International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)
Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência Sociedade 5.0 Resiliência Ambiental
ISSN 2675-3456

Estudos de hidrologia florestal aplicados aos biomas brasileiros: uma revisão bibliométrica da literatura (2020-2025)

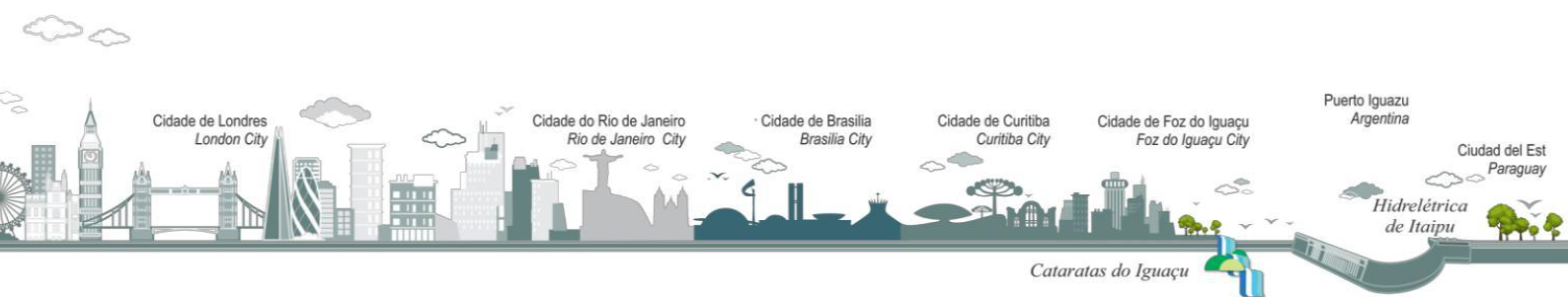
Forest hydrology studies applied to Brazilian biomes: a literature review (2020-2025)

Beatriz Marchiori Moraes[1]
Jeferson Alberto de Lima[2]
Gutieres Camatta Barbino[3]
Nara Luísa Reis de Andrade[4]
Ediane Carvalho Ferreira[5]

RESUMO: Este estudo apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre hidrologia florestal nos seis biomas brasileiros (Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal), analisando publicações indexadas na Web of Science entre 2020 e 2025. A metodologia baseou-se em análise bibliométrica com o pacote Bibliometrix do R, seguindo protocolos de revisão sistemática. Foram analisados 23 artigos provenientes de 18 fontes, o que revela ampla colaboração nacional e internacional. A produção científica concentrou-se em evapotranspiração, interceptação, escoamento superficial e balanço hídrico. Identificou-se predominância de estudos na Mata Atlântica (43,5%), seguida por Pampa (21,7%) e Cerrado (17,4%), o que evidencia acentuada desigualdade espacial na produção científica, com o Pantanal sem registros de estudos no período. A análise temática e de redes de coocorrência revelou integração entre processos hidrológicos, manejo florestal, mudanças climáticas e uso do solo. Os resultados indicam que a hidrologia florestal é um campo estratégico para o manejo hídrico, a conservação ambiental e a mitigação de impactos socioambientais. Conclui-se ser recomendável ampliar a cooperação internacional, adotar tecnologias emergentes de monitoramento e incentivar pesquisas nos biomas menos estudados, a fim de expandir o conhecimento científico nacional, garantindo uma visão abrangente e equitativa da hidrologia florestal e de seu papel na gestão sustentável da água e das florestas.

Palavras-chave: Hidrologia florestal; Biomas brasileiros; Revisão bibliográfica; Recursos hídricos; Web of Science.

[1]Afya Centro Universitário. E-mail: marchioribeatriz2@gmail.com https://orcid.org/0009-0002-5344-6631
[2]Universidade Federal de Rondônia. E-mail: jeferson.lima@unir.br https://orcid.org/0000-0001-5526-2014
[3]Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA). E-mail: gutieres.barbino@gmail.com https://orcid.org/0000-0003-1590-8962
[4]Universidade Federal de Rondônia. E-mail: naraluisar@unir.br https://orcid.org/0000-0001-8602-6161
[5] Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). E-mail: edianerenata6@gmail.com https://orcid.org/0009-0001-9440-0624



International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)
Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência Sociedade 5.0 Resiliência Ambiental
ISSN 2675-3456

ABSTRACT: This study presents a systematic literature review on forest hydrology in the six Brazilian biomes (Amazon, Cerrado, Caatinga, Atlantic Forest, Pampa, and Pantanal), analyzing publications indexed in the Web of Science between 2020 and 2025. The methodology was based on a bibliometric analysis using the R package Bibliometrix, following systematic review protocols. A total of 23 articles from 18 sources were analyzed, revealing extensive national and international collaboration. Scientific production focused on evapotranspiration, interception, surface runoff, and water balance. A predominance of studies in the Atlantic Forest (43.5%) was identified, followed by the Pampa (21.7%) and the Cerrado (17.4%), highlighting a significant spatial inequality in scientific production, with the Pantanal having no recorded studies during the period. Thematic and co-occurrence network analysis revealed integration between hydrological processes, forest management, climate change, and land use. The results indicate that forest hydrology is a strategic field for water management, environmental conservation, and the mitigation of socio-environmental impacts. It is concluded that it is advisable to expand international cooperation, apply emerging monitoring technologies, and encourage research in the less studied biomes, in order to expand national scientific knowledge, ensuring a comprehensive and equitable view of forest hydrology and its role in the sustainable management of water and forests.

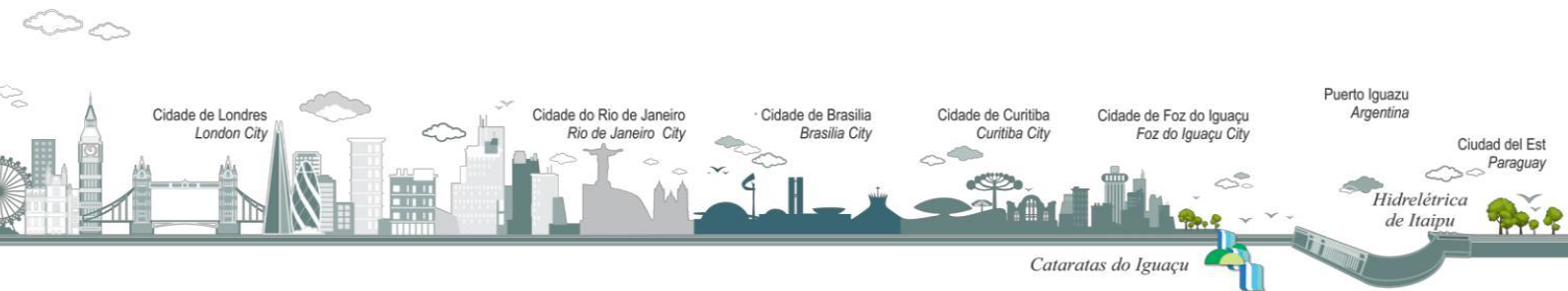
Keywords: Forest hydrology; Brazilian biomes; Literature review; Water resources; Web of Science;

INTRODUÇÃO

A hidrologia florestal desempenha um papel fundamental no equilíbrio do ciclo da água, influenciando diretamente a disponibilidade hídrica, a qualidade da água e a regulação climática (Pinto et al., 1976). As florestas atuam como importantes reguladores naturais, controlando a infiltração, a evapotranspiração e o escoamento superficial, além de contribuir para a estabilidade dos ecossistemas e para a mitigação de eventos extremos, como enchentes e secas. Nesse contexto, compreender os processos hidrológicos associados às florestas é essencial para o manejo sustentável dos recursos naturais e para a preservação do equilíbrio ambiental (Oliveira, 2016).

Conforme discute Coutinho (2016), o Brasil, por abrigar seis biomas distintos – Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal –, desempenha papel importante na manutenção dos recursos hídricos regionais e nacionais. Cada bioma apresenta características climáticas, vegetacionais e hidrológicas únicas, sendo responsável por fluxos hídricos fundamentais para o abastecimento urbano, a produção agrícola e a manutenção da biodiversidade. A relevância dos estudos em hidrologia florestal nos biomas brasileiros está diretamente ligada à necessidade de garantir a sustentabilidade ambiental e de planejar políticas públicas voltadas à gestão de bacias hidrográficas e à conservação florestal (Coutinho, 2016).

Apesar da relevância da hidrologia florestal para os biomas brasileiros, a produção científica



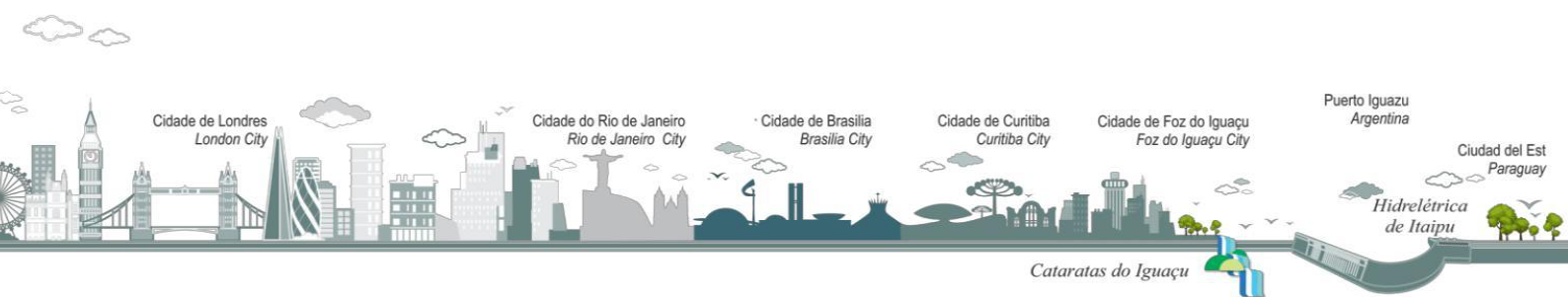
sobre o tema carece de um mapeamento sistemático e integrado. Nos últimos cinco anos, não se identificou nenhum estudo que caracterize o estado da arte da área com base em métricas bibliométricas. Diante dessa lacuna, o presente estudo teve como objetivo geral realizar uma revisão bibliométrica da literatura sobre hidrologia florestal aplicada aos seis biomas brasileiros, indexada na Web of Science (2020-2025). Portanto, foram definidos os seguintes objetivos específicos: (i) identificar tendências temáticas; (ii) mapear a distribuição geográfica e institucional dos estudos; e (iii) identificar lacunas e perspectivas futuras de investigação, contribuindo para o planejamento de políticas ambientais, para a gestão eficiente de bacias hidrográficas e para a conservação das florestas brasileiras.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No contexto brasileiro, a hidrologia florestal adquire relevância singular devido à extensão e heterogeneidade de seus seis biomas: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. Conforme expõe Oliveira (2016), cada bioma apresenta características edafoclimáticas, fitofisionômicas e hidrológicas distintas, que se adaptam a resposta dos processos hidrológicos a perturbações antrópicas e climáticas. A Mata Atlântica, por exemplo, com sua alta diversidade e histórico de fragmentação, tem sido palco de estudos sobre a resiliência hidrológica diante de secas prolongadas (Rodrigues et al., 2021), enquanto a Amazônia concentra investigações sobre os impactos do manejo florestal de baixo impacto na partição da chuva (Lima; Tonello, 2023).

A interação entre floresta e água é mediada por múltiplos fatores, como as características da vegetação (altura, densidade do dossel, características dendrométricas), a composição e espessura da serapilheira, a textura e profundidade do solo, e as condições climáticas locais (Balieiro et al., 2021). A serapilheira, por exemplo, atua como um filtro físico que modula o escoamento superficial, aumenta a infiltração e contribui para a ciclagem de nutrientes (Spletozer et al., 2021).

As mudanças climáticas e as alterações no uso da terra têm pressionado os ecossistemas florestais, afetando seus processos hidrológicos e, consequentemente, a disponibilidade hídrica. Souza et al., (2024) evidenciam que a conversão de florestas nativas para plantios homogêneos, como eucalipto, pode elevar a evapotranspiração e reduzir a recarga de aquíferos. Por outro lado, práticas de restauração florestal e manejo sustentável têm potencial para mitigar esses impactos,



promovendo a recuperação de funções hidrológicas essenciais (Pereira et al., 2022).

A incorporação de tecnologias emergentes, como sensoriamento remoto, modelagem hidrológica e algoritmos de *machine learning*, tem ampliado a capacidade de monitoramento e compreensão dos processos hidrológicos em escala temporal e espacial refinada (Gomide et al., 2024). Essas ferramentas permitem a análise integrada de variáveis hidroclimáticas, a estimativa de estoques de carbono e a avaliação de impactos de mudanças no uso do solo, oferecendo subsídios para políticas públicas e manejo adaptativo.

Nesse sentido, a fundamentação teórica aqui apresentada sustenta a análise bibliométrica realizada, ao destacar a importância da hidrologia florestal para a compreensão da dinâmica da água em diferentes biomas como um eixo estratégico para a gestão sustentável dos recursos hídricos e a conservação dos biomas brasileiros. A revisão sistemática da literatura, ao mapear tendências, lacunas e colaborações científicas, contribui para o avanço do conhecimento e para o direcionamento de pesquisas futuras que visem à equidade cognitiva entre biomas e à integração entre ciência, política e sociedade.

METODOLOGIA

Tratou-se de uma revisão bibliométrica de caráter descritivo e exploratório, que coletou, selecionou e analisou, no período de setembro a outubro de 2025, as produções científicas nacionais e internacionais sobre hidrologia florestal nos seis biomas brasileiros, publicadas na base de dados Web of Science (WoS) via Portal de Periódicos CAPES.

A delimitação desta revisão aos últimos cinco anos justifica-se pela necessidade de atualizar o estado da arte e alinhar a pesquisa às descobertas contemporâneas. Devido à rápida evolução do conhecimento científico, esse recorte temporal evita que o estudo se torne obsoleto ou repita abordagens já superadas. Além disso, a análise dessa produção recente permite identificar novas lacunas e compreender as tendências metodológicas atuais, o que fortalece a fundamentação teórica e garante o rigor científico do projeto.

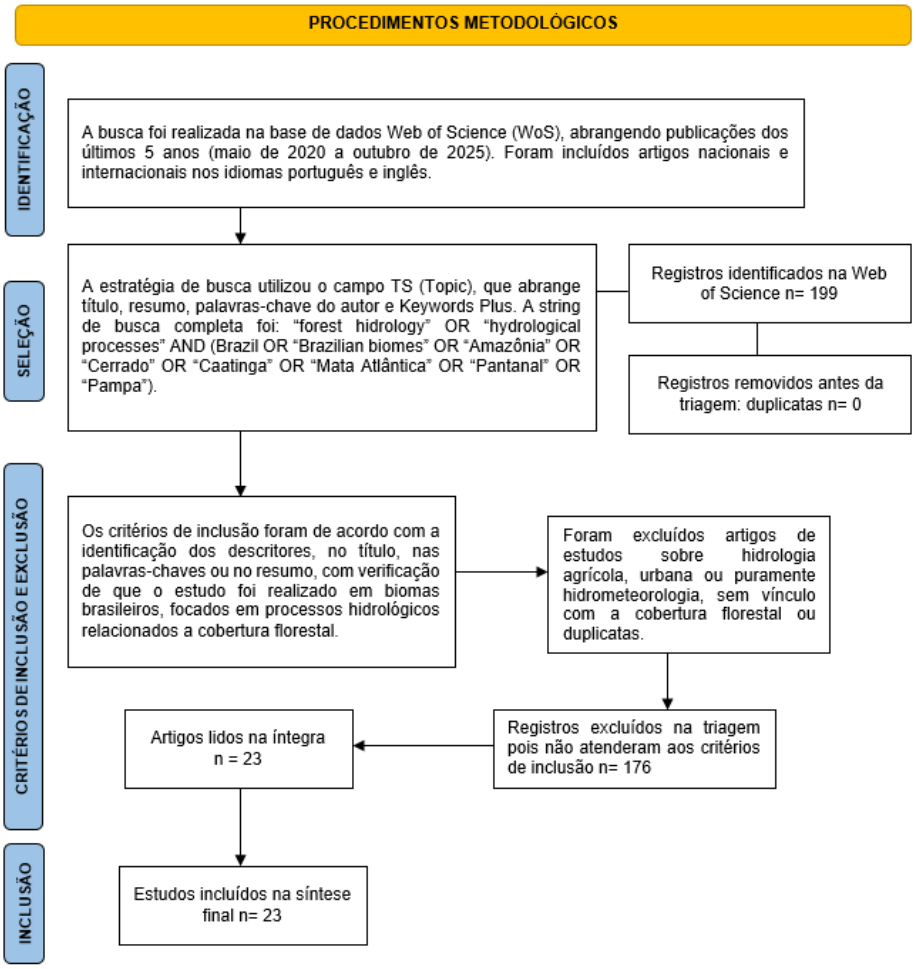
A adoção da Web of Science como única base de dados deve-se ao seu reconhecido rigor na curadoria de periódicos, à padronização dos metadados (incluindo campos como Keywords Plus e afiliações institucionais) e à sua ampla adoção como fonte de referência em estudos bibliométricos na área de recursos hídricos (Feng et al., 2017; Zhang et al., 2020). Ademais, o uso de uma base

International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)
Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência Sociedade 5.0 Resiliência Ambiental
ISSN 2675-3456

única confere maior reprodutibilidade à estratégia de busca e reduz vieses decorrentes da sobreposição não controlada entre múltiplas plataformas. Reconhece-se, contudo, que essa escolha representa uma delimitação metodológica, e os resultados são interpretados à luz do recorte adotado.

Os processos metodológicos e quesitos de pesquisa selecionados são apresentados no fluxograma (Figura 1):

Figura 1 – Fluxograma PRISMA 2020 dos procedimentos metodológicos.



Fonte: Elaborado pela autora com base em Page et al. (2021) e nos dados da pesquisa (2025).

A análise ocorreu em duas etapas: quantitativa, que avaliou a frequência de publicações, os principais autores e instituições e as redes de cooperação científica; e qualitativa, com análise

Cidade de Londres London City
Cidade do Rio de Janeiro Rio de Janeiro City
Cidade de Brasilia Brasilia City
Cidade de Curitiba Curitiba City
Cidade de Foz do Iguaçu Foz do Iguaçu City
Puerto Iguazu Argentina
Ciudad del Est Paraguay
Hidrelétrica de Itaipu
Cataratas do Iguaçu

temática para identificar tendências, lacunas e padrões recorrentes. O tratamento dos dados e a elaboração de gráficos, tabelas e redes de colaboração foram realizados com o pacote Bibliometrix, do R, garantindo organização sistemática e consistente das informações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Informações principais e fontes mais relevantes

A análise do período de 2020 a 2025 revelou que a produção científica sobre hidrologia florestal inclui 23 documentos, provenientes de 18 fontes, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Aspectos principais.

Descrição	Resultados
Período	2020:2025
Fontes	18
Documentos	23
Taxa de crescimento anual %	-43,77
Média de citações por documento	10,22
Palavras-chave Plus (ID)	142
Palavras-chave do autor (DE)	90
Autores	156
Coautores por documento	7,7
Coautores internacionais %	39,13

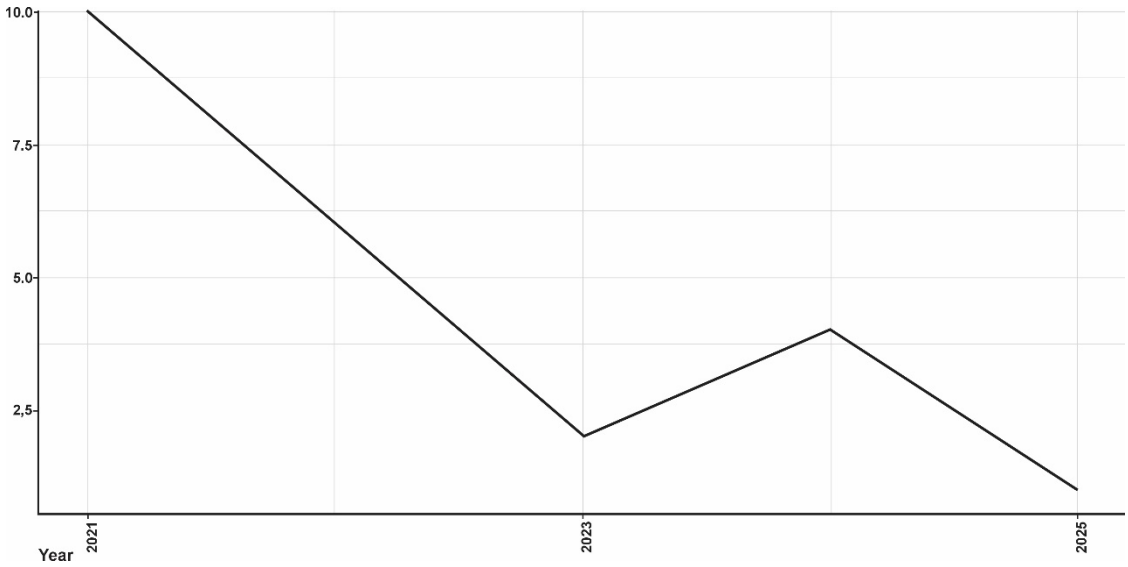
Fonte: Bibliometrix com dados da pesquisa (2025).

A média de 7,7 coautores por artigo e o índice de 39,13% de coautorias internacionais evidenciam uma forte colaboração entre pesquisadores e instituições, reforçando o caráter interdisciplinar e global do tema. O número médio de 10,22 citações por documento e a diversidade de palavras-chave (142 Keywords Plus e 90 Author's Keywords) sugerem a consolidação e a relevância do campo na literatura científica, embora tenha registrado uma redução recente no ritmo de publicações, evidenciada por uma taxa de crescimento anual negativa (-43,77%).

Em relação à distribuição temporal das publicações, a figura 2 abaixo apresenta a evolução da produção científica, destacando as variações e as tendências de crescimento ou estabilidade ao longo do período analisado.

International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)
Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência Sociedade 5.0 Resiliência Ambiental
ISSN 2675-3456

Figura 2 – Produção científica anual



Fonte: Bibliometrix com dados da pesquisa (2025).

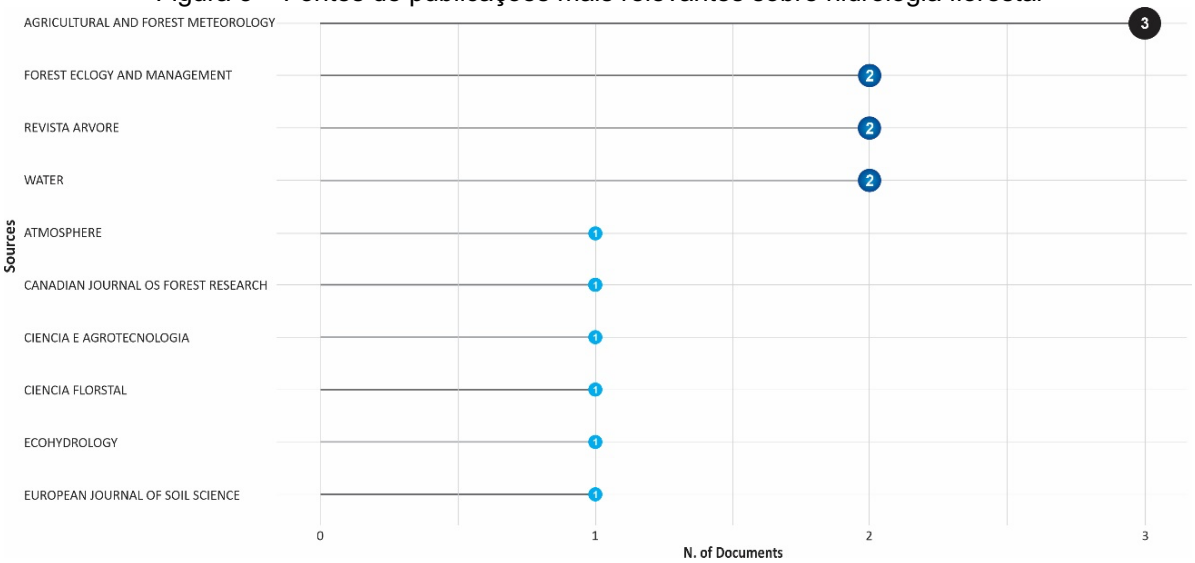
A produção científica sobre hidrologia florestal entre 2020 e 2025 evidencia uma redução expressiva, com destaque para 2021, que concentrou 10 artigos, seguido por 2022, com 6 publicações. A partir de 2023, observa-se uma redução no número de trabalhos – 2 artigos em 2023, 4 em 2024 e 1 em 2025 – indicando uma diminuição progressiva no ritmo de publicações sobre o tema.

Esses resultados sugerem que, embora o campo da hidrologia florestal tenha apresentado expressiva atividade científica no início do período, há sinais de desaceleração na produção científica, possivelmente relacionados à maturação das pesquisas ou à mudança de foco temático em áreas correlatas. A figura 3 apresenta as principais fontes de publicação dos estudos analisados, destacando os periódicos que mais contribuíram para a produção científica em hidrologia florestal no período considerado.

Cidade de Londres London City
Cidade do Rio de Janeiro Rio de Janeiro City
Cidade de Brasilia Brasilia City
Cidade de Curitiba Curitiba City
Cidade de Foz do Iguaçu Foz do Iguaçu City
Puerto Iguazu Argentina
Ciudad del Est Paraguay
Hidrelétrica de Itaipu
Cataratas do Iguaçu

International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)
Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência Sociedade 5.0 Resiliência Ambiental
ISSN 2675-3456

Figura 3 – Fontes de publicações mais relevantes sobre hidrologia florestal



Fonte: Bibliometrix com dados da pesquisa (2025).

As revistas mais produtivas foram a *Agricultural and Forest Meteorology* (3 artigos; 13,0% do total), seguida por *Forest Ecology and Management*, Revista Árvore e *Water* (cada uma com 2 artigos; 8,7%). As demais fontes – *Atmosphere*, *Canadian Journal of Forest Research*, Ciência e Agrotecnologia, Ciência Florestal, *Ecohydrology* e *European Journal of Soil Science* – contribuíram com 1 artigo cada (4,3%).

Esses resultados indicam uma distribuição relativamente dispersa da produção científica, com destaque para periódicos internacionais e especializados em ecologia, manejo e meteorologia florestal, bem como para revistas nacionais voltadas à ciência florestal. Observa-se, assim, um equilíbrio entre publicações brasileiras e estrangeiras, o que reforça a integração global das pesquisas em hidrologia florestal.

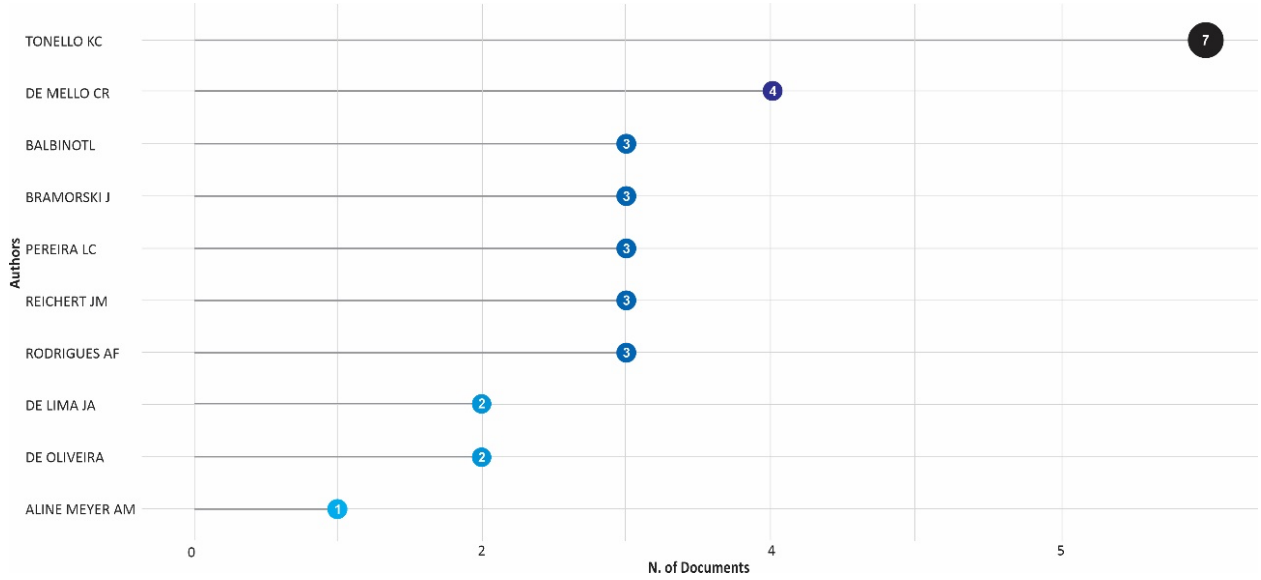
3.2 Autores mais relevantes e rede de colaboração

Na figura 4 é apresentada a lista dos autores mais relevantes entre os trabalhos selecionados, de modo que é possível visualizar o número de produções.

Cidade de Londres London City
Cidade do Rio de Janeiro Rio de Janeiro City
Cidade de Brasilia Brasilia City
Cidade de Curitiba Curitiba City
Cidade de Foz do Iguaçu Foz do Iguaçu City
Puerto Iguazu Argentina
Ciudad del Est Paraguay
Hidrelétrica de Itaipu
Cataratas do Iguaçu

International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)
Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência Sociedade 5.0 Resiliência Ambiental
ISSN 2675-3456

Figura 4 - Relação dos autores mais relevantes entre os trabalhos selecionados.



Fonte: Bibliometrix com dados da pesquisa (2025).

Entre os autores, Tonello K.C. se destaca como o principal contribuinte, com 7 artigos (30,4% do total), seguido por Mello C.R., com 4 artigos (17,4%). Em seguida, aparecem Balbinot L., Bramorski J., Pereira L.C., Reichert J. M. e Rodrigues A.F., cada um com 3 publicações (13,0%), além de Lima J. A. e Oliveira, ambos com 2 artigos (8,7%), e Aline Meyer A. M., com 1 artigo (4,3%).

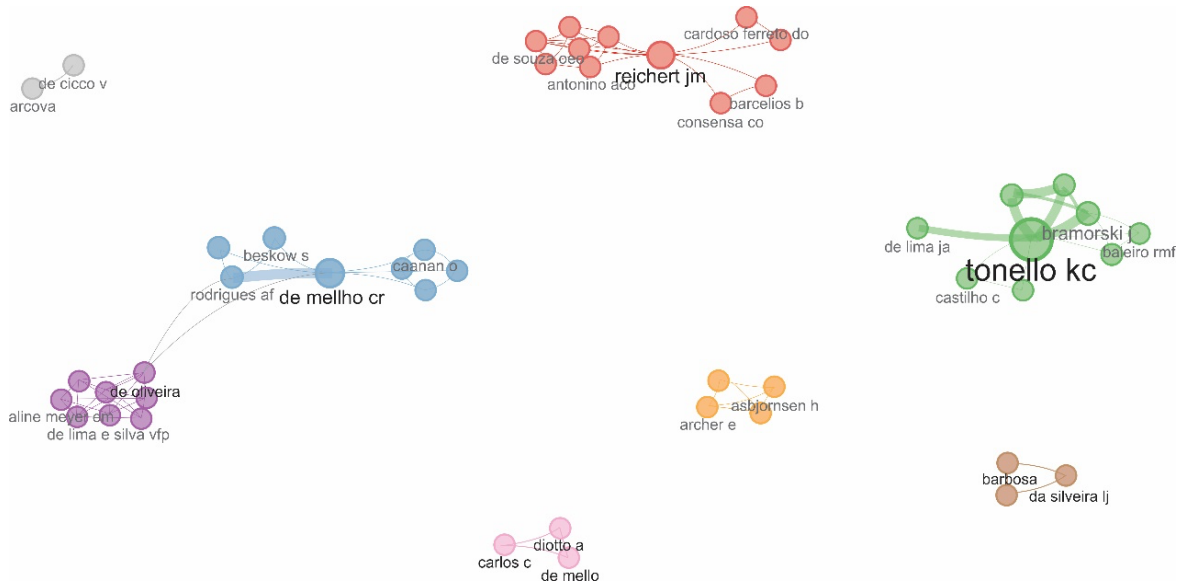
Esses resultados indicam uma concentração moderada da produção científica em alguns pesquisadores de destaque, especialmente Tonello K. C. e Mello C. R., que, juntos, respondem por quase metade (47,8%) dos artigos analisados. Tal concentração sugere a existência de núcleos consolidados de pesquisa em hidrologia florestal, com forte atuação de grupos brasileiros.

A rede de colaboração evidencia coautorias frequentes entre instituições nacionais e internacionais, refletindo a integração de pesquisas e o intercâmbio de conhecimento no campo, conforme ilustrado na figura 5.

Cidade de Londres London City
Cidade do Rio de Janeiro Rio de Janeiro City
Cidade de Brasilia Brasilia City
Cidade de Curitiba Curitiba City
Cidade de Foz do Iguaçu Foz do Iguaçu City
Puerto Iguazu Argentina
Ciudad del Est Paraguay
Hidrelétrica de Itaipu
Cataratas do Iguaçu

International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)
Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência Sociedade 5.0 Resiliência Ambiental
ISSN 2675-3456

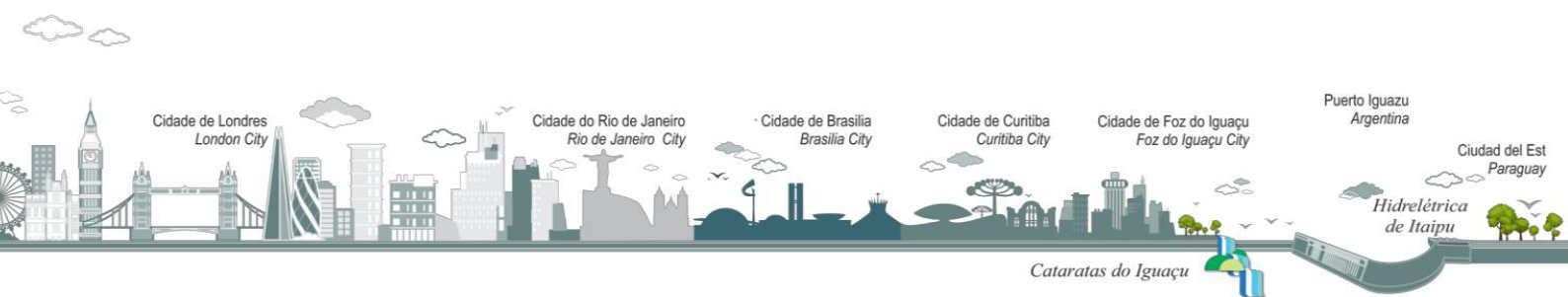
Figura 5 – Rede de colaboração em pesquisa na área de hidrologia florestal



Fonte: Bibliometrix com dados da pesquisa (2025).

A análise de rede de coautoria revelou três principais clusters de colaboração entre pesquisadores em hidrologia florestal, refletindo afinidades temáticas e institucionais. O Cluster 2 apresenta o núcleo mais central, com destaque para De Mello, C.R., que destaca seu papel estratégico de intermediação entre os grupos. Rodrigues, A.F., também se sobressai nesse cluster, exercendo influência relevante em redes interconectadas, ainda que mais localizada. O Cluster 3, liderado por Tonello, K.C., apresenta alta centralidade e configura um grupo coeso e bem articulado. Outros autores, como Bramorski, J., Balbinot, L. e Pereira, L.C., reforçam a presença de colaborações consolidadas, indicando continuidade e sinergia entre as pesquisas.

O Cluster 1, composto por Reichert, J.M., Antonino, A.C.D., Araújo, E.F. e Souza, E.E.B., apresenta valores moderados a baixos, o que reflete grupos estáveis com atuação mais interna, mas Reichert desempenha papel relevante como elo de conexão. De forma geral, os indicadores mostram uma rede descentralizada, porém com núcleos bem definidos e autores-chave — como De Mello, C.R., Tonello, K.C. e Reichert, J.M. — que promovem a integração e difusão do conhecimento, evidenciando uma dinâmica colaborativa madura e o intercâmbio contínuo entre grupos nacionais e internacionais, consolidando o campo científico.



International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)
Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência Sociedade 5.0 Resiliência Ambiental
ISSN 2675-3456

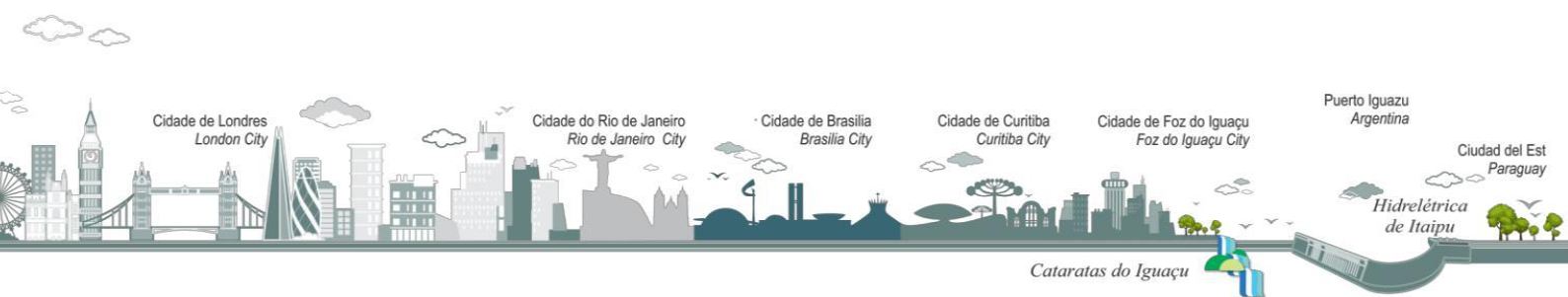
3.3 Afiliações mais relevantes e produção por país

A respeito das principais instituições de afiliação dos autores que publicaram sobre hidrologia florestal, foi possível identificar polos de produção científica mais ativos na área. O levantamento das afiliações é um indicador relevante, pois evidencia os grupos de pesquisa consolidados e as redes institucionais que sustentam o avanço do conhecimento nesse campo.

A análise das afiliações institucionais evidencia a predominância de universidades federais brasileiras na produção científica em hidrologia florestal. Destaca-se a Universidade Federal de Lavras (UFLA), responsável por 16 ocorrências de afiliação (34,8% do total identificado), seguida pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), ambas com 6 ocorrências (13,0%). Outras instituições relevantes incluem a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com 5 ocorrências (10,9%), e a Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e a Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), com 3 ocorrências cada (6,5%). É importante destacar que esses valores representam a frequência de afiliação institucional entre os autores dos artigos analisados, e não a quantidade de trabalhos publicados por cada universidade. Essa predominância de instituições públicas reflete o papel central das universidades federais na pesquisa em hidrologia florestal no Brasil, especialmente na geração de conhecimento aplicado à gestão dos recursos hídricos e dos ecossistemas florestais.

A predominância da UFLA e da UFV evidencia a concentração da produção científica em hidrologia florestal na região Sudeste, apoiada por infraestrutura consolidada e por programas de pós-graduação de destaque em Ciências Agrárias e Ambientais. Essa centralização indica que grande parte das pesquisas é conduzida por grupos tecnicamente qualificados, mas com restrição geográfica, o que limita a representatividade de regiões como o Norte e o Nordeste.

A baixa participação de instituições estrangeiras demonstra que, apesar de colaborações pontuais, a produção científica permanece majoritariamente nacional, reforçando a necessidade de ampliar redes internacionais de cooperação e de desenvolver abordagens comparativas entre biomas. A análise da frequência de ocorrência dos países nas publicações revela o predomínio do Brasil, presente em 79,6% das afiliações observadas nos 23 trabalhos analisados. Em seguida, aparecem a China (8,2%), os Estados Unidos (7,1%), e, com menor representatividade, Chile e Reino Unido (ambos com 2,0%). Essa frequência não indica a quantidade de artigos por país, mas



sim o número de vezes em que o país aparece associado à autoria ou à colaboração científica nas publicações.

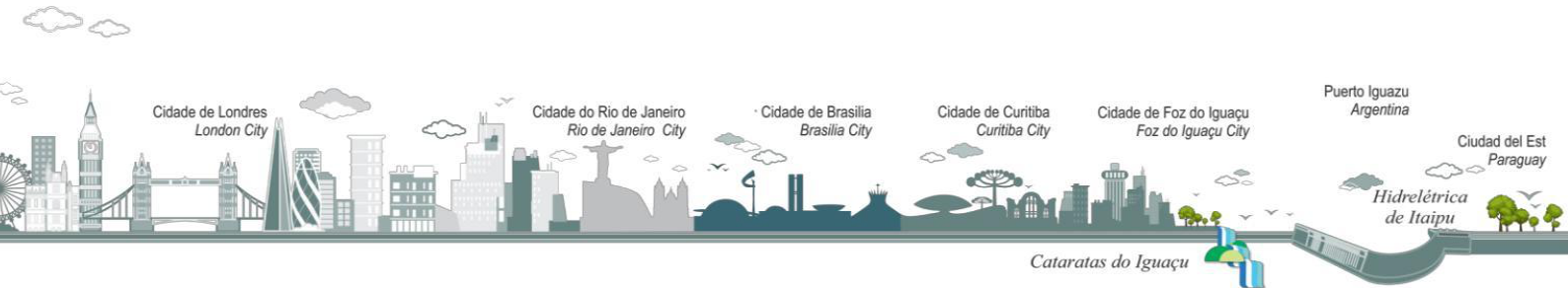
O predomínio de instituições brasileiras evidencia o foco nacional da hidrologia florestal, embora a colaboração internacional, envolvendo países como Estados Unidos, China e Alemanha, complemente a produção científica. Essas parcerias, embora menores, refletem interesse global nas florestas tropicais e ampliam as metodologias, especialmente com tecnologias de monitoramento e modelagem estrangeiras. O cenário indica que o campo ainda é fortemente ancorado em contextos locais, reforçando a necessidade de expandir redes internacionais para comparações interbiomas e maior intercâmbio técnico-científico.

3.4 Termos mais utilizados e rede de coocorrência

A análise dos termos mais utilizados nas publicações sobre hidrologia florestal permite identificar os eixos conceituais que estruturam o campo e compreender a evolução das temáticas de pesquisa ao longo do tempo. A análise de coocorrência de palavras-chave mostra que os termos mais frequentes foram “forest hydrology” (20 ocorrências; 21,7%), “evapotranspiration” (6; 6,5%), “forest” (6; 6,5%) e “variability” (6; 6,5%), seguidos por “water” (5; 5,4%), “eucalyptus” (4; 4,3%), “impacts” (4; 4,3%), “rainfall” (4; 4,3%), “stemflow” (4; 4,3%) e “tropical forest” (4; 4,3%).

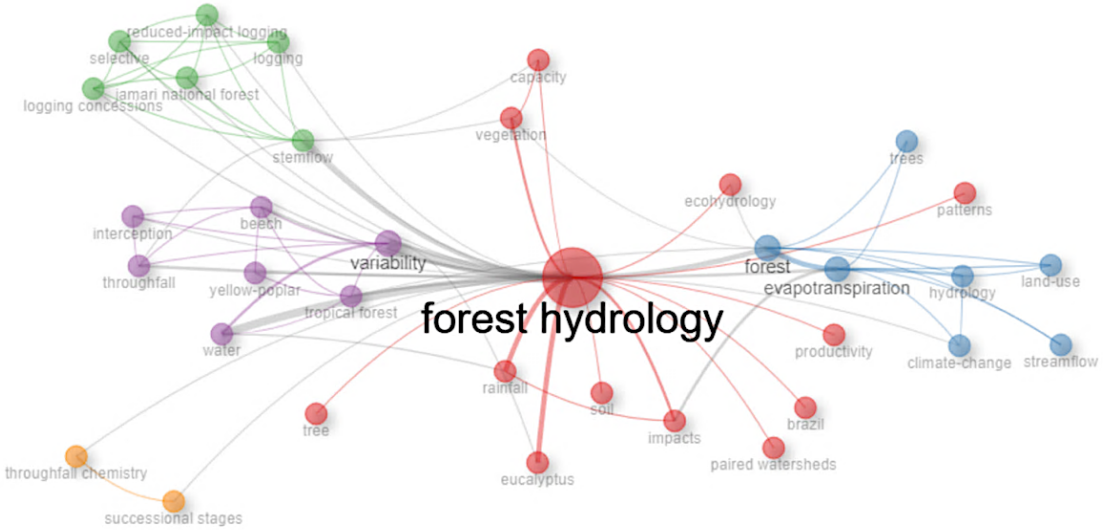
Já as redes temáticas, indicadas na figura 6 revelam clusters relacionados a impactos hidrológicos, manejo florestal, evapotranspiração e balanço hídrico, evidenciando a diversidade de abordagens e métodos utilizados. Termos como “climate-change”, “land-use” e “watershed management” indicam forte conexão entre hidrologia florestal e questões socioambientais.

A análise de coocorrência de palavras-chave em estudos sobre hidrologia florestal nos biomas brasileiros identificou clusters temáticos avaliados por métricas de centralidade (betweenness, closeness e PageRank). O Cluster 1 reúne termos amplos e interdisciplinares, como “forest hydrology”, “vegetation”, “impacts”, “rainfall” e “ecohydrology”, conectando uso da terra, processos hidrológicos e impactos ambientais.



International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)
Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência Sociedade 5.0 Resiliência Ambiental
ISSN 2675-3456

Figura 6 – Redes temáticas



Fonte: Bibliometrix com dados da pesquisa (2025).

O Cluster 2 destaca “forest”, “evapotranspiration”, “climate-change”, “hydrology” e “land-use”, refletindo foco na dinâmica da água, no manejo do solo e nas interações clima-vegetação. O Cluster 3 concentra termos como “stemflow”, “jamari national forest”, “logging”, “logging concessions” e “reduced-impact logging”, evidenciando estudos sobre manejo florestal sustentável e fluxo de água. Subtemas emergentes incluem “patterns”, “soil”, “productivity” e “paired watersheds”, relacionados às interações entre vegetação, solo e atmosfera. A rede evidencia integração entre abordagens físicas e ecológicas, com foco em mudanças globais, manejo florestal e processos hidrológicos em florestas tropicais.

A literatura revela um campo multidimensional, integrando processos físicos, interações bióticas e impactos socioambientais, consolidando a hidrologia florestal como disciplina central para a compreensão e gestão dos ecossistemas florestais.

3.6 Distribuição por bioma

A análise da distribuição dos estudos por bioma evidencia a concentração espacial da produção científica em hidrologia florestal no território brasileiro. Essa distribuição permite identificar os ecossistemas mais pesquisados e aqueles ainda sub-representados nas pesquisas sobre

Cidade de Londres London City
Cidade do Rio de Janeiro Rio de Janeiro City
Cidade de Brasilia Brasilia City
Cidade de Curitiba Curitiba City
Cidade de Foz do Iguaçu Foz do Iguaçu City
Puerto Iguazu Argentina
Ciudad del Est Paraguay
Hidrelétrica de Itaipu
Cataratas do Iguaçu

processos hidrológicos relacionados à cobertura florestal. A tabela 2 sintetiza o número de trabalhos identificados em cada um dos seis biomas brasileiros.

Tabela 2 – Distribuição por bioma.

Bioma	Quantidade de Trabalhos
Mata Atlântica	10
Amazônia	3
Cerrado	4
Pampa	5
Caatinga	1
Pantanal	0

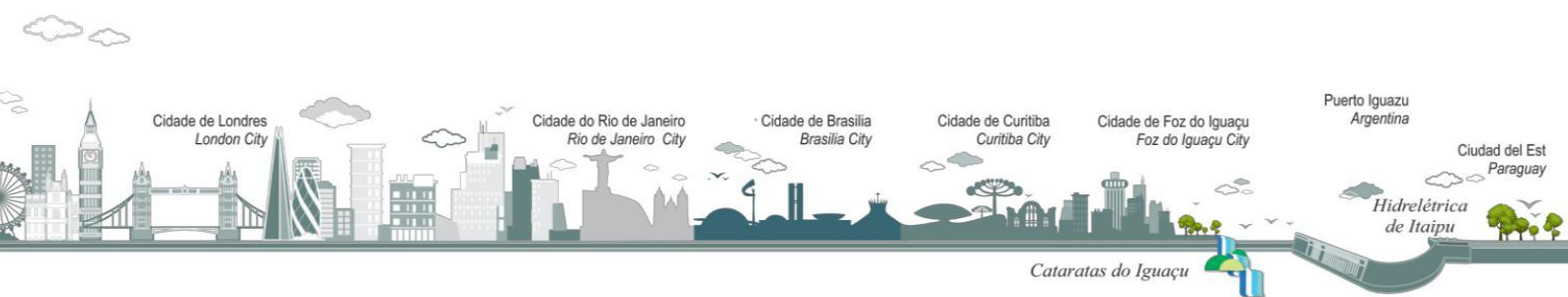
Fonte: Bibliometrix com dados da pesquisa (2025).

Os estudos concentram-se majoritariamente na Mata Atlântica (43,5%), seguida pelo Pampa (21,7%), Cerrado (17,4%), Amazônia (13,0%), e Caatinga (4,3%). Pantanal não apresentou registros neste levantamento, o que reflete as limitações do recorte temporal e da base utilizada, sem implicar ausência absoluta de pesquisas nesse bioma. Essa distribuição evidencia uma desigualdade na produção científica entre os biomas brasileiros, possivelmente associada à concentração de instituições de pesquisa, à infraestrutura disponível, ao financiamento e à facilidade de acesso às áreas de estudo.

Os resultados reforçam a necessidade de ampliar os investimentos e incentivar pesquisas nos biomas menos estudados, a fim de reduzir lacunas de conhecimento e promover uma representação regional mais equilibrada da hidrologia florestal no Brasil.

3.7 Análise qualitativa complementar: principais achados empíricos dos estudos selecionados

Para além da análise bibliométrica descritiva apresentada nas seções anteriores, realizou-se uma etapa qualitativa complementar com o objetivo de extrair e sintetizar os principais achados empíricos dos 23 artigos selecionados. Para tanto, procedeu-se à leitura integral dos trabalhos, seguida da identificação e da categorização dos processos hidrológicos investigados, dos biomas estudados e das metodologias aplicadas. Os resultados dessa etapa são apresentados a seguir, organizados por bioma e por tema hidrológico, constituindo uma revisão narrativa dos achados substantivos da literatura.



International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)
Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência Sociedade 5.0 Resiliência Ambiental
ISSN 2675-3456

3.7.1 Processos hidrológicos em diferentes biomas

Nesse sentido, estudos comparativos entre biomas desempenham papel estratégico, pois permitem identificar padrões e contrastes nos processos hidrológicos, como interceptação, infiltração e evapotranspiração, sob diferentes regimes de precipitação, composições florísticas e tipos de solo. Tais abordagens comparativas favorecem o desenvolvimento de modelos integradores e preditivos, fundamentais para o manejo sustentável dos recursos hídricos e florestais em escala nacional.

Pesquisas realizadas em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual da Mata Atlântica demonstram que períodos prolongados de seca alteram significativamente o balanço hídrico, com aumento da evapotranspiração e redução da percolação, além de desencadearem respostas fisiológicas da vegetação, como a queda foliar e reconfiguração do dossel em anos subsequentes (Rodrigues *et al.*, 2021). Esses resultados evidenciam a resiliência parcial dessas florestas, mas também a vulnerabilidade dos processos hidrológicos diante da intensificação das secas regionais.

Estudos em florestas sazonalmente alagadas destacam que a variação do nível da água é um fator determinante na configuração da diversidade taxonômica, funcional e filogenética, influenciando a estrutura da comunidade arbórea e estratégias ecológicas (Gianasi *et al.*, 2024). Esses achados reforçam a importância de considerar a heterogeneidade hidrológica no manejo e conservação de ecossistemas florestais, especialmente ao relacionar precipitação efetiva e disponibilidade de água no solo.

Na Floresta Nacional do Jamari, Lima e Tonello (2023) avaliaram os efeitos do manejo florestal sustentável sobre a partição da chuva, observando que a precipitação efetiva foi superior nas áreas não exploradas, enquanto o escoamento pelo tronco apresentou redução de 65% nas florestas manejadas. Esses resultados indicam que, mesmo sob práticas de baixo impacto, o manejo altera a interceptação e a redistribuição da chuva, com implicações diretas para os processos ecohidrológicos e para a resiliência das florestas amazônicas diante das mudanças climáticas.

Na Amazônia, estudos recentes apontam que práticas de manejo florestal de impacto reduzido podem alterar significativamente o particionamento da chuva, reduzindo o fluxo pelo tronco

Cidade de Londres London City
Cidade do Rio de Janeiro Rio de Janeiro City
Cidade de Brasilia Brasilia City
Cidade de Curitiba Curitiba City
Cidade de Foz do Iguaçu Foz do Iguaçu City
Puerto Iguazu Argentina
Ciudad del Est Paraguay
Hidrelétrica de Itaipu
Cataratas do Iguaçu

e a precipitação líquida que atinge o solo, sobretudo durante a estação seca. Essas alterações demonstram a necessidade de compreender os efeitos do manejo sobre os processos ecohidrológicos e a manutenção dos serviços ecossistêmicos florestais (Lima; Tonello, 2023).

No bioma Pampa, Santarosa *et al.* (2025) analisaram o consumo hídrico de áreas reflorestadas e de vegetação natural a partir de imagens dos satélites Landsat 8 e 9, aplicando o método *SAFER* (*Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*). O estudo revelou valores de evapotranspiração real (*ETa*) 26,5% superiores em áreas de reflorestamento em comparação às pastagens e 4,8% maiores em relação às florestas ripárias, indicando maior demanda hídrica associada ao aumento da biomassa e da atividade fotossintética. Esses resultados evidenciam os impactos hidrológicos da conversão de campos naturais em florestas plantadas e reforçam a necessidade de manejo integrado dos recursos hídricos diante da expansão do reflorestamento comercial no Pampa.

3.7.2 Papel da serapilheira e características dendrométricas

Spletozer *et al.* (2021) avaliaram o efeito da serapilheira sobre o escoamento superficial em um fragmento da Mata Atlântica nas estações seca e chuvosa. O estudo demonstrou que as parcelas com serapilheira apresentaram redução média de 16,7% no escoamento em relação às parcelas sem cobertura, evidenciando a importância dessa camada na regulação hidrológica. A serapilheira atuou como barreira física, retardando o escoamento e aumentando a rugosidade da superfície, além de elevar a capacidade de retenção de água do solo, o que confirma seu papel essencial na mitigação de perdas hídricas e na conservação do solo em áreas florestadas.

Já um estudo conduzido em áreas de Cerrado em diferentes estágios de restauração passiva indica que o acúmulo e a composição da serapilheira influenciam diretamente a capacidade de retenção hídrica do solo, reforçando o papel da regeneração natural como fator determinante na recuperação das funções hidrológicas dos ecossistemas (Pereira *et al.*, 2022).

Em relação às características morfológicas e dendrométricas influenciam o escoamento pelo tronco em diferentes espécies, Balieiro *et al.* (2021) demonstraram que, na transição floresta-savana da Amazônia, características morfológicas das árvores, como inclinação do tronco e tipo de casca, influenciam significativamente o volume de água da chuva que escorre pela superfície do tronco das árvores até o solo. Árvores com troncos inclinados e casca lisa apresentaram maior escoamento

pelo tronco, evidenciando que a estrutura individual das árvores pode modular a redistribuição da água da chuva no solo, complementando os achados de Lima e Tonello (2023) sobre o efeito do manejo florestal na precipitação efetiva.

3.7.3 Evapotranspiração, umidade do solo e modelagem computacional

Na Mata Atlântica, por exemplo, as pesquisas sobre evapotranspiração têm explorado o comportamento do ciclo hidrológico sob condições de estresse climático. Guauque-Mellado *et al.* (2022) analisaram uma série temporal de seis anos em uma floresta estacionalmente seca no sudeste do Brasil e observaram que, apesar das variações na severidade das secas, não houve diferenças significativas na evapotranspiração diária. Os autores atribuem essa estabilidade à constância do armazenamento de água no solo, à adaptação das espécies arbóreas e à alternância entre períodos secos e úmidos, o que indica uma resiliência hídrica do ecossistema frente às condições extremas previstas em cenários de mudanças climáticas.

Oliveira *et al.* (2021) modelaram a dinâmica espaço-temporal da umidade do solo em um remanescente florestal da Mata Atlântica utilizando algoritmos de *machine learning* (como *random forest*, *support vector machine* e *artificial neural networks*), comparando-os com modelos de regressão linear múltipla. O estudo demonstrou que o *random forest* apresentou melhor desempenho (NS = 0,77; R^2 = 0,51), destacando o potencial das técnicas de aprendizado de máquina para representar a variabilidade da umidade do solo sob condições tropicais e contribuir para o aprimoramento da modelagem hidrológica em florestas brasileiras.

Gomide *et al.* (2024) utilizaram variáveis espectrais, hidrológicas e geográficas para estimar o estoque de carbono acima do solo (AGC) em diferentes estratos de dossel na Mata atlântica, aplicando técnicas de *machine learning* (*Random Forest* combinado a Algoritmo Genético) e Regressão Linear Múltipla. O estudo revelou forte associação entre as variáveis hidrológicas e a área basal das árvores na explicação do AGC, destacando a eficácia dos métodos utilizados para estimativas precisas de carbono e integração entre processos hidrológicos, estrutura do dossel e dinâmica de carbono florestal. Esses resultados reforçam o potencial do sensoriamento remoto e da modelagem computacional como ferramentas de apoio à hidrologia florestal e ao manejo sustentável de florestas tropicais.

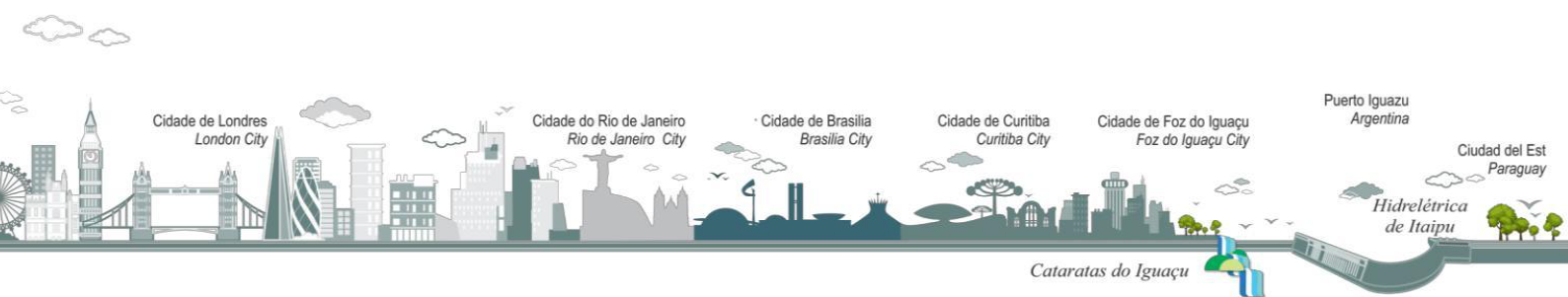
3.7.4 Ciclagem de nutrientes e aportes hídricos

Mantovani *et al.* (2022) quantificaram os aportes de carbono e nitrogênio provenientes da precipitação efetiva, avaliando variações sazonais e espaciais entre a chuva bruta e a chuva após a interação com o dossel florestal. Os resultados mostraram um aumento expressivo nas concentrações desses nutrientes após a passagem pela copa, com médias anuais de 193,18 kg ha^{-1} de carbono e 36,95 kg ha^{-1} de nitrogênio, correspondentes a 75% dos aportes registrados na estação chuvosa. O estudo evidencia que as interações entre chuva e floresta atuam como importantes mecanismos de enriquecimento do ecossistema, contribuindo para a ciclagem de nutrientes e a manutenção dos processos ecológicos em florestas semideciduais tropicais.

3.8 Lacunas e perspectivas futuras de investigação

A partir do mapeamento bibliométrico referente ao estado da arte da hidrologia florestal nos diferentes biomas brasileiros, identificaram-se lacunas na produção científica, que orientam as seguintes agendas para pesquisas futuras:

- Em função da acentuada desigualdade espacial na produção de pesquisas voltadas aos biomas Pantanal e Caatinga, sugere-se a necessidade de justiça cognitiva entre esses biomas, considerando suas particularidades ecossistêmicas, regimes hidrológicos singulares e pressões antrópicas específicas. Nesse aspecto, recomenda-se o desenvolvimento de trabalhos com o objetivo de evidenciar novos padrões e respostas hidrológicas ainda que não descrita na literatura por meio de metodologias consolidadas, instalações de equipamentos que possam garantir os dados robustos e que favoreçam a interpretação do comportamento hidrológico em ambiente Florestal.
- A predominância de estudos concentrados na Mata Atlântica e em instituições do Sudeste evidencia a necessidade de descentralização geográfica das pesquisas, com o estímulo à formação de redes de pesquisa e à fixação de grupos técnicos nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, com o objetivo de superar barreiras logísticas e ampliar a representatividade nacional dos estudos, por meio da adoção de estratégias integradas que combinem cooperação institucional, inovação tecnológica e políticas de fomento direcionadas.



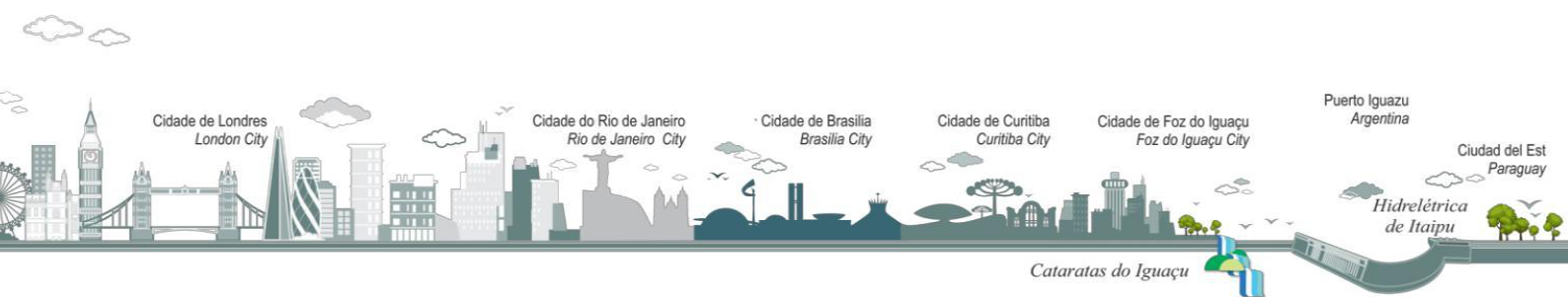
- Urge aprofundar pesquisas sobre os impactos hidrológicos associados a diferentes regimes de manejo florestal e às transições de uso da terra, particularmente considerando cenários de crescimento agrícola e de restauração ecológica que influenciam políticas públicas voltadas à conservação da água e à gestão adaptativa. Para tanto, propõe-se uma abordagem metodológica integrada e multiescalar. No campo, destacam-se bacias hidrográficas pareadas, utilizando bacias sob diferentes coberturas (floresta nativa, reflorestamento, agricultura) para comparação, com a instalação de parcelas de monitoramento de escoamento superficial e infiltração, além do levantamento constante de variáveis hidroclimáticas como umidade do solo e evapotranspiração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da produção científica sobre hidrologia florestal no período de 2020 a 2025 evidencia um campo consolidado, com forte colaboração nacional e internacional, embora haja tendência recente de redução no número de publicações. Os estudos concentram-se principalmente na Mata Atlântica, seguidos por Pampa e Cerrado, refletindo desigualdade na cobertura espacial das pesquisas no recorte analisado. Tematicamente, os trabalhos abordam processos hidrológicos, como evapotranspiração, interceptação, escoamento, balanço hídrico e efeitos do manejo florestal, integrando aspectos ecológicos, climáticos e de uso do solo.

Os resultados encontrados contribuem para o avanço científico sobre hidrologia florestal, ao mapear as principais tendências temáticas, indicar a necessidade de ampliação das colaborações institucionais e evidenciar as desigualdades regionais na produção científica dos últimos 5 anos, o estudo contribui para o avanço da hidrologia florestal no Brasil fornecendo uma base para o direcionamento de futuras pesquisas.

Ademais, a própria complexidade dos fenômenos investigados reforça a importância de abordagens interdisciplinares, que integrem conhecimentos da climatologia, ecologia, engenharia florestal, geociências e ciências sociais. Somente por meio dessa integração é possível compreender de forma mais ampla os efeitos das mudanças no uso da terra, do desmatamento e das variações climáticas sobre os fluxos hídricos e a resiliência dos ecossistemas florestais brasileiros.



É importante ressaltar, contudo, que os resultados aqui apresentados representam um recorte específico da produção científica indexada na base *Web of Science*, dentro do período de 2020 a 2025, o que configura apenas uma parcela do vasto panorama de estudos existentes sobre o tema. Assim, embora o levantamento apresente tendências e lacunas relevantes, ele não esgota o universo de pesquisas sobre hidrologia florestal no Brasil, razão pela qual as seguintes recomendações devem ser interpretadas como indicações preliminares, restritas ao corpus analisado e passíveis de validação por estudos futuros com maior abrangência temporal e documental.

Diante dessas limitações, sugerem-se, de forma exploratória: (i) a ampliação das análises para outras bases de dados (Scopus, SciELO, Google Scholar), afim de investigar a robustez das tendências aqui identificadas; (ii) a integração de tecnologias emergentes de monitoramento e modelagem; e (iii) o fortalecimento de redes colaborativas e da cooperação internacional, com uma visão abrangente e equitativa da hidrologia florestal e de seu papel na gestão sustentável da água e das florestas.

REFERÊNCIAS

BALIEIRO, R. M. F.; TONELLO, K. C.; BRAMORSKI, J.; DA COSTA NETO, S. V. Influence of dendometric and morphological characteristics on stemflow in a forest-savanna transition area in the Brazilian Amazon. Journal of Tropical Forest Science, v. 33, n. 3, p. 368–377, 2021. DOI: https://doi.org/10.26525/jtfs2021.33.3.368.

COUTINHO, L. M. Biomas brasileiros. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

FENG, Y. et al. A bibliometric analysis of water resources research in Brazil. Scientometrics, v. 112, n. 2, p. 829-847, 2017.

GIANASI, F. M. Variação no regime do nível de água é um drive crucial para diversidade taxonômica, funcional e filogenética em florestas tropicais sazonalmente alagadas. 2024. 42 p. Tese (Doutorado em Botânica Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2024.

GOMIDE, L. R.; et al. Modelagem do estoque de carbono acima do solo sob influência do dossel de uma floresta. Revista Árvore, v. 48, n. 1, 2024. https://doi.org/10.53661/1806-9088202448263778.

GUAUQUE-MELLADO, D. et al. Evapotranspiration under drought conditions: the case study of a seasonally dry Atlantic Forest. Atmosphere, v. 13, n. 6, p. 871, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/atmos13060871.

LIMA, J. A. de; TONELLO, K. C. Rainfall partitioning in Amazon Forest: Implications of reduced impact logging for hydrological processes. Agricultural and Forest Meteorology, v. 341, p. 109505, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109505

LIMA, J. A. de; TONELLO, K. C. Rainfall partitioning in Amazon Forest: Implications of reduced impact logging for hydrological processes. Agricultural and Forest Meteorology, v. 337, art. 109505, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109505.

MANTOVANI, V. A. et al. Spatial and temporal patterns in carbon and nitrogen inputs by net precipitation in Atlantic Forest, Brazil. Forest Science, v. 68, n. 1, p. 113–124, fev. 2022. DOI: https://doi.org/10.1093/forsci/fxab056.

OLIVEIRA, P. T. S. et al. Groundwater recharge decrease with increased vegetation density in the Brazilian Cerrado. Ecohydrology, v. 9, n. 6, p. 1–12, 2016. DOI: https://doi.org/10.1002/eco.1759.

OLIVEIRA, V. A. et al. Spatiotemporal modelling of soil moisture in an Atlantic Forest through machine learning algorithms. European Journal of Soil Science, v. 72, n. 5, p. 1664-1678, 2021. DOI: https://doi.org/10.1111/ejss.13123.

PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, v. 372, n71, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n71.

PEREIRA, L. C. et al. Aspects of forest restoration and hydrology: the hydrological function of litter. Journal of Forestry Research, v. 33, p. 543–552, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s11676-021-01366-y.

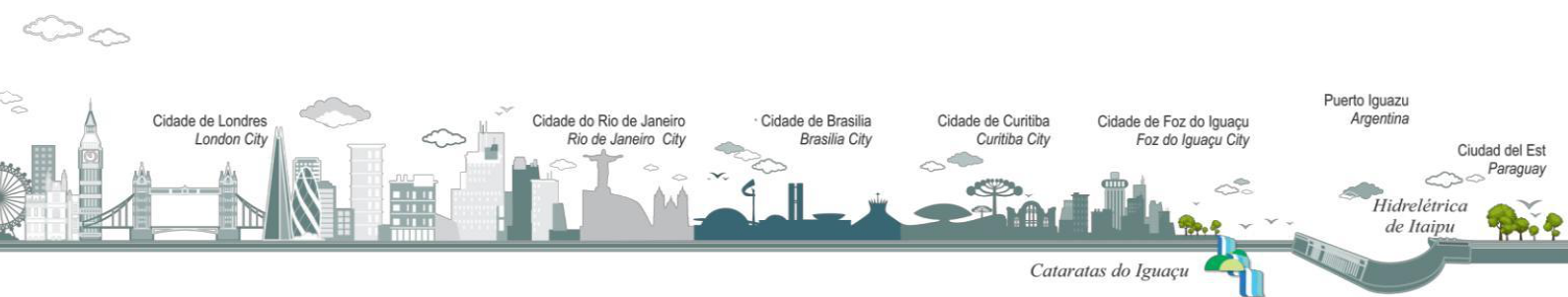
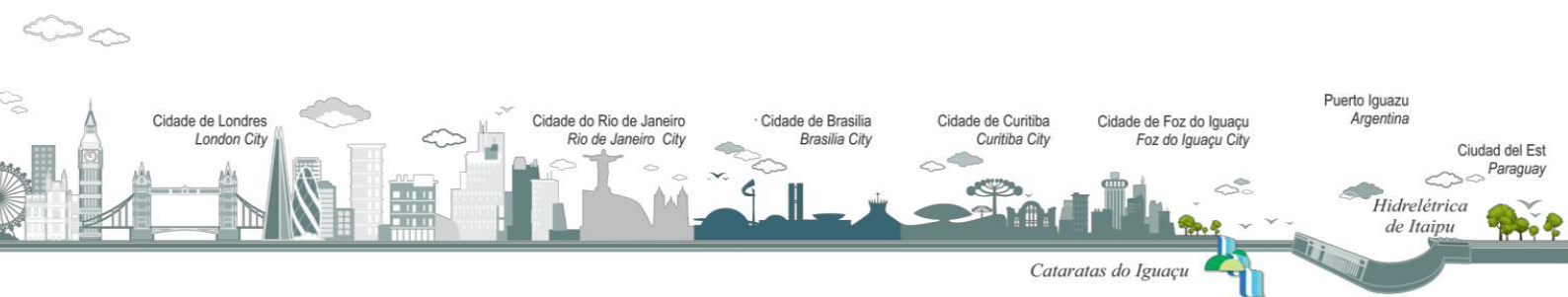
PINTO, N. L. S. et al. Hidrologia básica. São Paulo: Editora Blucher, 1976.

RODRIGUES, A. F. et al. Soil water content and net precipitation spatial variability in an Atlantic forest remnant. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 42, e43518, 2020. DOI: https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.43518.

RODRIGUES, A. F. et al. Water balance of an Atlantic forest remnant under a prolonged drought period. Ciência e Agrotecnologia, v. 45, p. e008421, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/1413-7054202145008421.

SANTAROSA, L. V. et al. Water consumption assessment of afforestation and natural vegetation areas with a remote sensing approach. Water, v. 17, n. 11, p. 1597, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/w17111597.

SOUZA, É. E. B. de; et al. Surface and subsurface water impacts of forestry and grassland land use in paired watersheds: electrical resistivity tomography and water balance analysis. Water, v. 16, n. 15, p. 2191, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/w16152191.



SPLETOZER, A. G. et al. Efeito da serapilheira no escoamento superficial de um fragmento florestal na Mata Atlântica. Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 16, n. 1, p. 1-7, 2021. DOI: https://doi.org/10.5039/agraria.v16i1a8597.