

ESTUDO DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO MÉDIO PARANAPANEMA POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO

Aline Christine da Silva Carvalho¹

Daniela Bedana da Silva²

Marcelo Yoshimi Yamamoto³

Rafaele Costa Delboni⁴

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

O ciclo hidrológico é o nome dado ao processo de circulação contínua da água, que envolve tanto componentes bióticos como abióticos, movido pela energia solar. Duas variáveis determinam a origem das águas: as precipitações e as evapotranspirações. Além destas variáveis, utiliza-se do escoamento superficial e da infiltração para o chamado balanço hídrico. O Sensoriamento Remoto é uma tecnologia que permite uma análise de dados referentes a um local sem contato direto com esse, por meio de recursos ópticos-eletrônicos. Na área de recursos hídricos, o uso de sensoriamento remoto auxilia na estimativa de dados em grandes extensões, visto que em muitos locais seria impossível cobrir todo o território com estações de monitoramento. Sendo assim o objetivo desse estudo foi analisar por meio de geoprocessamento as entradas e saídas d'água no UGRHI Médio Paranapanema. As imagens de satélite anuais de precipitação (1998-2019) e de evapotranspiração (2004-2020), foram obtidas através da base de dados da NASA – Giovanni e as demais informações foram obtidas através do DataGeo. Para processamento dos dados foi utilizado o software *Qgis*. Dentro da série histórica estudada na UGRHI 17, a precipitação média foi de 1500 mm/ano, e a evapotranspiração média foi de 1020 mm/ano. Os anos subsequentes as maiores precipitações tiveram as maiores evapotranspirações. Há uma tendencia de maior disponibilidade hídrica ao logo dos extremos sul da UGRHI 17, onde se margeia o rio Paranapanema.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Balanço hídrico; Precipitação; Evapotranspiração; UGRHI 17.

¹Mestranda em Geografia PPGG-MP – Universidade Estadual de Júlio Mesquita - UNESP – Campus Presidente Prudente, aline.cs.carvalho@unesp.br.

²Mestranda em Geografia PPGG-MP – Universidade Estadual de Júlio Mesquita - UNESP – Campus Presidente Prudente, daniela.bedana@unesp.br.

³Mestrando em Geografia PPGG-MP – Universidade Estadual de Júlio Mesquita - UNESP – Campus Presidente Prudente, marcelo.yamamoto@unesp.br.

⁴Mestranda em Geografia PPGG-MP – Universidade Estadual de Júlio Mesquita - UNESP – Campus Presidente Prudente, rafaele.delboni@unesp.br.

INTRODUÇÃO

As questões ligadas à água necessitam uma abordagem multidisciplinar, visto que ela é um componente essencial a vida, abrangendo diversas esferas de conhecimento, tais como hidrológica, geológica, biológica, química, econômica, social e ambiental (PAZ, 2004).

O ciclo hidrológico é a nomenclatura dada ao processo de circulação contínua da água, que envolve tanto componentes bióticos como abióticos, movido pela energia solar. Duas variáveis determinam a origem das águas: as precipitações e as evapotranspirações. Além destas variáveis, utiliza-se do escoamento superficial e da infiltração para o chamado balanço hídrico (BRANCO, 2006).

A evapotranspiração é o processo que envolve a evaporação da água superficial e da água presente nos solos e na vegetação, bem como a água advinda da transpiração dos vegetais. Esta é a forma pela qual a água da superfície terrestre passa para a atmosfera no estado de vapor que constitui função essencial no ciclo hidrológico (PAZ, 2004; BRANCO, 2006).

Subsequentemente, o ciclo hidrológico avança através da condensação em nuvens seguida pela precipitação da água na forma de chuva, granizo ou neve. Esta quando atinge o solo pode seguir os seguintes caminhos: escoamento superficial formando rios e lagos, ou percolação no solo alimentando os lençóis freáticos e aquíferos subterrâneos (PAZ, 2004; BRANCO, 2006).

No Brasil, foi definido pela Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, denominada Política Nacional dos Recursos Hídricos, que a unidade territorial de gerenciamento dos recursos hídricos é a bacia hidrográfica, sendo ela objeto para implementação desta lei e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A partir disto, o estado de São Paulo através da Lei Estadual nº 9.034/1994, foi dividido em 22 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs), com suas respectivas bacias hidrográficas, contemplando os 645 municípios do Estado. Essa divisão levou em consideração critérios hidrológicos, ambientais, socioeconômicos e administrativos, e foi motivada pela necessidade de viabilizar e

Realização

Apoio

otimizar fluxos técnico, político e administrativo, de forma que ambas as divisões, por bacia hidrográfica e por UGRHI, coexistissem na política estadual (SIGRH-SP,2022).

O Sensoriamento Remoto é uma tecnologia que permite uma análise de dados referentes a um local sem contato direto com esse, por meio de recursos ópticos-eletrônicos. As ferramentas que empregam o Sensoriamento Remoto facilitam o levantamento de dados em áreas de difícil acesso, e colaboram com o acompanhamento dos processos dinâmicos da natureza (FIGUEREDO, 2005).

Na área de recursos hídricos, o uso de sensoriamento remoto auxilia na estimativa de dados em grandes extensões, visto que em muitos locais seria impossível cobrir todo o território com estações de monitoramento. Sendo assim o objetivo desse estudo foi analisar por meio de geoprocessamento as entradas (precipitação) e saídas (evapotranspiração) d'água no UGRHI Médio Paranapanema – UGRHI 17.

METODOLOGIA

Caracterização da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema - UGRHI 17 abrange uma área de 16.749 km², limitando-se, a leste com a UGRHI 10 (Rio Sorocaba e Médio Tietê); ao norte com as UGRHIs 13 (Tietê/Jacaré), 16 (Tietê/Batalha), 20 (Aguapeí) e 21 (Peixe); a oeste com a UGRHI 22 (Pontal do Paranapanema) e ao sul com a UGRHI 14 (Alto Paranapanema) e o Estado do Paraná, como mostra a Figura 1. Entre os principais corpos hídricos da UGRHI-17 podemos citar o Rio Pardo, o Rio Turvo, o Rio Capivara, o Rio Novo e o Rio Pari.

Na Divisão Hidrográfica do Estado de São Paulo, estabelecida pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos, Lei Estadual 9.034/94, definiu-se que integram a UGRHI-17 os municípios, cujas sedes estejam inseridas em sua área de abrangência, correspondendo à 42 municípios, sendo eles: Águas de Santa Bárbara, Alvinlândia, Assis, Avaré, Cabrália Paulista, Campos Novos Paulista, Cândido Mota, Canitar, Cerqueira César, Chavantes, Cruzália, Duartina, Echaporã, Espírito Santo do Turvo, Fernão, Florínea, Gália, Iaras, Ibirarema, Itatinga, João Ramalho, Lucianópolis, Lupércio, Maracaí, Ocaçu, Óleo,

Realização

Apoio

Ourinhos, Palmital, Paraguaçu Paulista, Pardinho, Paulistânia, Pedrinhas Paulista, Platina, Pratânia, Quatá, Rancharia, Ribeirão do Sul, Salto Grande, Santa Cruz do Rio Pardo, São Pedro do Turvo, Tarumã, Ubirajar.

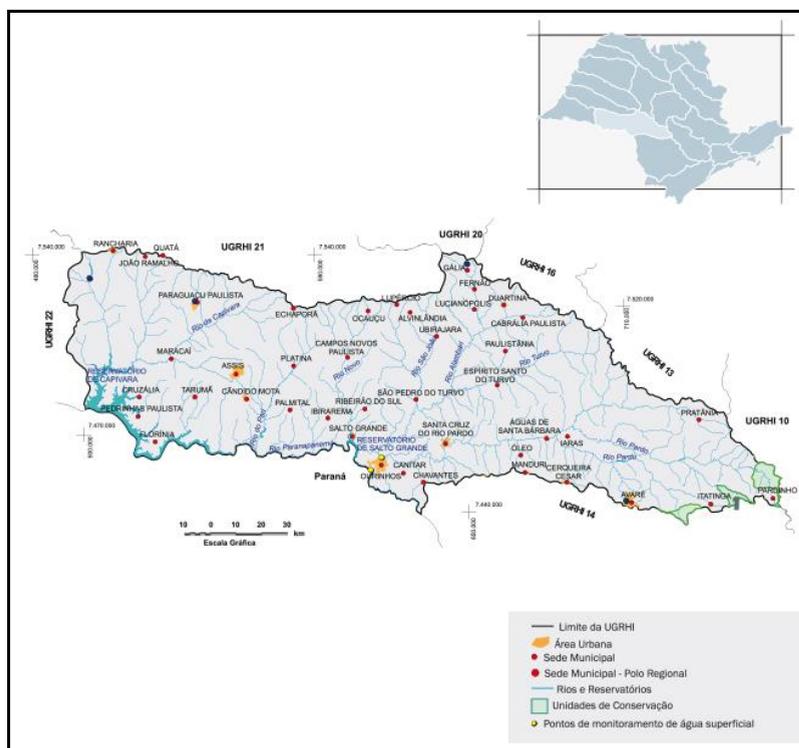


Figura 1 – Mapa da UGRHI 17 e seus limites territoriais.
 Fonte: SIGRH-SP (2022)

Fonte de dados geoespaciais e procedimentos

As imagens de satélite foram obtidas através da base de dados da NASA - Giovanni, onde foram baixados dados de Precipitação da missão TRMM (anual, 1998 – 2019) e os de Evapotranspiração da missão GLDAS (anual, 2004 – 2020). Além disso para compor as demais informações, como delimitação das UGRHIs, rede de drenagem e divisão política do estado de São Paulo, foi utilizado o DataGeo. Nessa base são disponibilizados para visualização os dados oficiais do Estado de São Paulo quanto à relevo, mananciais, solos, geologia, vegetação, hidrologia, índices ambientais, e muito mais. A integração dos dados matriciais e vetoriais foi feita através do software *Quantum Gis - QGis*.

Para realizar as médias, as diferenças percentuais e balanços hídricos dos dados matriciais foi utilizada a ferramenta *Calculadora Raster*. A partir das informações vinculadas as imagens matriciais, ditos máximos, mínimos média e desvio de cada ano para precipitação e evapotranspiração, foram elaborados gráficos para melhor visualizar os anos menor e maior ocorrência desses fenômenos. Para melhor visualização foi realizada a configuração de estilo para uma escala gradiente do branco ao azul escuro para a precipitação, sendo os menores valores mais claros e os maiores mais escuros; do vermelho, branco e azul para a diferença percentual, sendo os valores negativos no gradiente vermelho e os positivos no gradiente azul.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo os passos propostos anteriormente descritos, a Figura 2 apresenta o mapa da precipitação anual acumulada média ao longo da UGRHI 17. Nesse mapa podemos notar uma homogeneidade por toda a extensão da UGRHI, com a média geral em torno dos 1500 mm/ano de precipitação.

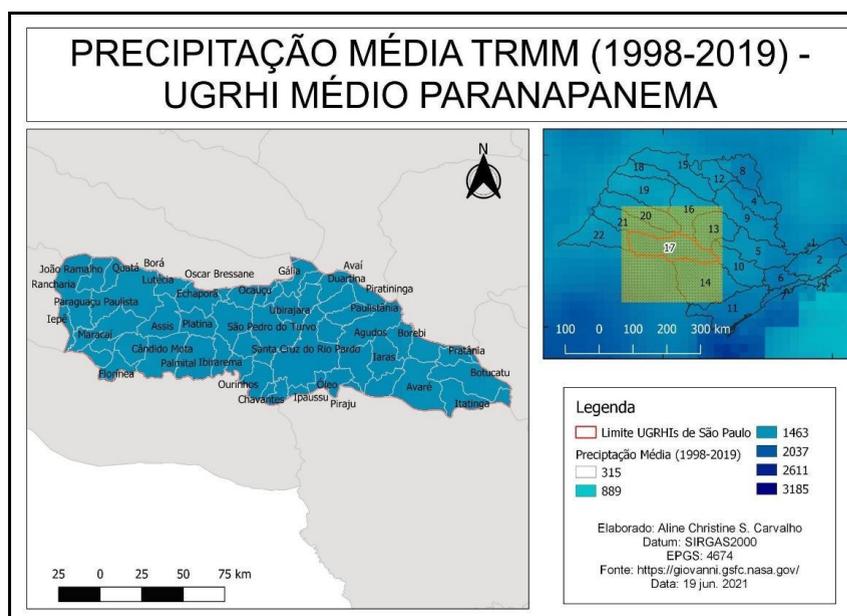


Figura 2 – Mapa de Precipitação média anual acumulada na UGRHI 17.

Fonte: Elaborado pelos autores

Já pelo enfoque anual, temos disposto na Figura 3 o gráfico de precipitação máxima, média e mínima anual que possamos melhor analisar essa série histórica. Como é possível notar pela Figura 3, o ano que apresentou a maior precipitação máxima foi o ano de 2009, a qual a máxima encontrada dentro da UGRHI ultrapassou os 2500mm/ano, seguido do ano de 2015, com a máxima ultrapassando os 2000mm/ano.

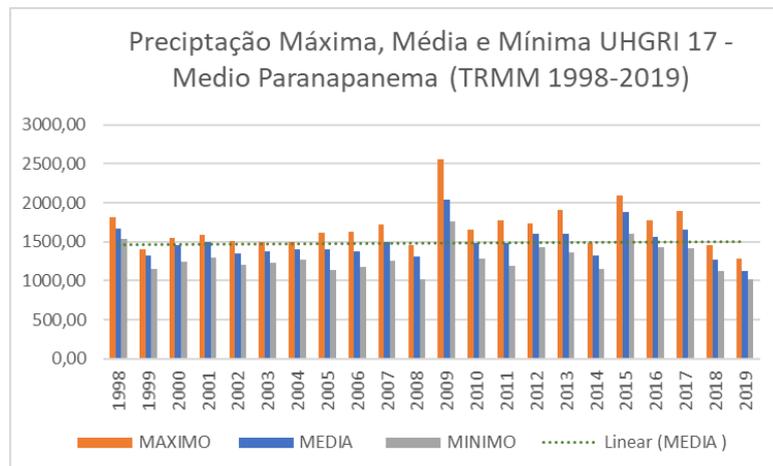


Figura 3 – Gráfico de Precipitação UGRHI 17

Fonte: Elaborado pelos autores

Dando um destaque ao ano de 2015, constatou-se através de manchetes de jornais digitais, como exemplificado na Figura 4, que muitas cidades pertencentes a UGRHI do Médio Paranapanema tiveram registradas chuvas neste ano causaram diversos alagamentos e danos físicos-estruturais demonstrando a falta de preparo nas cidades para a recepção de grandes volumes de chuva.

Segundo Paz (2006), as atividades antrópicas e suas constantes alterações no meio impactam significativamente os processos do ciclo hidrológico. Este impacto é facilmente percebido nas cidades, onde o aumento da impermeabilização do solo faz com que a maior parte da água precipitada nas cidades escoe superficialmente. Sendo que em um ambiente com capacidade permeável de solo a maior parte da precipitação infiltraria subterraneamente.



Figura 4 – Notícias na região do Médio Paranapanema referentes as chuvas de 2015.
Fonte: G1 (2015).

Na Figura 5 observa-se a comparação dos anos de 2005(a), 2010(b), 2015(c) e 2020(d) com a média anual de precipitação (1998-2019), através dos mapas de diferença percentual. Nota-se que no ano de 2005 (figura 5-a), a região oeste da UGRHI apresentou déficit em relação à média, enquanto a região leste ficou mais próxima da média e em alguns pontos apresentou precipitação até 20% acima da média. No ano de 2010 (figura 5-b), percebe-se um padrão distinto, onde o centro da UGRHI apresentou maior déficit e os extremos leste e oeste se mantiveram na média ou ainda acima dela. Já no ano de 2015 (figura 5-c), toda a UGRHI apresentou precipitações acima da média, superando os 30% em alguns pontos próximos a Paraguaçu Paulista e São Pedro do Turvo. No ano de 2020 (figura 5-d), ocorreu o inverso, toda a UGRHI apresentou precipitações abaixo da média.

Sobre a evapotranspiração é necessário considerar a o uso e ocupação do solo, que na região do médio Paranapanema tende a ser predominantemente agrícola. Através dos dados de evapotranspiração que variavam de 2004 a 2020, foi elaborado o mapa de evapotranspiração acumulada anual média na UGRHI 17, disposto na Figura 6.

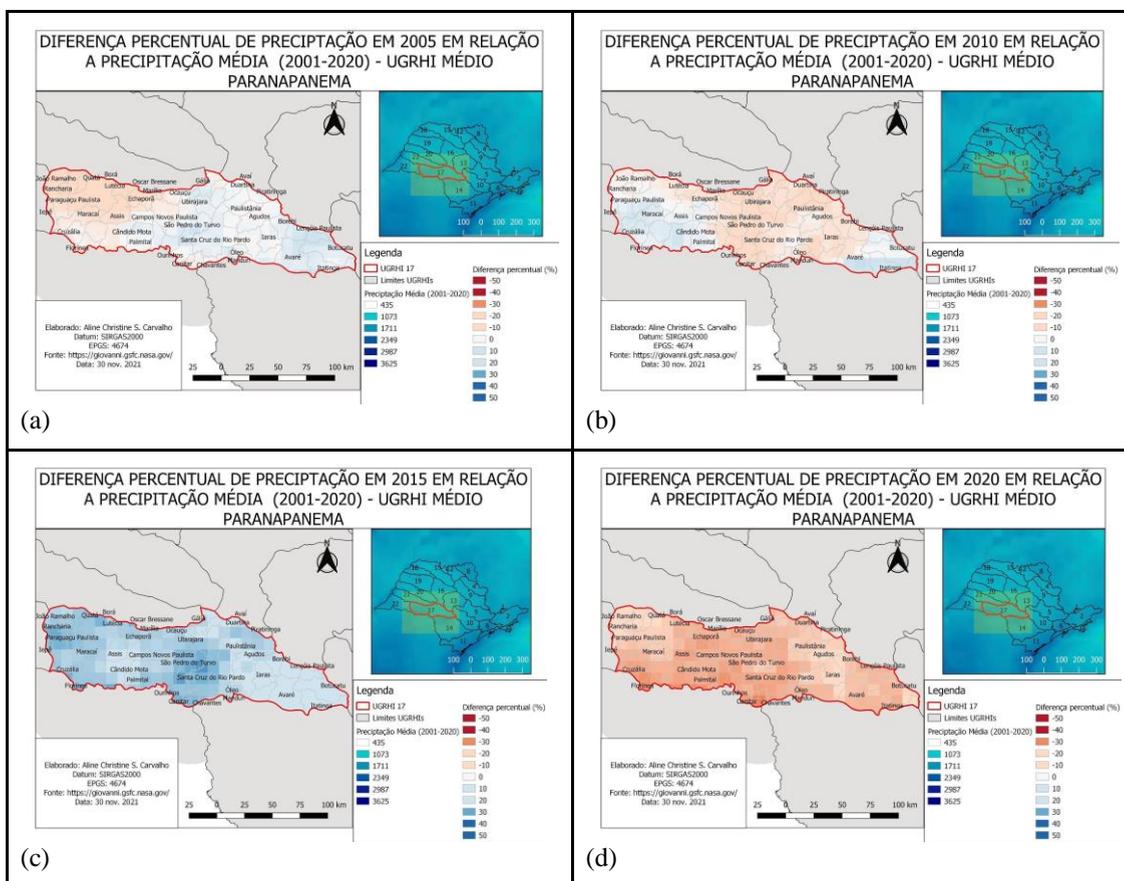


Figura 5 – Mapas de diferença percentual de 2005, 2010, 2015 e 2020 em relação à precipitação média na UGRHI 17.

Fonte: Elaborado pelos autores

Pelo mapa, nota-se menor evapotranspiração ao sul da UGRHI 17, cerca de 800-900mm/ano, possivelmente em função do tipo de cultivo, sendo comum a plantação de culturas sazonais que deixam o solo sem cobertura vegetal em alguns períodos do ano, tais como cana de açúcar, milho e soja. Já na região ao norte a evapotranspiração média é maior (em torno de 900 a 1200 mm/ano) possivelmente pela presença de remanescentes florestais e culturas mais permanentes, tais como café, laranja e eucaliptos. Ainda analisando estes dados, o gráfico disposto na Figura 7, exhibe os máximos, médias e mínimos dentro de cada ano para a UGRHI 17.

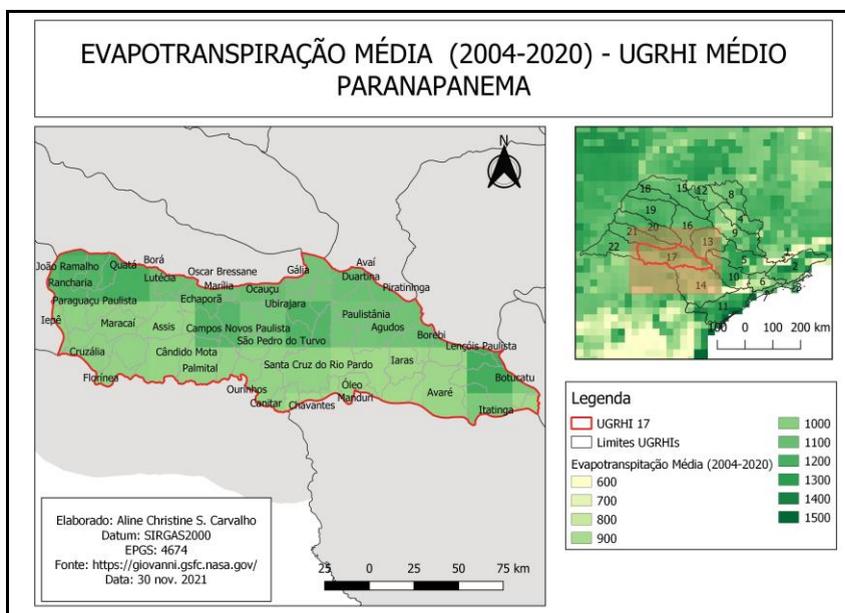


Figura 6 – Mapa de Evapotranspiração acumulada anual média na UGRHI 17.
Fonte: Elaborado pelos autores

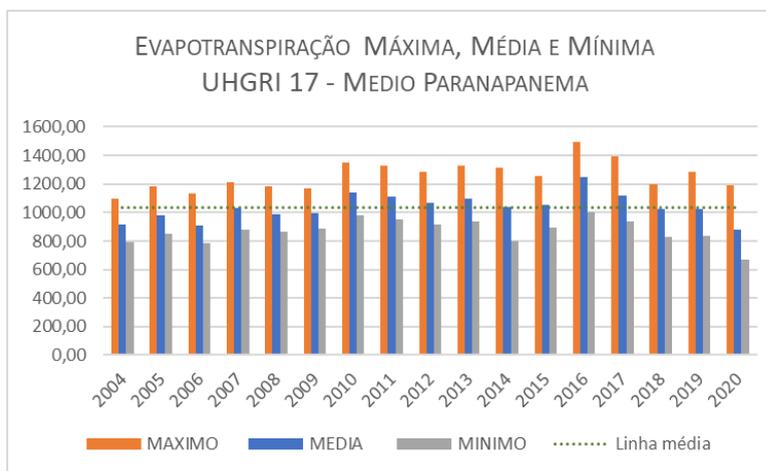


Figura 7 – Gráfico de Evapotranspiração UGRHI 17.
Fonte: Elaborado pelos autores

Nota-se que as maiores máximas ocorreram nos anos de 2016, 2017 e 2010, justamente, os posteriores e próximos aos que tiveram maior precipitação anual (2009 e 2015). Isto evidencia que após períodos mais úmidos a evapotranspiração tende a ser maior devido a maior disponibilidade de água no solo e em corpos hídricos.

Sabe-se que uma das maiores contribuições do acompanhamento de evapotranspiração é a inferência do balanço hídrico, que embora dependa de muitas variáveis física, biológicas e antrópicas pode ser simplificado como a diferença da

precipitação (entrada de água) e a evapotranspiração (saída de água), pois essas variáveis representam a maior parte do fluxo do ciclo hidrológico sendo as outras praticamente constantes ou numericamente irrelevantes.

Sendo assim, foram elaborados alguns mapas que apresentam essa inferência do balanço hídrico. Primeiramente, se apresenta o balanço hídrico médio (Figura 8), calculado através da diferença entre a precipitação média e a evapotranspiração média, já apresentados nas figuras 2 e 6.

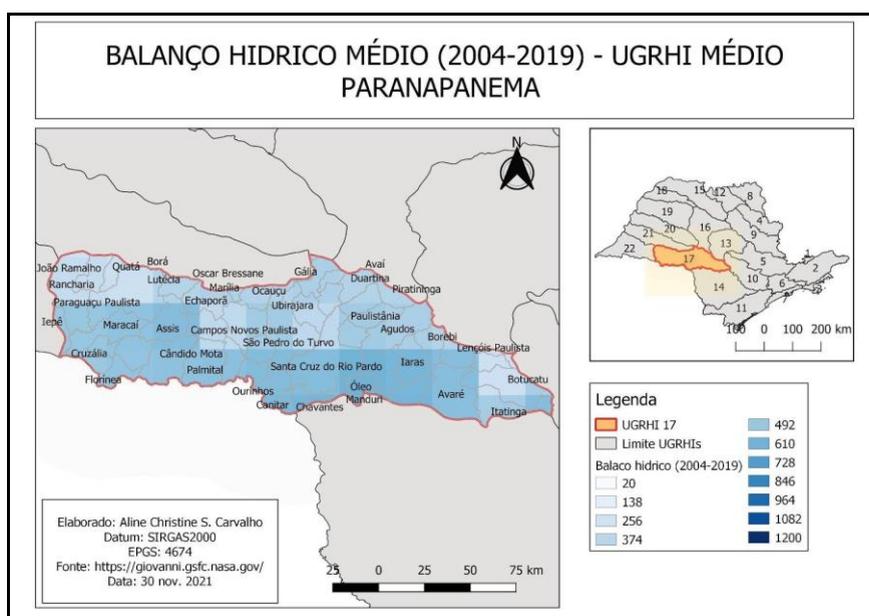


Figura 8 – Mapa do balanço hídrico médio na UGRHI 17
Fonte: Elaborado pelos autores

Observa-se que ele segue o padrão inverso ao da evapotranspiração média, visto que a precipitação média se apresentava praticamente constante e homogênea, logo a maior disponibilidade hídrica está relacionada aos pontos de menor evapotranspiração.

Na Figura 9 podemos observar os mapas de balanço hídrico de 2005(a), 2010(b), 2015(c) e 2020(d) na UGRHI 17. Através da Figura 9-a podemos notar que no ano de 2005 o balanço foi maior na região sudeste próximo de Avaré e menor a noroeste em Quatá e Rancharia. No ano de 2010 (figura 9-b) o maior saldo de entrada de água foi a sudeste em Santa Cruz do Rio Pardo e Iaras.

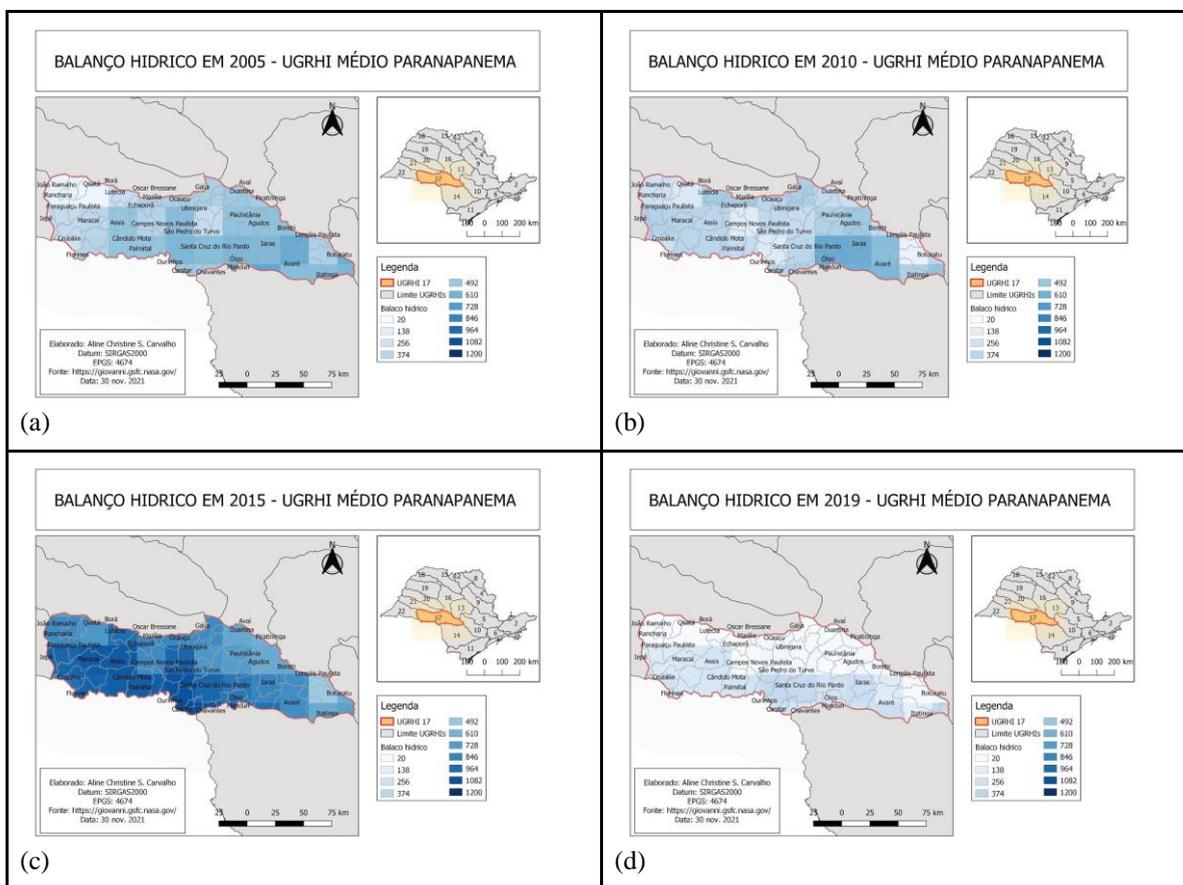


Figura 9 – Mapas balanço hídrico de 2005, 2010, 2015 e 2019 na UGRHI 17.
Fonte: Elaborado pelos autores

Ainda segundo a imagem, 2015 (figura 9-c) a entrada de água apresentou um superávit que na região sudoeste da UGRHI próximos aos 1100mm. Já no ano de 2019 (figura 9-d) nota-se que o balanço indica a proximidade de valores entre a precipitação e a evapotranspiração, onde na região norte da UGRHI o balanço foi quase nulo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro da série histórica estudada na UGRHI 17, a precipitação média foi de 1500 mm/ano, e a evapotranspiração média foi de 1020 mm/ano. Os anos subsequentes as maiores precipitações tiveram as maiores evapotranspirações.

Há uma tendência de maior disponibilidade hídrica ao logo dos extremos sul da UGRHI 17, onde se margeia o rio Paranapanema.

Destaca-se que o resultante do balanço hídrico representa a disponibilidade de água que vai seguir por escoamento superficial e infiltração no solo para abastecer os rios e lençol freático subterrâneo, e posteriormente usada para suprir as necessidades das populações ecológicas e humanas.

Através das análises de sensoriamento remoto realizadas, considera-se que os problemas de disponibilidade hídrica decorrem principalmente da junção do crescimento de demandas locais (pela irrigação e urbanização) e da degradação da qualidade das águas.

AGRADECIMENTOS

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Mestrado Profissional, Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha, Profa. Dra. Renata Ribeiro de Araújo e Prof. Dr. Rodrigo Lilla Manzione, que ministraram a disciplina de Projeto Integrador Profissional e promoveram o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BRANCO, O. E. de A. **Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade.** [S. l.: s. n.], 2006. Disponível em:
<https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/04/Disponibilidade-H%c3%addrica.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 22 dez. 2021.

DATAGEO. **INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS AMBIENTAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO.** Disponível em: <<https://datageo.ambiente.sp.gov.br/>>. Acesso em 19 jul 2021.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto.** [S. l.: s. n.], 2005. Disponível em: https://www.clickgeo.com.br/wp-content/uploads/2013/04/conceitos_sm.pdf. Acesso em: 22 dez. 2021.

G1 Marília e Bauru, Reportagens das chuvas. 2015. Disponível em:
<<http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2015/09/forte-chuva-causa-estragos-em-marilia-e-deixa-bairros-sem-energia.html>>, <<http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2015/01/chuva-de-15-minutos-causa-estragos-na-zona-rural-de-assis.html>>, <<http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2015/11/chuva-forte-atinge-cidades-da-regiao-centro-oeste-paulista-nesta-6->

Realização

Apoio



[feira.html](#)>, <<https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2015/03/vento-forte-e-chuva-causam-estragos-em-ourinhos.html>>. Acesso em: 17 dez 2021.

NASA, Giovanni. **Banco de dados geoespaciais**. Disponível em:
<<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>>. Acesso em 19 jul 2021.

PAZ, A. R. da. **Hidrologia Aplicada**. [S. l.: s. n.], 2004. Disponível em:
https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/03/aula-1_apostila_hidrologia_aplicada_uergs.pdf. Acesso em: 22 dez. 2021.

SÃO PAULO. **Lei nº 9034, de 27 de dezembro de 1994**. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH. (Revogada pela Lei nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016)
Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1994/lei-9034-27.12.1994.html>. Acesso em: 22 dez. 2021.

SIGRH-SP. Divisão Hidrográfica. 2022. Disponível em:
<https://sigrh.sp.gov.br/divisaohidrografica>. Acesso em: 27 jul. 2022.

Realização



Apoio

