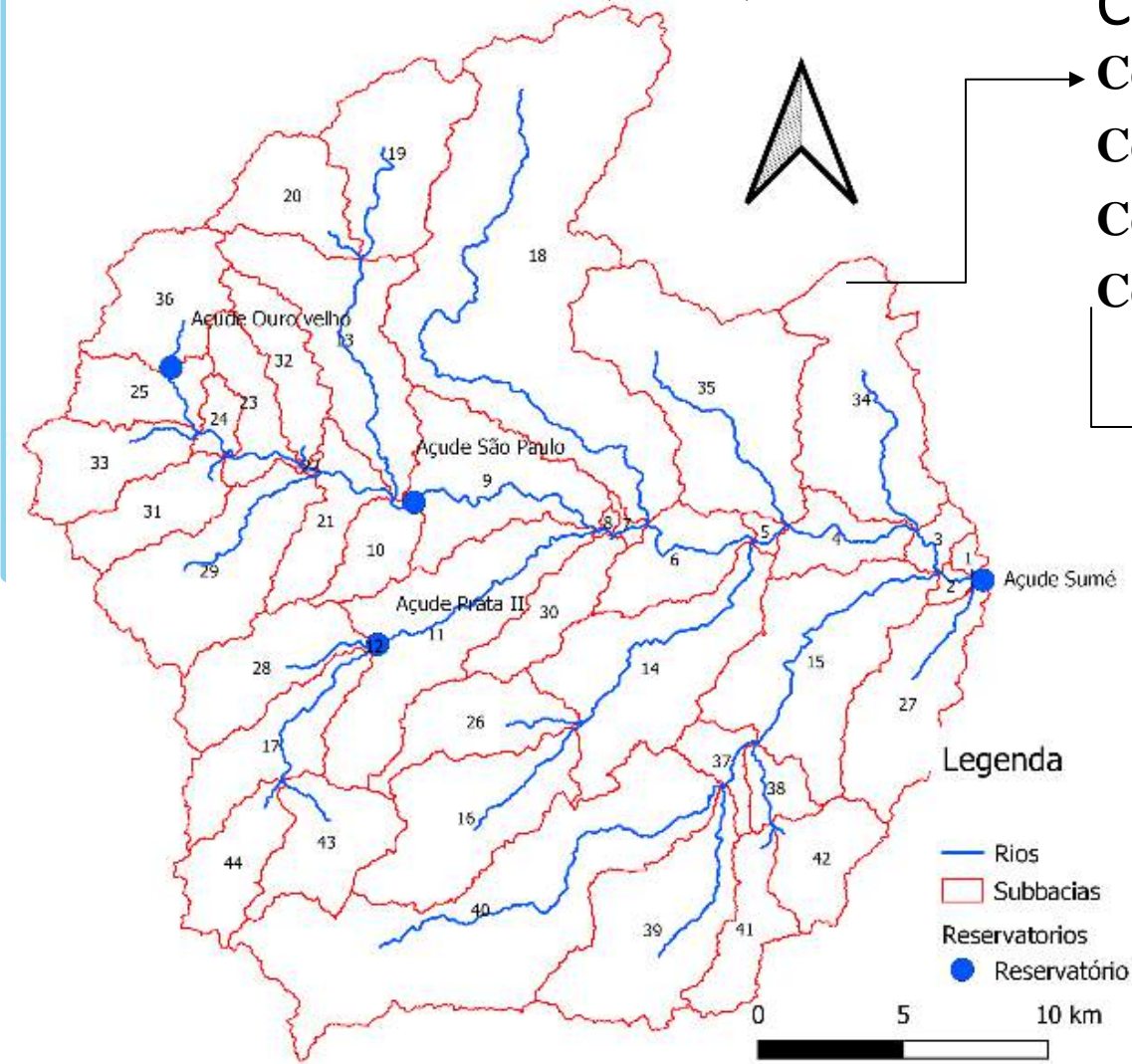
Cenário 1 - uso do Solo de 1994 SR:

Cenário 2 - uso do Solo de 2020 SR:

Cenário 3 - uso do Solo de 1994 CR:

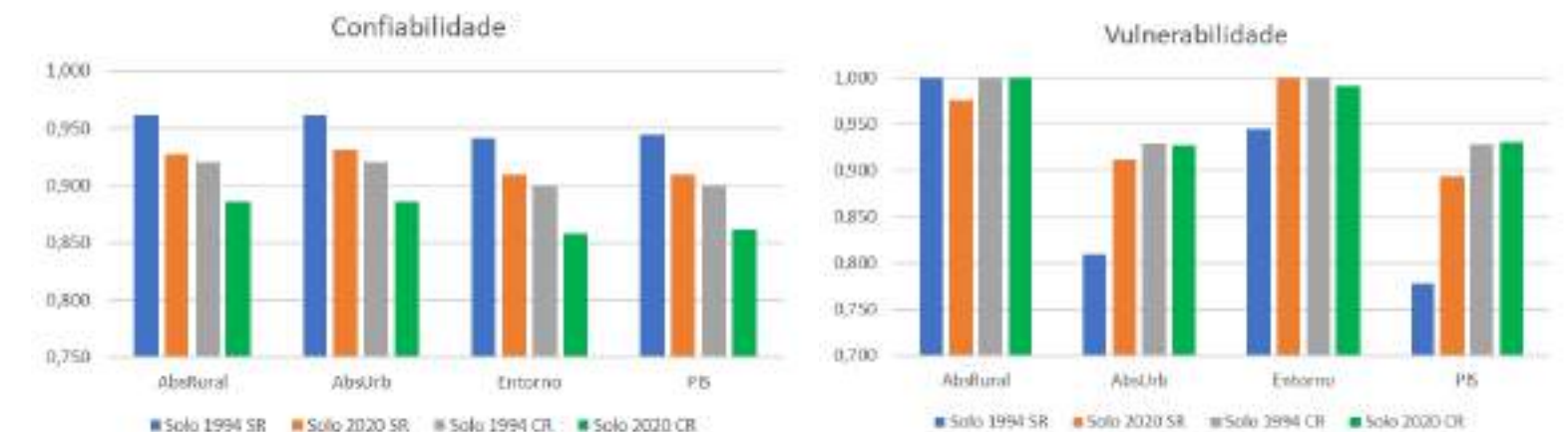
Cenário 4 - uso do Solo de 2020 CR:

Modelos utilizados: SWAT- para geração de vazão; AQUANET-análise de sistemas de rec. hídricos



Área da bacia – 770 km²;
 Volume máximo - 45 hm³;
 População - 60315 hab
 Vazão retirada – 204,1 L/s

Indicadores de atendimento das demandas hídricas do açude de Sumé



Resultados preliminares

- Impacto do uso e ocupação do solo sobre para cenário com e sem a presença de reservatório na bacia



Uso e ocupação do solo na bacia no ano de 1994

| Uso e ocupação do solo | Uso do Solo no SWAT | SWAT_Code | Área (km ²) | % |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------|-------------------------|-------|
| Formação Savânica | Range-brush | RNGB | 5778,58 | 46,66 |
| Pastagem | Pasture | PAST | 3945,81 | 31,86 |
| Área Urbanizada | Urban Medium Density | URBN | 16,09 | 0,13 |
| Outras Áreas não-Vegetadas | Barren | BARR | 185,83 | 1,50 |
| Água | Water | WATR | 80,63 | 0,65 |
| Outras Lavouras Temporárias | Agricultural Land-Row Crops | AGRR | 2376,84 | 19,19 |

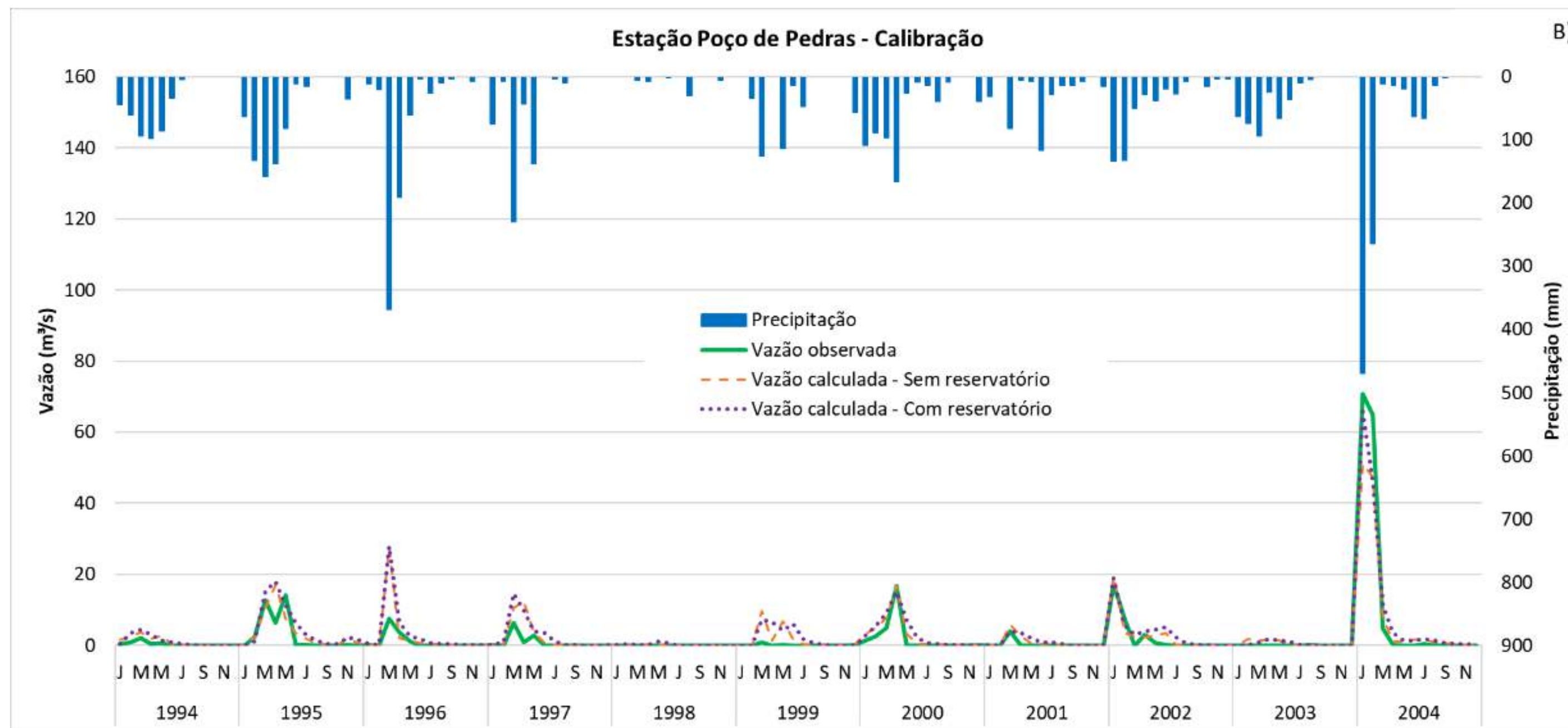
| Posto fluviométrico | Calibração | Validação |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| Caraúbas | 01/01/1994 a 31/12/2004 | 01/01/2005 a 31/12/2016 |
| Poço de Pedras | | |

Cenários por estações

Cenário SR: Sem reservatórios a montante das estações fluviométricas. Situação comumente utilizadas em alguns trabalhos;

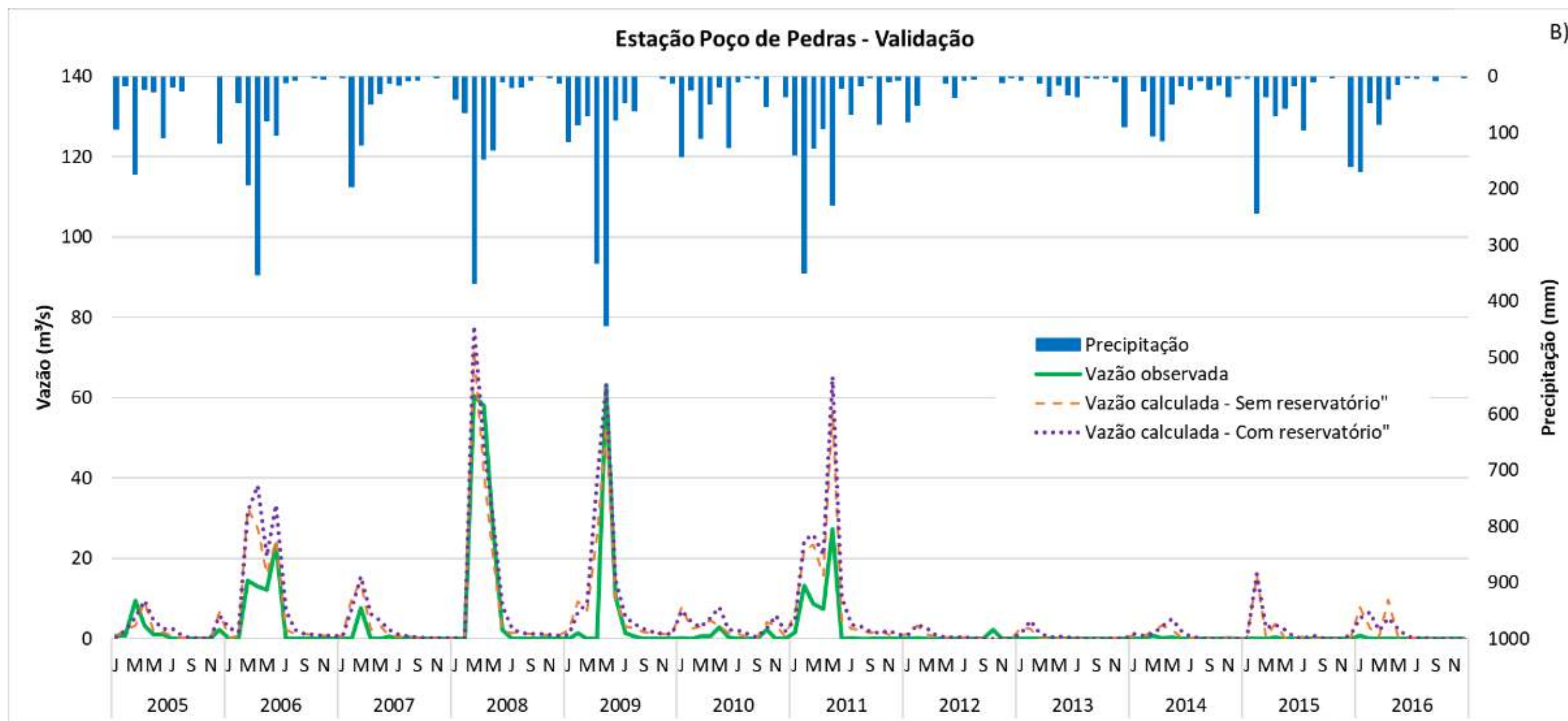
Cenário CR: com os reservatórios acima de 10 hm³ a montante das estações fluviométricas

Resultados e Discussão



| Estação/cenário | R ² | NSE | PBIAS (%) | RSR |
|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| Caraúbas - SR | 0,867 (muito bom) | 0,803 (muito bom) | -1,652 (muito bom) | 0,444 (muito bom) |
| Caraúbas - CR | 0,904 (muito bom) | 0,902 (muito bom) | -0,457 (muito bom) | 0,312 (muito bom) |
| Poço de Pedras - SR | 0,848 (muito bom) | 0,831 (muito bom) | -29,9 (insatisfatório) | 0,411 (muito bom) |
| Poço de Pedras - CR | 0,862 (muito bom) | 0,844 (muito bom) | -58,3 (insatisfatório) | 0,396 (muito bom) |

Resultados e Discussão



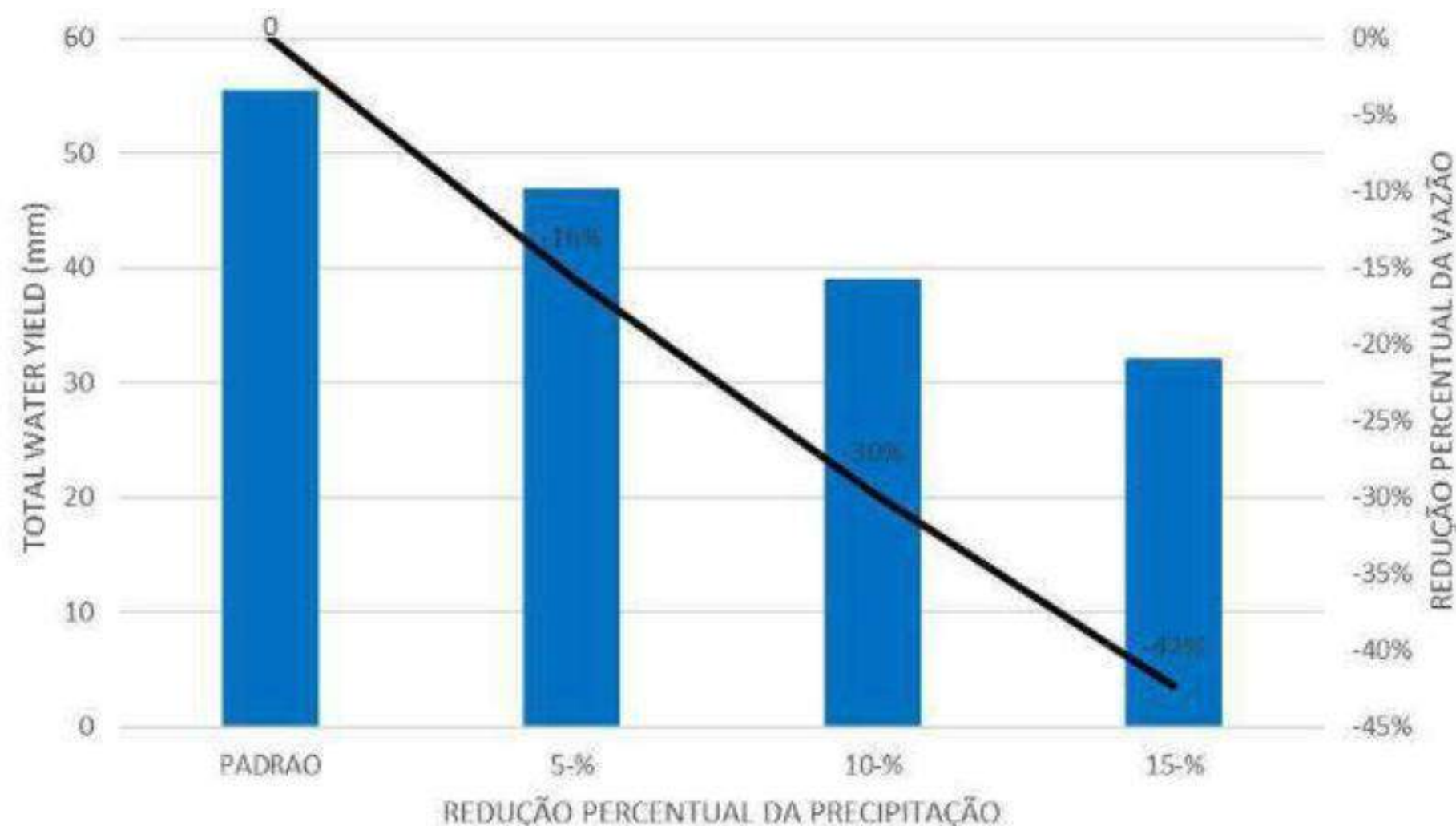
| | R^2 | NSE | PBIAS (%) | RSR |
|----------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Caraúbas - SR | 0,705 (bom) | 0,666 (bom) | 30,987 (insatisfatório) | 0,578 (bom) |
| Caraúbas - CR | 0,750 (bom) | 0,748 (bom) | 8,997 (muito bom) | 0,502 (bom) |
| Poço de Pedras - SR | 0,784 (muito bom) | 0,692 (bom) | -71,9 (insatisfatório) | 0,555 (bom) |
| Poço de Pedras - CR | 0,781 (muito bom) | 0,513 (satisfatório) | -113,1 (insatisfatório) | 0,698 (satisfatório) |

Conclusões

- O modelo utilizado foi capaz de gerar series de vazões confiáveis para a referida bacia.
- A situação com a presença de reservatórios se mostrou a mais adequada para a estação Caraúbas podendo, também, ser utilizada a mesma situação no posto Poço de Pedras
- Percebe-se que diferentes cenários podem ser testados e, portanto, esta é uma importante ferramenta para a gestão dos recursos hídricos
- A partir dos resultados pode-se efetuar o planejamento e tomada de decisão, tanto na conservação de bacias (disciplinando o uso e ocupação do solo e assim as mudanças no mesmo), quanto nos impactos das mudanças climáticas e na influência de pequenos açudes na bacia de contribuição.

Mudança do clima e de cenários de disponibilidade hídrica

Influência das mudanças climáticas sobre o *ESCOAMENTO SUPERFICIAL* e produção de sedimentos no sistema hídrico Poções-Epitácio Pessoa



Considerando-se variações da precipitação total de 5 a 15%, os resultados obtidos em termos de escoamento superficial e produção de sedimentos foram os seguintes:

Uma diminuição de 5% no total precipitado, levou a uma diminuição de volume que chega ao auge de 15%.

Ou seja, para as condições atuais, mas sem o PISF, os resultados levam a crer que as mudanças climáticas causaram uma redução considerável no aporte de água.

Em termos de produção de sedimentos, os percentuais são semelhantes

Projeto FAPESQ/FAPESP 2023-2025

SEGURANÇA HÍDRICA DE MUNICÍPIOS PARAIBANOS: UMA MODELAGEM INTEGRADA DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA E DAS DINÂMICAS NATURAIS E ANTRÓPICAS



SIGMA

Obrigado!!!



Universidade Federal
de Campina Grande



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



SCHOOL OF
ARCHITECTURE,
PLANNING & PRESERVATION

