



# RESUMO

**Introdução:** As mudanças climáticas globais acenderam um alerta em toda sociedade sobre os cenários de extremos hidrológicos e seus efeitos negativos para toda a sociedade.

**Objetivo:** Diante deste cenário, esta pesquisa teve como objetivos avaliar o balanço hídrico em duas sub-bacias pertencentes à Bacia Hidrográfica PCJ, com diferentes condições de uso e ocupação do solo, sendo a sub-bacia Cabeceira com maior percentual de cobertura florestal e a sub-bacia Ribeirão Cachoeira com maior uso antrópico, especialmente agrícola.

**Metodologia:** Para tanto, foram analisadas comparações entre os regimes pluviométricos das duas sub-bacias, bem como a estimativa da evapotranspiração em um período de 19 anos, para realização do balanço hídrico, procurando evidenciar o papel da cobertura florestal na geração de escoamento. **Resultados:** Os resultados, como esperados, mostraram que na sub-bacia Cabeceira, que possui maior cobertura florestal (66,78%) as médias anuais de precipitação e escoamento foram maiores no período analisado (2000-2018) que quando comparado com a sub-bacia Ribeirão Cachoeira, que possui apenas 8,80% de cobertura florestal nativa. Também ficou claro que na sub-bacia Ribeirão Cachoeira, as taxas de evaporação foram superiores, evidenciando o papel da cobertura florestal na manutenção da umidade do solo, evitando perdas diretas pela evaporação de superfície. Apesar de não ficar evidenciado que as maiores taxas de precipitação e escoamento na sub-bacia Cabeceira seja decorrentes de sua cobertura florestal, fica claro que no cenário atual, com uma perspectiva de crescimento populacional e maior demanda por água, que as florestas desempenham um importante papel na segurança hídrica e no controle dos eventos climáticos extremos em bacias hidrográficas, além de desempenhar serviços ecossistêmicos indispensáveis a qualidade de vida humana.

**Palavras-chave:** Escoamento; Hidrologia Florestal; Bacia Hidrográfica PCJ. .

## 1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica pode ser considerada um ente sistêmico. É onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam definidas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos (PORTO e PORTO, 2008).

De acordo com a Lei Federal 9.433/97, conhecida como Política Nacional de Recursos Hídricos, a bacia hidrográfica deve ser considerada como uma unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Isto devido ao fato de que a bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto, que recebe energia através de agentes climáticos e perde através do deflúvio. A bacia hidrográfica como sistema aberto pode ser descrita em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e desta forma, uma bacia quando não perturbada por ações antrópicas, encontra-se em equilíbrio dinâmico (LIMA, 2005). A análise desses aspectos envolve características de clima, geomorfologia, solo, vegetação, deflúvio e evapotranspiração, com o que se pode quantificar os processos hidrológicos da bacia e correlacioná-los com as diferentes variáveis relacionada à quantidade e qualidade da água, assim como sua dinâmica (CARDOSO et al., 2006).

Dentre essas variáveis, a cobertura vegetal pode ser descrita como a de maior influência no ciclo hidrológico. O processo de ciclagem de água que ocorre por meio da vegetação, graças ao processo de evapotranspiração, irá influenciar diretamente no volume de água que circula na bacia. A presença de florestas nativas pode desempenhar diversas funções eco-hidrológicas, como a regulação da quantidade de água, o controle da erosão e aporte de sedimentos e, conseqüentemente, influenciando os parâmetros físico-químicos dos cursos d'água (LIMA et al., 2013).

Mas para compreender a ação da vegetação, primeiramente, é preciso analisar as relações hídricas dentro da bacia que proporcionam o equilíbrio dinâmico citado por Lima (2005). Quando a precipitação atmosférica atinge a superfície superior da cobertura florestal de uma bacia hidrográfica, ela se torna um elemento básico em hidrologia florestal, que é a entrada (*input*) do sistema hidrológico. Considerando a equação simplificada do balanço hídrico em uma bacia hidrográfica, de um modo geral apenas cerca de um quarto da precipitação anual se torna disponível para o escoamento dos rios. A maior parte, portanto, retorna à atmosfera pelo processo de evaporação (SILVA, 2015).

O balanço hídrico pode ser uma importante ferramenta para avaliação do ciclo hidrológico em escala regional, visto que ele é a representação matemática de todas as etapas do ciclo hidrológico. Amplamente utilizado para avaliação de demanda hídrica na agricultura, considerando o armazenamento da água no solo por meio do modelo de Balanço Hídrico Climatológico, desenvolvido por Thornthwaite e Mather em 1955 (PEREIRA, 2005), atualmente se torna indispensável também para uma eficiente gestão dos recursos hídricos, vistos que é um modelo hidrológico que permite avaliar cenários presentes e futuros de

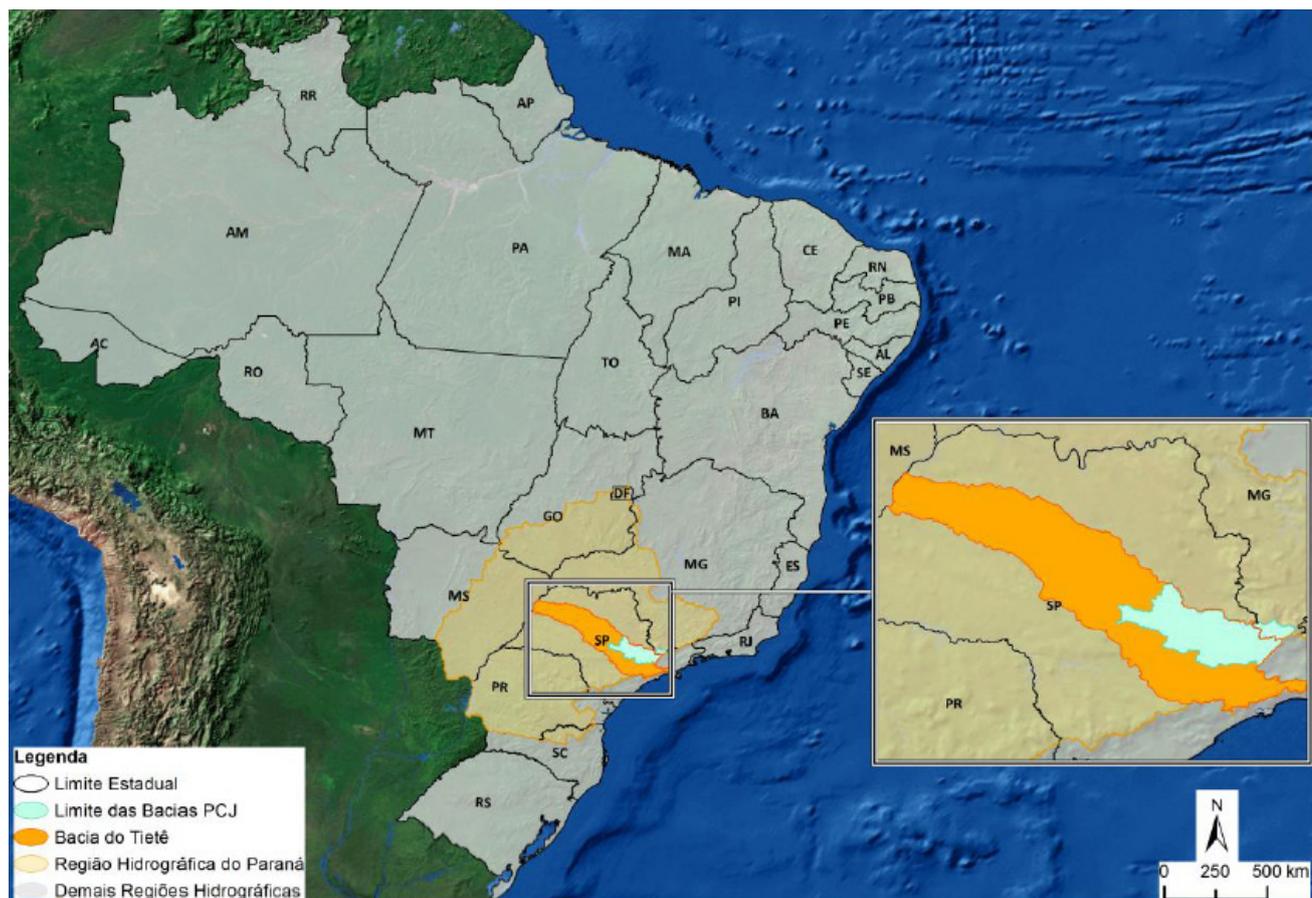
disponibilidade x demanda e, conseqüentemente, fomentar políticas públicas mais eficientes.

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo principal realizar o balanço hídrico em duas sub-bacias hidrográficas localizadas em uma região de grande demanda hídrica, para fins de comparação dos efeitos da cobertura florestal, através da estimativa indireta da evapotranspiração, contribuindo, desta maneira, para estudos futuros sobre demanda de água em um momento de grandes discussões sobre escassez hídrica decorrente do cenário atual de mudanças climáticas globais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas duas sub-bacias hidrográficas que compõe a Bacia Hidrográfica PCJ (Piracicaba-Capivari-Jundiá), que possui uma área total de 15.377,81 km<sup>2</sup> e abrangem, total ou parcialmente, territórios de 76 municípios sendo que 71 pertencem ao estado de São Paulo e 05 ao estado de Minas Gerais. A localização e delimitação da Bacia PCJ pode ser vista na figura 01.

**Figura 1:** Localização da Bacia Hidrográfica PCJ



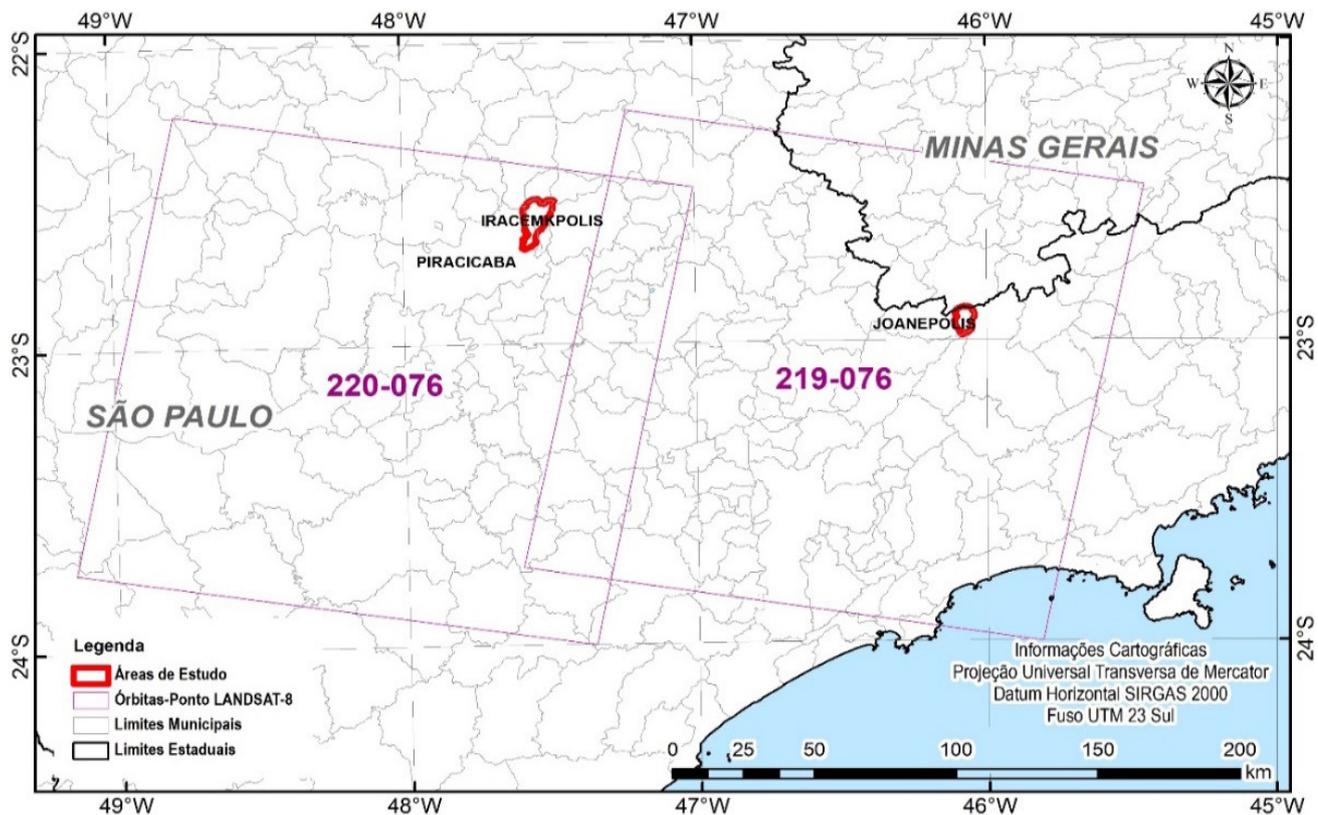
**Fonte:** Comitês PCJ (2020)

A área das bacias PCJ apresenta 20,35% de cobertura vegetal nativa florestal de Mata

Atlântica (principalmente Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual, além de 2,08% de campos úmidos. A maior parte desses remanescentes de vegetação nativa estão inseridas em unidades de conservação, com destaque para a APA Sistema Cantareira, fundamental para manutenção da qualidade hídrica e para o abastecimento de cerca de 9 milhões de pessoas e a Reserva Biológica Serra do Japi, localizada no município de Jundiá. A ocupação predominante do solo é a vegetação campestre, que envolve tanto a presença dos campos naturais como as pastagens, representando 25,30% da área total da bacia. O plantio de cana-de-açúcar também se mostra expressivo, ocupando 19,01% da bacia. Com relação ao potencial erosivo dos solos, a Bacia PCJ 28% de sua área classificada como área de “Alta” e 21% como “Muito Alta” suscetibilidade à erosão (COMITÊS PCJ, 2020)

Para esta pesquisa foram selecionadas duas sub-bacias hidrográficas localizadas dentro da bacia PCJ, sendo uma com grande percentual de cobertura florestal nativa e outra com maior uso rural predominante e baixa cobertura florestal, verificando a disponibilidade de dados de postos pluviométricos que pudessem servir como base para levantamento da precipitação dessas áreas. A localização das duas sub-bacias selecionadas podem ser vistas na figura 02.

**Figura 2:** Localização das sub-bacias de estudo.



Fonte: IBGE (2006; 2010); ANA (2010). Elaborado por Alexander Sergio Evaso.

A sub-bacia selecionada com baixa cobertura vegetal está localizada no município de Iracemápolis, que de acordo com o Comitê PCJ (2020) é um município classificado como

“de muita alta criticidade”, ou seja, cujo balanço entre demanda e disponibilidade hídrica é considerado como nulo ou negativo. A sub-bacia possui 117,53 km<sup>2</sup> de área e é chamada de Ribeirão Cachoeira. A segunda sub-bacia, a qual se pretende comparar com a Ribeirão Cachoeira se encontra no município de Joanópolis, de média criticidade quanto a demanda hídrica e possui 53,42 km<sup>2</sup> e neste estudo foi denominada como Cabeceira. O nome se deu pelo fato de o município estar localizado na região das “Cabeceiras dos rios PCJ” (na bacia Jaguari), concentrando grande parte das nascentes que produzem água ao Sistema Cantareira, um importante sistema de abastecimento público das regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas (COMITÊS PCJ, 2020).

Para determinação do uso e cobertura do solo em cada uma das duas sub-bacias de estudo foram obtidas imagens do satélite Landsat 8, dos sensores OLI (Operation Land Imager), referente as órbitas-ponto 219-076 e 220-076, disponibilizadas pelo United States Geological Survey, do ano de 2019. As imagens foram processadas pelo software de uso livre Quantum Gis, delimitando-se as seguintes categorias de uso do solo: Silvicultura, Mata nativa, Campo (pecuária ou outros usos de vegetação rasteira, não identificados), Campos úmidos, Cana-de-açúcar, Lavoura Permanente, Corpos d’água, Afloramento rochoso e Área urbanizada.

Os postos pluviométricos para análise da precipitação nas duas sub-bacias foram selecionados a partir da base de dados de informações hidrológicas do DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica - do Estado de São Paulo, num total de 5 postos de monitoramento existentes dentro das áreas de estudo, sendo quatro na sub-bacia Ribeirão Cachoeira e um na sub-bacia Cabeceira. Em decorrência de um maior número de postos ocorrendo na área Ribeirão Cachoeira, utilizou-se o método de Thiessen que é indicado quando não existe uma distribuição uniforme de pluviômetros no interior da bacia. O método possibilita obter-se a média ponderada das alturas de chuva obtidas nos diferentes pluviômetros, por meio do qual o fator de ponderação para o cálculo da média é a área de influência de cada aparelho (RAGHUNATH, 2006). Para a obtenção da média de Thiessen, foi utilizado o software Quantum Gis, no qual foi considerado apenas a área de influência dos pluviômetros que estão dentro da bacia, com suas respectivas áreas, percentual de cada área, e precipitação média anual.

Para determinação do balanço hídrico, foi necessário a estimar as taxas de evapotranspiração das duas sub-bacias de maneira indireta, visto que os dados disponíveis das estações meteorológicas utilizadas para determinação da precipitação não possuem dados suficientes. Conforme metodologia determinada pelo documento FAO 56 (ALLEN et al., 1998), a evapotranspiração real foi determinada pela fórmula:

$$ETr^1 = Kc \cdot ETp^2$$

Onde:

ETr = Evapotranspiração Real

Kc = Coeficiente de Cultura

ETp = Evapotranspiração Potencial

<sup>1</sup> A fórmula original em Allen et al. (1998) usa a terminologia de Evapotranspiração de Cultura, visto que foi desenvolvida para fins de planejamento agrícola. Por se referir aos mesmos princípios da ETr, foi adaptada nesta pesquisa. <sup>2</sup> A fórmula original em Allen et al. (1998) traz a Evapotranspiração de Referência, sendo adaptada como Potencial para esta pesquisa, conforme já mencionado por Carvalho et al. (2011).

O Kc foi determinado a partir do NDVI, levando em consideração as classes de uso e cobertura do solo presentes nas duas sub-bacias, conforme equação dada por Terink et al., (2015).

$$k_c = k_{c\_min} + (k_{c\_máx} - k_{c\_min}) \cdot ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))$$

Onde:

Kc = Coeficiente de Cultura

$K_{c\_min}$  = Coeficiente de Cultura Mínimo

$K_{c\_max}$  = Coeficiente de Cultura Máximo

$NDVI_{min}$  = Normalized Difference Vegetation Index Mínimo

$NDVI_{max}$  = Normalized Difference Vegetation Index Máximo

Para cálculo do Kc, foi selecionado um período de 19 anos, entre 2000 e 2018, usando como base os usos de solo identificados pelo Mapbiomas v 5.0, produzidos a partir da classificação pixel a pixel, das imagens de satélite Landsat com resolução de 30 metros, que estão disponíveis gratuitamente na plataforma Google Earth Engine. De acordo com a classificação adotada, foi possível identificar as seguintes categorias de uso na área de estudo: floresta, formação natural não florestal, agropecuária (diferenciando agricultura de pastagem), área não florestada (infraestrutura urbana ou mineração, por exemplo) e cursos d'água.

A partir dos dados de Precipitação e Evapotranspiração, foi possível realizar o balanço hídrico nas duas sub-bacias, para o período analisado, a partir da equação global do balanço hídrico, que considera como vazão a diferença entre precipitação e evapotranspiração (SILVA, 2015), dado pela fórmula:

$$Q = P - ET$$

Onde:

Q = Vazão, mm;

P = Precipitação, mm;

ET = Evapotranspiração, mm.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi gerado um mapa de uso e cobertura do solo para cada uma das áreas de estudo, mostradas na Figura 3 (sub-bacia Cabeceira) e 4 (sub-bacia Ribeirão Cachoeira).

A sub-bacia Cabeceira possui maior cobertura florestal nativa, com um total de 66,78%, seguido de silvicultura, com 19,65%, havendo apenas uma pequena área com a presença de vegetação rasteira. Nesta sub-bacia não existe área urbanizada, pois a sede do município de Joanópolis fica fora da área da sub-bacia. Os dados completos de uso e ocupação do solo estão detalhados no quadro 01.

**Quadro 01:** Quantitativo do uso e ocupação do solo na Sub-bacia Cabeceira

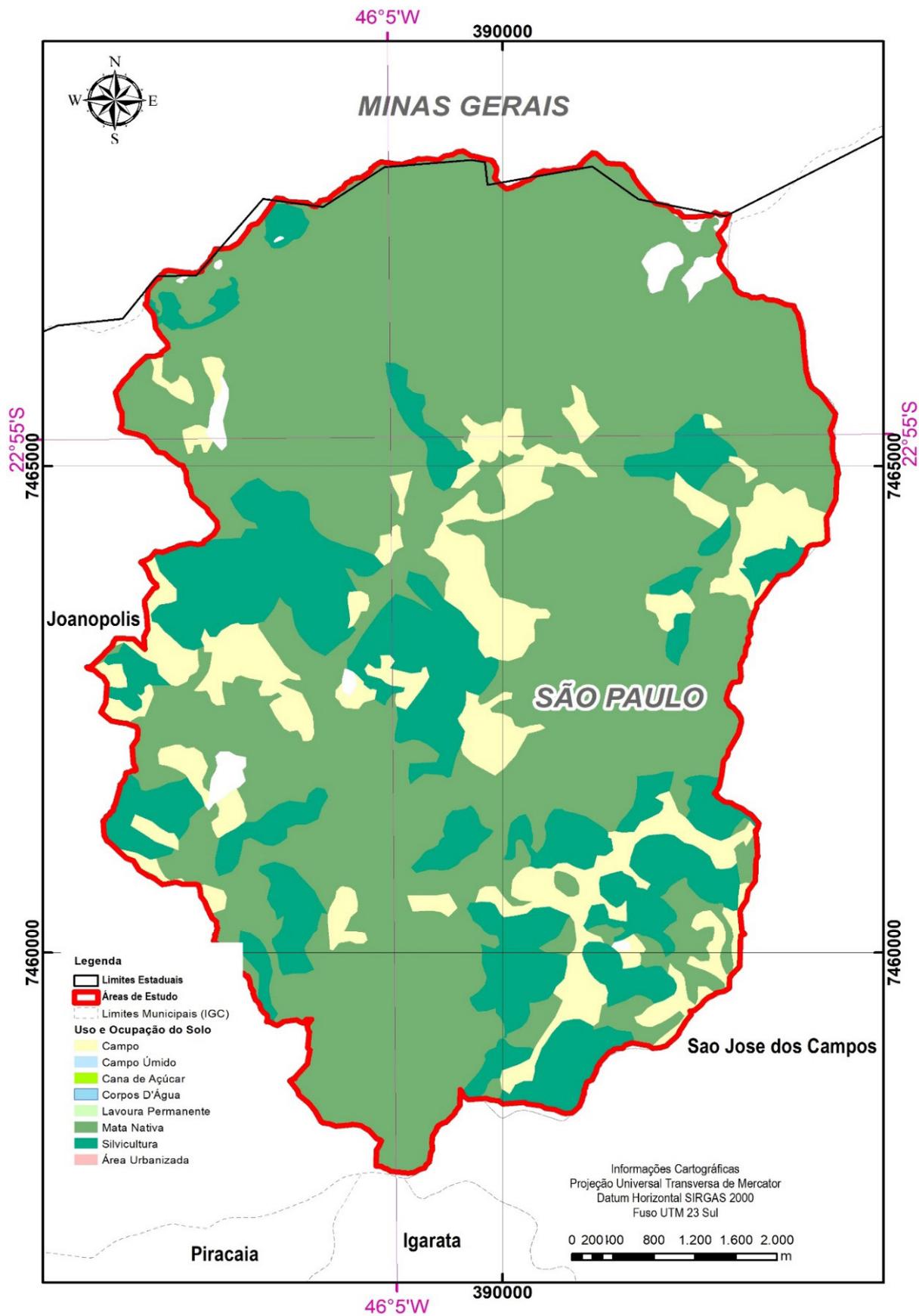
USO E OCUPAÇÃO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
Afloramento rochoso	0,29	0,54
Campo	6,69	12,52
Corpos d'água	0,27	0,51
Vegetação nativa	35,67	66,78
Silvicultura	10,49	19,64
TOTAL	53,42	100

Já sub-bacia Ribeirão Cachoeira possui sua maior ocupação com cana-de-açúcar, com quase 80% de sua área total, com a presença, no interior da sub-bacia da área urbanizada. Fica evidente um baixo percentual de cobertura florestal nativa, com apenas 8,80%, distribuída ao redor dos cursos d'água e compondo Áreas de Preservação Permanente. O descritivo total da sub-bacia está no quadro 02.

**Quadro 02:** Quantitativo do uso e ocupação do solo na Sub-bacia Ribeirão Cachoeira.

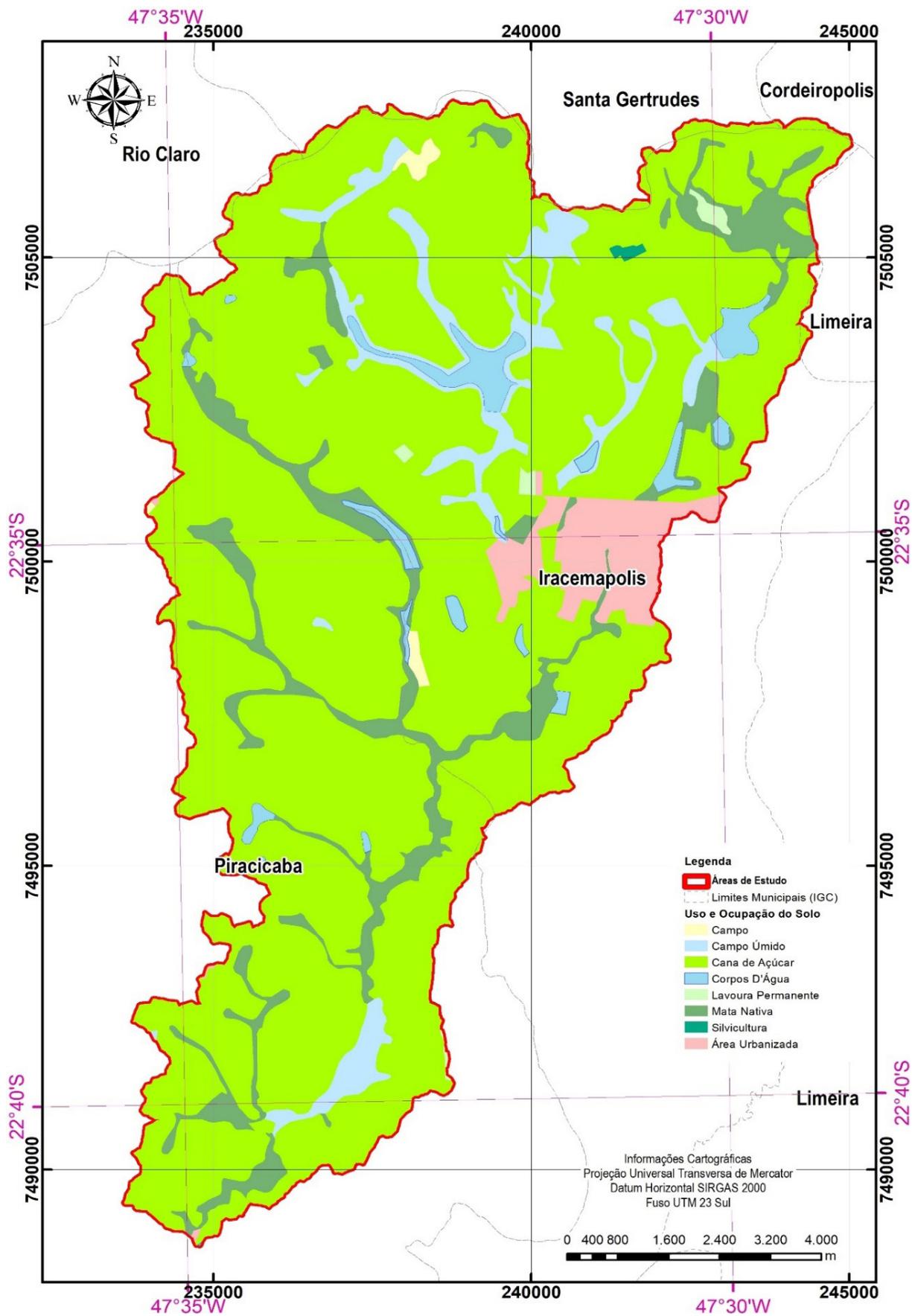
USO E OCUPAÇÃO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
Área urbanizada	4,15	3,53
Campo	0,42	0,35
Campo úmido	5,90	5,02
Cana-de-açúcar	93,46	79,52
Corpos d'água	2,80	2,39
Lavouras permanentes	0,36	0,31
Vegetação nativa	10,34	8,80
Silvicultura	0,10	0,08
TOTAL	117,53	100

Figura 3: Uso e ocupação do solo na sub-bacia Cabeceira.



Fonte: Elaborado pelos autores.

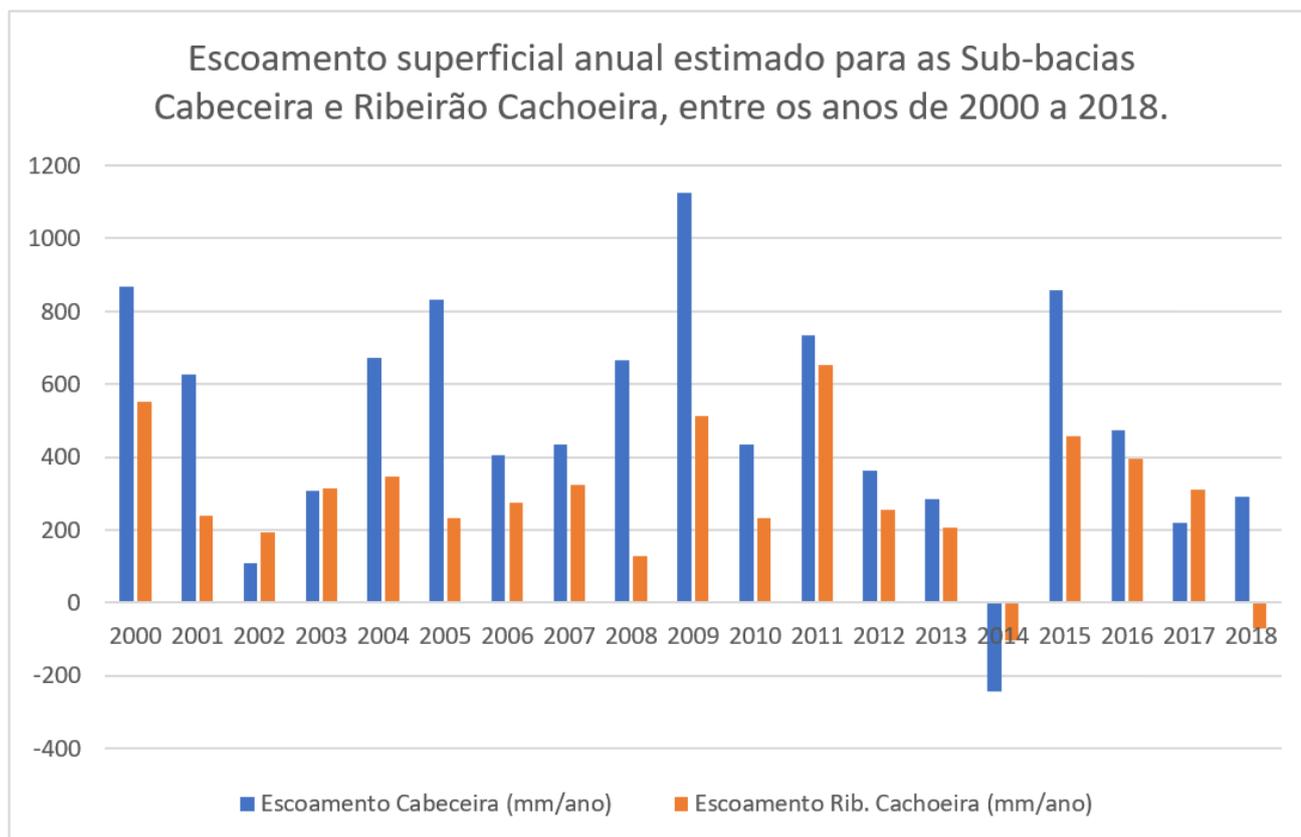
Figura 4: Uso e ocupação do solo na sub-bacia Ribeirão Cachoeira.



Fonte: Elaborado pelos autores

O Balanço Hídrico calculado para as duas sub-bacias com diferentes percentuais de cobertura florestal está apresentado na figura 05. Os dados obtidos permitem observar que nas duas sub-bacias houve déficit hídrico no ano de 2014, ano em que a taxa de evapotranspiração foi superior a precipitação. No ano de 2018 o mesmo fenômeno foi observado, porém, somente na sub-bacia Ribeirão Cachoeira. Diante disso, pode-se fazer algumas inferências sobre os fatores que regulam o balanço hídrico em bacias hidrográficas, além da cobertura florestal. Na sub-bacia Ribeirão Cachoeira, os três anos mais chuvosos foram 2011, 2000 e 2009, respectivamente. Já na sub-bacia Cabeceira, os anos mais chuvosos foram 2009, 2000 e 2015, este último, quarto no ranking da Ribeirão Cachoeira, mostrando que os eventos chave do ciclo hidrológico são muitos semelhantes nas duas áreas, apesar das diferenças no uso e cobertura do solo.

**Figura 05:** Escoamento superficial anual estimado para as sub-bacias Cabeceira e Ribeirão Cachoeira, entre os anos 2000 a 2018.

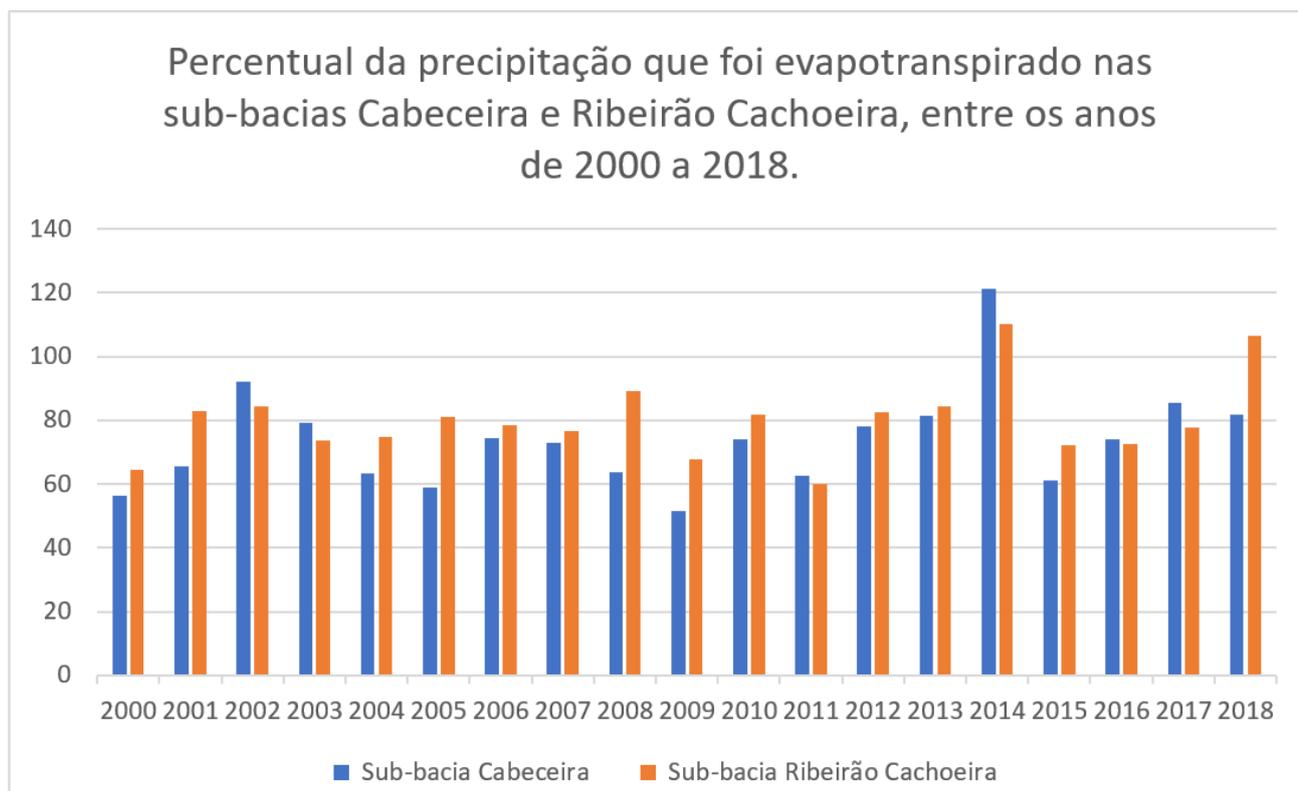


**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Sabe-se que o volume de água que deixa uma bacia na forma de vapor depende de inúmeros fatores físicos e biofísicos, como os mecanismos biológicos das florestas e demais tipos de vegetação, chamado de evapotranspiração vegetal. (TUCCI e BRAGA, 2003). Essa irá contribuir para maiores taxas de perda de água na bacia quanto maior for a atividade metabólica vegetal. Comparando o potencial de evapotranspiração florestal com

áreas agrícolas, por exemplo, Farias (2000) afirma que as florestas são aerodinamicamente mais rugosas que os campos agrícolas, conseqüentemente, havendo maior troca energética na forma de calor entre dossel e atmosfera, contribuindo também para uma maior advecção, mesmo em regiões de clima úmido. Porém, quando consideramos a transferência de água do solo para a atmosfera, o processo físico será mais intenso em áreas menos florestadas, uma vez que as florestas também são responsáveis pela maior retenção de umidade no solo devido ao sombreamento ofertado pelo dossel. A figura 06 mostra o comparativo do percentual de evapotranspiração entre as duas sub-bacias de estudo.

**Figura 06:** Percentual da precipitação que foi evapotranspirado nas sub-bacias Cabeceira e Ribeirão Cachoeira, entre os anos 2000 a 2018



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Na sub-bacia Cabeceira o valor médio obtido mostra que 71,29% de toda precipitação da sub-bacia foi evapotranspirado. Em bacias florestadas, essa taxa não se refere precisamente ao valor evaporado diretamente do solo ou pela área foliar, mas também envolve parte do valor interceptado pelo dossel florestal, que tende a retornar para a atmosfera na forma de vapor pela evaporação direta (LEOPOLDO et al, 1982).

Já na sub-bacia Ribeirão Cachoeira, que possui maior extensão e uso predominante de cana-de-açúcar, a taxa de evaporação média da sub-bacia foi de 80%, valor superior ao encontrado na sub-bacia Cabeceira, o que pode indicar que a ausência de cobertura florestal aumenta a incidência de radiação solar e as taxas de evapotranspiração do solo

devido à ausência do controle microclimático oferecido pelo dossel florestal.

Isso mostra uma tendência do comportamento hidrológico das bacias, que se caracteriza por uma maior influência dos aspectos climáticos do que do uso do solo em si. A sub-bacia Cabeceira apresenta maior geração de escoamento, com exceção dos anos de 2002 e 2017. Porém, em todos os anos analisados, a precipitação anual foi claramente maior na sub-bacia Cabeceira que na sub-bacia Ribeirão Cachoeira, o que explica as suas maiores taxas de escoamento. Porém, os dados coletados nesta pesquisa não permitem afirmar que essa maior precipitação esteja relacionada a presença da cobertura florestal. Seria preciso avaliar, em estudos futuros, em caso de perda da vegetação na área, o impacto que isso teria nas taxas pluviométricas e conseqüentemente, no balanço hídrico da sub-bacia.

Portanto, sendo a sub-bacia Cabeceira com maiores taxas de precipitação anual e com maiores índices de geração de escoamento anual total na bacia, fica evidenciado a importância do componente florestal não somente na regulação do balanço hídrico, mas também na prestação dos serviços ecossistêmicos prestados pela floresta em uma bacia hidrográfica para manutenção da qualidade da água e da biodiversidade. Além disso, a presença de cobertura florestal em uma bacia hidrográfica ajuda no controle de cheias, reduzindo-se, desta maneira, as chances de pico de enchente no exutório da bacia e favorecendo a regulação da drenagem.

#### **4 CONCLUSÃO**

Existem interações muito complexas que precisam ser analisadas quando discutimos uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas. A compreensão destas interações são fundamentais para o correto planejamento da utilização dos recursos hídricos, principalmente no cenário atual, onde as mudanças climáticas globais podem alterar os ciclos hidrológicos, afetando o abastecimento humano e a produção de alimentos. Também é importante lembrar que independente de possíveis cenários de mudanças climáticas, a população brasileira está aumentando e a demanda pelo consumo de água será cada vez maior. Portanto, trabalhos que busquem analisar o comportamento hidrológico em regiões de alta demanda consuntiva, como é o caso da Bacia PCJ, são importantes para contribuir com os debates sobre a gestão de bacias hidrográficas e os impactos negativos para os recursos hídricos causados por ações antrópicas desalinhadas com a conservação ambiental.

Por fim, ainda são muitas as lacunas científicas sobre os reais efeitos das mudanças climáticas e suas interações com o uso do solo e a oferta de serviços ecossistêmicos, que como já mencionado, vão muito além de estudos e modelos para avaliar a disponibilidade hídrica atual e futura. Todos esses fatores devem ser considerados no momento da tomada de decisões, e estudos que auxiliem nessa compreensão, por si só, já justifica sua realização.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALLEN, R.G.; et al. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy, 1998. Disponível em: <http://www.fao.org/3/X0490E/x0490e06.htm#TopOfPage> Acesso em 15 ago. 2022.
- CARDOSO, C.A. et al. Caracterização hidroambiental da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.249-256, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/rXZyLVfMrRrpjHMNYm4xjyN/abstract/?lang=pt> Acesso em 15 ago. 2022.
- CARVALHO, L. G. et al. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. V. 41, n. 3, 2011. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-40632011000300020&lng=pt&nr=m=iso](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632011000300020&lng=pt&nr=m=iso) Acesso em 15 ago. 2022.
- COMITÊS PCJ. Relatório Final - Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 2020 a 2035. Setembro de 2020. Disponível em: <https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/o-plano/documentos> Acesso em 27 set. 2022.
- FARIAS, S. E. M. **Estimativa da Evapotranspiração de Áreas de Floresta e Pastagem na Amazônia pelo Método Priestley-Taylor**. (Dissertação). Programa de pós-graduação em Agronomia, ESALQ/USP, 2000. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11131/tde-20181127-161807/publico/FariasSylviaElaineMarques.pdf> Acesso em 15 ago. 2022
- LEOPOLDO et. al. Estimativa de evapotranspiração de floresta amazônica de terra firme. **Acta Amazonica**, v. 12, n.3, p. 23-28. 1982. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/aa/v12s3/1809-4392-aa-12-3s-0023.pdf> Acesso em 15 ago. 2022
- LIMA, W. P. Floresta natural protege e estabiliza recursos hídricos. **REVISTA VISÃO AGRÍCOLA**. N. 4, 2005. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va04-beneficios01.pdf> Acesso em 15 ago. 2022.
- LIMA, W. P. et. al. Interações bióticas e abióticas na paisagem: uma perspectiva eco-hidrológica. In: CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G F. (Ed.) **Engenharia ambiental conceitos tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, p.215-44, 2013.
- PEREIRA, A. R. Simplificado o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. *Bragantia* v.64, n.2, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000200019> Acesso em 15 ago. 2022.
- PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão De Bacias Hidrográficas. *Revista estudos avançados*, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10292> Acesso em 15 ago. 2022.
- RAGHUNATH, H. M. *Hydrology: principles, analysis and design*. 2. ed. New Delhi: New Age International, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=53abbe37d5a3f24c2c8b4580&assetKey=AS%3A273548713627648%401442230510150>. Acesso em 15 ago. 2022.
- SILVA, L. P. *Hidrologia: engenharia e meio ambiente*, 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- TERINK, W. et al. SPHY v2.0: Spatial Processes in HYdrology. *Geoscientific Model Development*, v. 8, p. 2009–2034, 2015.
- TUCCI, C. E. M; BRAGA, B. Clima e recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. M; BRAGA, B (Org). *Clima e Recursos Hídricos no Brasil*. Porto Alegre: ABRH, v.9, p. 1-30, 2003.