

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA HIDRÁULICA E SANEAMENTO

CRISTIANE DE FARIAS

**Efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos
corpos hídricos e os nutrientes no solo**

Versão corrigida

São Carlos (SP)

2021

CRISTIANE DE FARIAS

Efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos e os nutrientes no solo

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Davi Gasparini Fernandes Cunha

São Carlos (SP)

2021

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

F224e Farias, Cristiane
Efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos e os nutrientes no solo / Cristiane Farias; orientador Davi Gasparini Fernandes Cunha. São Carlos, 2021.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2021.

1. Eucalipto. 2. Qualidade da água. 3. Uso do solo. 4. Disponibilidade hídrica. 5. Corpos hídricos.
I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **CRISTIANE DE FARIAS**.

Título da dissertação: "Efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos e os nutrientes no solo".

Data da defesa: 17/11/2021.

Comissão Julgadora

Resultado

Prof. Associado **Davi Gasparini Fernandes Cunha**
(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC-USP)

Aprovada_____

Prof. Dra. **Danielle de Almeida Bressiani**
(Universidade Federal de Pelotas/UFPel)

Aprovada_____

Prof. Dra. **Roseli Frederigi Benassi**
(Universidade Federal do ABC/UFABC)

Aprovada_____

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento:

Prof. Dr. **Luiz Antonio Daniel**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Titular **Murilo Araujo Romero**

À minha mãe, Lourdes, e meu pai,
Everaldo, que me deram todas as
oportunidades para sonhar cada
sonho até aqui.

AGRADECIMENTOS

Minha jornada durante a realização do mestrado foi iluminada por diversas pessoas, às quais agradeço de todo coração nesse momento.

Ao professor Dr. Davi Gasparini Fernandes Cunha, por ter me acolhido desde a primeira conversa antes mesmo de ser meu orientador. Conversar com o professor sempre foi uma oportunidade para me entusiasmar mais pelo trabalho e melhorar como pessoa. Aprendi muito com seus exemplos de profissional e ser humano exemplar, e me senti constantemente sortuda de fazer parte de sua equipe. Por tudo, sou eternamente grata.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado (Processo 131240/2019-6).

À técnica de laboratório Adriana Poli Miwa por toda a disponibilidade e apoio ao trabalho no BIOTACE. Aos funcionários e professores do Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS/EESC/USP), pelo suporte e por nos proporcionarem a estrutura necessária para entrarmos em contato com conhecimentos tão alegradores.

A todos os companheiros de BIOTACE, em especial Aline, Fellipe, Janaina, Nicolas, Murilo, Vinícius e Wesley, que ensinaram tudo a respeito do laboratório e me ajudaram em diferentes fases da pesquisa. À Karen, parceira do início ao fim do mestrado, pela amizade incondicional durante todo esse período.

À minha mãe, Lourdes e ao meu pai, Everaldo. É um privilégio ser filha de vocês e poder honrar suas vidas de tanta luta, por onde quer que eu ande.

Aos Farias, minha família, pelo exemplo de vida, dedicação, caráter e comprometimento. Mesmo a 2.000 quilômetros de distância, tenho vocês sempre comigo.

À Liana, que me acolheu em casa em São Carlos e me apoiou de maneiras incontáveis. Às minhas incríveis amigas Amanda, Diana, Geovanna, Karol, Kátia, Larissa, Letícia, Linda, Mariana, Nathalia, e Tais, que nos momentos mais difíceis dos últimos anos sempre estiveram ao meu lado. Juntas sempre fomos mais longe!

E por fim, ao meu querido Antônio, que me apoiou de diversas formas desde a decisão inicial de tentar entrar no mestrado. Obrigada por toda a partilha, companheirismo e presença. Sou grata por cada palavra de incentivo e amor. Estamos juntos!

RESUMO

FARIAS, Cristiane. **Efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos e os nutrientes no solo.** 2021. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

As florestas plantadas de eucalipto são uma alternativa interessante para atender à demanda por produtos florestais e reduzir o avanço do desmatamento sobre florestas nativas. No entanto, os efeitos da silvicultura sobre a quantidade e a qualidade da água dos corpos hídricos devido às elevadas taxas de evapotranspiração e ao aporte de fertilizantes lixiviados do solo, entre outros aspectos, ainda não são totalmente caracterizados na literatura. O objetivo principal desta pesquisa foi realizar uma revisão bibliográfica para compreender o impacto das plantações de eucalipto sobre os corpos hídricos e os ambientes terrestres do entorno, buscando estabelecer padrões gerais desses efeitos sobre a água e o solo. Inicialmente, foi conduzida uma busca por palavras-chave na plataforma Web of Science™. Em seguida, foi aplicado filtro manual nos artigos levantados, por meio da leitura dos seus resumos. Para uma análise mais aprofundada, foram selecionados os artigos que versavam sobre aspectos qualitativos da água em relação a sedimentos e nutrientes (com foco em nitrogênio, fósforo e potássio), aspectos quantitativos da água e nutrientes no solo. Tal seleção resultou em 58 artigos, os quais foram publicados entre 1997 e 2021. A análise bibliométrica revelou que os países com maior número de publicações foram Brasil, Austrália e Chile, e os publicados na Austrália foram os mais citados globalmente. Quanto aos aspectos qualitativos, os artigos revelaram que, em geral, a perda de solo em área de solo exposto foi maior do que em áreas com cultivo de eucalipto. O canal dos corpos hídricos e os talhões do eucalipto foram reportados como as principais fontes dos sedimentos exportados pelos cursos de água. A exportação de nutrientes não apresentou padrão geral, devido aos diferentes tipos de manejo realizados, com variações na área de corte e na fertilização, por exemplo. Quanto aos aspectos quantitativos, a evapotranspiração dos cultivos atingiu até 178% da precipitação total. Foi reportado que isso gerou rebaixamento do lençol freático, redução da vazão dos cursos de água após o plantio e aumento da vazão após o corte raso em alguns casos. A respeito dos nutrientes no solo, o cultivo de eucalipto, em geral, promoveu sua depleção, e os estudos analisados indicaram que a reposição por meio da aplicação de fertilizantes minerais deve ser realizada adequadamente para reduzir a lixiviação. Concluiu-se que a silvicultura pode impactar negativamente os corpos hídricos e os ambientes terrestres adjacentes nos casos em que os cultivos de eucalipto são realizados sem os devidos cuidados de manejo e o

monitoramento dos diferentes compartimentos ambientais. No entanto, a significativa variabilidade de fatores naturais (e.g., declividade, tipo de solo e características climáticas) e operacionais (e.g., condições de manejo das áreas de eucalipto) impõe um desafio ainda maior ao acompanhamento dos impactos ambientais dos cultivos e dificulta a proposição de alternativas padronizadas para a sua prevenção e mitigação.

Palavras-chave: eucalipto, qualidade da água, uso do solo, disponibilidade hídrica, corpos hídricos, revisão de literatura.

ABSTRACT

FARIAS, Cristiane. **Effect of eucalyptus plantations on streams' qualitative and quantitative aspects and on nutrients' availability on soils.** 2021. 94 p. Dissertation (Master of Science) – Department of Hydraulics and Sanitation, São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, São Carlos, 2021.

Eucalyptus plantations are an interesting alternative to meet the demand for forest products and reduce logging on native forests. However, the effects of silviculture on the quantity and quality of water in streams due to the high rates of evapotranspiration and the contribution of fertilizers leached from the soil, among other aspects, are not fully characterized in the literature. The main objective of this research was to conduct a literature review to understand the impact of eucalyptus plantations on streams and the surrounding terrestrial environments, seeking to establish general patterns of these effects on water and soil. Initially, a keyword search was conducted on the Web of Science™ platform. Then, a manual filter was applied to the articles raised, by reading their abstracts. For a more in-depth analysis, articles related to qualitative aspects of water regarding sediments and nutrients (focusing on nitrogen, phosphorus and potassium), quantitative aspects of water and nutrients in the soil were selected. This selection resulted in 58 articles, which were published between 1997 and 2021. The bibliometric analysis revealed that the countries with the highest number of publications were Brazil, Australia and Chile, and those published in Australia were the most cited globally. Regarding qualitative aspects, the articles revealed that, in general, the loss of soil in an area of bared soil was greater than in areas with eucalyptus plantation. The stream bank and eucalyptus stands were reported as the main sources of sediments exported by streams. Nutrient export did not show a general pattern, due to the different types of management performed, with variations in clearcutting area and fertilization, for example. Concerning quantitative aspects, forest evapotranspiration reached up to 178% of total precipitation. It was reported that this caused the lowering of the groundwater table, a reduction in streamflow after planting, and an increase in streamflow after clearcutting in some cases. Regarding the nutrients in the soil, the cultivation of eucalyptus, in general, promoted its depletion, and the studies analyzed indicated that the replacement through the application of mineral fertilizers must be carried out properly to reduce leaching. Silviculture can negatively impact streams and adjacent terrestrial environments in cases where eucalyptus cultivation is implemented without proper management and monitoring of different environmental compartments. However, the significant variability of natural (e.g., slope, soil

type and climatic characteristics) and operational (e.g., management conditions of eucalyptus areas) factors imposes an even greater challenge to monitor the environmental impacts of plantations and makes it harder to propose standardized alternatives for their prevention and mitigation.

Keywords: eucalyptus, water quality, land use, water availability, streams, literature review.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Número de artigos publicados na plataforma Web of Science™ por ano, a respeito do efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos e os nutrientes no solo.	26
Figura 2 - Dez artigos mais citados globalmente dentre os selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito do efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos e os nutrientes no solo. Após cada barra foi indicado o número de citações recebidas pelos artigos.	27
Figura 3 - Países mais citados pelos artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito do efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos e os nutrientes no solo. Após cada barra foi indicado o número de citações recebidas pelos artigos.....	28
Figura 4 - Lista de países com mais artigos dentre os selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito do efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos e os nutrientes no solo. Em cinza claro, estão indicadas as publicações com autores de um único país (single country publications, SCP) e em cinza escuro as publicações com autores de mais de um país (multiple country publications, MCP).	28
Figura 5 - Síntese gráfica dos principais conceitos abordados em artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito de exportação de sedimentos, perda de solo e origem dos sedimentos em bacias com cultivo de eucalipto.	45
Figura 6 - Síntese gráfica dos principais conceitos abordados em artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito da exportação de nutrientes e comparação da concentração de nutrientes entre diferentes tipos de uso do solo e bacias com cultivo de eucalipto.	46
Figura 7 - Síntese gráfica dos principais conceitos abordados em artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito da evapotranspiração em bacias com cultivo de eucalipto.	64
Figura 8 - Síntese gráfica dos principais conceitos abordados em artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito da água no solo e do armazenamento subterrâneo em bacias com cultivo de eucalipto.	64
Figura 9 - Síntese gráfica dos principais conceitos abordados em artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito da alteração da vazão em bacias com cultivo de eucalipto.	65
Figura 10 - Síntese gráfica dos principais conceitos abordados em artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito da exportação de nutrientes do solo em bacias com cultivo de eucalipto.	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Filtros aplicados para levantamento de artigos na plataforma Web of Science™ entre os anos de 1991 e 2021.	24
Tabela 2 - Síntese dos artigos da plataforma Web of Science™ que analisaram a exportação de sedimentos por corpos hídricos em bacias com cultivo de eucalipto, sendo apresentados também a declividade, a área da bacia e o percentual de ocupação por eucalipto nas bacias estudadas.	33
Tabela 3 - Síntese dos artigos da plataforma Web of Science™ que apresentam análises de perda de solo ponderadas pela área de contribuição, em diferentes usos do solo. Também é apresentada a declividade média de cada área estudada.	36
Tabela 4 - Síntese dos artigos da plataforma Web of Science™ que apresentam a exportação de nutrientes (N, P e K) por corpos hídricos em bacias com cultivo de eucalipto.	41
Tabela 5 - Síntese dos artigos da plataforma Web of Science™ que apresentam comparação das características qualitativas de água em corpos hídricos em função de diferentes usos do solo com plantações de eucalipto.	43
Tabela 6 - Síntese dos artigos da plataforma Web of Science™ que analisaram as parcelas do balanço hídrico em bacias com cultivo de eucalipto, sendo apresentados também a área da bacia e o percentual de ocupação por eucalipto nas áreas estudadas.	48
Tabela 7 - Síntese dos resultados de Índice de Área Foliar (LAI) apresentados pelos artigos da plataforma Web of Science™, com cultivo de eucalipto de diferentes idades de plantio.	52
Tabela 8 - Comparação entre a ET, Q, ΔS e G de bacias com cultivo de eucalipto e de pastagens naturais ou cultivadas, em artigos da plataforma Web of Science™. Percentual em relação à PR.	54
Tabela 9 - Síntese dos artigos da plataforma Web of Science™ que apresentam análise da alteração da vazão em corpos hídricos que drenam bacias com cultivo de eucalipto, avaliada após o plantio do eucalipto ou após o corte raso.	59
Tabela 10 - Lista dos 596 artigos Levantados Pela Aplicação Dos Filtros Na Plataforma Web Of Science™, ordenados em ordem alfabética. Em negrito são indicados os artigos selecionados.	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ΔS	Alteração na água armazenada no solo
AC	Antes do corte raso
C	Cana-de-açúcar
CER	Cerrado
DC	Depois do corte raso
DIN	Nitrogênio Inorgânico Dissolvido
DON	Nitrogênio Orgânico Dissolvido
DT	Parcela da precipitação que atravessa a copa
EUC	Eucalipto
FD	Floresta Decídua
FP	Floresta Perene
I	Interceptação
Ic	Interceptação pela copa
Is	Interceptação pela serrapilheira
K	Potássio
G	Recarga de água subterrânea
E	Evaporação
ET	Evapotranspiração
N	Nitrogênio
NAT	Floresta Nativa
NH_4^+	Amônio
NO_2^-	Nitrito
NO_3^-	Nitrato
NOrg	Nitrogênio Orgânico
NT	Nitrogênio Total
P	Fósforo
PO_4^{3-}	Fosfato
PON	Nitrogênio Orgânico Particulado
PR	Precipitação
PT	Fósforo Total
Q	Vazão no corpo hídrico
SF	Parcela da precipitação que escoo pelo tronco
T	Transpiração

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
2. OBJETIVO	23
3. METODOLOGIA.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1. Panorama geral das publicações a respeito de florestas plantadas de eucalipto e impactos na água e no solo.....	26
4.2. Qualidade da água, perda de solo e exportação de sedimentos e nutrientes em bacias com cultivo de eucalipto.....	29
4.2.1. Exportação de sedimentos e perda de solo (12 artigos).....	30
4.2.2. Exportação e disponibilidade de nutrientes (oito artigos).....	38
4.2.3. Síntese Gráfica – Aspectos Qualitativos	44
4.3. Aspectos quantitativos: evapotranspiração, armazenamento de água no solo e vazão no corpo hídrico.....	46
4.3.1. Evapotranspiração (20 artigos)	48
4.3.2. Água no solo e armazenamento subterrâneo (14 artigos).....	55
4.3.3. Alteração na vazão em corpos hídricos que drenam bacias com cultivo de eucalipto.....	58
4.3.4. Síntese Gráfica – Aspectos Quantitativos	63
4.4. Depleção de nutrientes do solo.....	65
4.4.1. Síntese gráfica	70
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	71
REFERÊNCIAS.....	73
APÊNDICE.....	79

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo país com maior área de florestas do mundo, com cerca de 497 milhões de hectares que representam 59% da área territorial total (FAO, 2020). Além disso, em 2015, o país foi o oitavo com a maior área de florestas plantadas, sendo 7,7 milhões de hectares ocupados por esse tipo de uso do solo (PAYN et al., 2015). Dentre as espécies plantadas no Brasil, o *Eucalyptus* spp. é o principal gênero, com 77% da área total. Desde 2009, a área com plantio do eucalipto avançou cerca de 50%, passando de 4,66 milhões de hectares para 6,97 milhões de hectares em 2020 (IBÁ, 2020).

Considerando a demanda por produtos florestais, o uso de florestas plantadas pode auxiliar na redução do extrativismo em florestas nativas (FERRAZ et al., 2019), sendo fonte de energia renovável para a indústria. Além disso, a fixação de carbono pelas árvores reduz a concentração do elemento na atmosfera, mitigando os impactos climáticos do efeito estufa (GATTO, 2011). O uso do eucalipto para a produção de madeira é bastante difundido devido ao rápido crescimento, elevada produtividade e curtos ciclos de rotação (RODRIGUES et al., 2019). No Brasil, os plantios são utilizados para produção de papel e celulose, carvão vegetal e produtos madeireiros como pisos e painéis, por exemplo, e junto com todo o setor de florestas plantadas têm significância econômica relevante para o PIB (IBÁ, 2020).

Em paralelo ao crescimento das áreas plantadas de eucalipto surgiram estudos para avaliar os possíveis impactos ambientais causados por esse tipo de uso do solo em corpos hídricos. As pesquisas foram realizadas em diversos países, como Brasil (ALMEIDA et al., 2007; ALMEIDA; RIBEIRO; LEITE, 2013; FERRAZ et al., 2019; GANBA et al., 2016; OGASAWARA et al., 2020; REICHERT et al., 2017; RODRIGUES et al., 2018; SILVA et al., 2013), China (LANE et al., 2004; OUYANG et al., 2018; ZHOU; WEI; YAN, 2002), Chile (HERVÉ-FERNANDEZ; OYARZÚN; WOELFL, 2016; HUBER et al., 2010; OYARZÚN et al., 2011), Austrália (ADELANA et al., 2015; BENYON; DOODY, 2015; DRESEL et al., 2018; FORRESTER; COLLOPY; MORRIS, 2010; WEBB; DRAGOVICH; JAMSHIDI, 2012), Etiópia (MHIRET et al., 2019, 2020), entre outros.

A fertilização mineral, prática importante para garantir a produtividade e reduzir custos na silvicultura (SILVA et al., 2013) pode representar uma ameaça aos recursos hídricos. A lixiviação, infiltração ou escoamento superficial dos nutrientes aplicados nos plantios podem promover a contaminação das águas subterrâneas (MATSON et al., 1997) e a eutrofização artificial de corpos hídricos (KLEIN; AGNE, 2013). A perda de solo, impulsionada por eventos de manejo intensivo como o corte raso (remoção de toda a vegetação existente sobre uma área)

da floresta, pode aumentar a concentração de sedimentos na água e promover o assoreamento dos corpos hídricos (CÂNDIDO et al., 2014). Em alguns casos, no entanto, os plantios podem ser utilizados para reduzir o impacto das erosões (MHIRET et al., 2020; SILVA et al., 2011).

Além dos aspectos qualitativos, a expansão das florestas de eucalipto também preocupa em relação aos efeitos sobre a quantidade de água disponível (RODRIGUES, 2017). Devido à alta produtividade e consumo de água dos talhões (FERRAZ et al., 2019), podem ocorrer impactos sobre a vazão dos corpos hídricos e também sobre o nível do lençol freático, à medida que as raízes do eucalipto retiram água do solo (OUYANG et al., 2018).

Desse modo, este estudo buscou sistematizar conhecimentos a respeito dos efeitos diretos e indiretos de plantios de eucalipto sobre corpos hídricos e os ecossistemas terrestres a eles adjacentes, em busca de padrões gerais sobre exportação dos nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), exportação de sedimentos, balanço hídrico, alterações de vazão e perda de solo. A sistematização de um panorama geral dos estudos em relação a esses temas pode facilitar a realização de novas pesquisas de campo a esse respeito, além de subsidiar avaliações de impacto ambiental, fomentar iniciativas para aprimoramento das técnicas empregadas na silvicultura e a elaboração de legislações e políticas de incentivo ao manejo adequado.

2. OBJETIVO

O objetivo geral da presente pesquisa foi realizar uma revisão da literatura visando a compreender o impacto de plantações de eucalipto sobre os corpos hídricos e os ambientes terrestres do entorno. Para isso, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- I. Efetuar um levantamento sistemático de artigos que abordaram aspectos qualitativos da água em relação a sedimentos e nutrientes (N, P e K), aspectos quantitativos da água em relação ao balanço hídrico, e sobre nutrientes (N, P e K) no solo em florestas plantadas de eucalipto;
- II. Realizar análise bibliométrica a respeito da distribuição dos artigos dentre os países, das publicações mais relevantes para o tema e a evolução de publicações por ano, além de categorizá-las em função do tipo de estudo (qualitativo, quantitativo e de nutrientes no solo);
- III. Realizar comparações entre os dados obtidos a fim de buscar padrões gerais dos possíveis efeitos da silvicultura sobre exportação de sedimentos e nutrientes aos corpos hídricos, balanço hídrico, perda de solo, entre outros efeitos diretos e indiretos aos ambientes aquáticos e terrestres.

3. METODOLOGIA

Visando a obter artigos com foco em estudos experimentais com dados primários, a respeito de água e solo em áreas com plantações de eucalipto, foram utilizados dois filtros diferentes na plataforma Web of Science™, conforme apresentado na Tabela 1. A plataforma foi acessada a partir do VPN (*Virtual Private Network*) da USP. Ao menos uma das palavras dentro de cada restrição deveriam estar presentes nos campos de Título, Resumo, Palavra-chave de autor e Keyword Plus®¹. Não foi utilizado filtro de data, sendo que o primeiro artigo obtido por meio dos filtros foi de 1991.

Tabela 1 - Filtros aplicados para levantamento de artigos na plataforma Web of Science™ entre os anos de 1991 e 2021.

Filtro	Restrição 1	Restrição 2	Restrição 3	Restrição 4	Nº de artigos
Filtro 1	Eucalyptus	Stream River	Water quality Management Nutrient Soil	-	441
Filtro 2	Eucalyptus	Stream River Catchment Watershed	Water quality Water Management Nutrient Soil	Plantation Crop	284

Fonte: produção da própria autora.

Entre os 284 artigos encontrados no segundo filtro, 129 já estavam incluídos entre os 441 do primeiro filtro. Assim, eliminadas as repetições, foi consolidada uma tabela única com 596 artigos, disponível no Apêndice A. A partir da leitura dos resumos, observou-se que seria necessário desconsiderar artigos que não se encaixavam ao objetivo da pesquisa, como por exemplo os que foram conduzidos em florestas nativas de eucalipto, florestas comerciais de outras espécies, que analisavam especificamente eventos de fogo em silvicultura ou, ainda, aqueles que realizaram simulações ou objetivaram validar a aplicabilidade de diversos modelos hidrológicos para avaliação do balanço hídrico em bacias hidrográficas. Além disso, em relação aos nutrientes, foram avaliados apenas os artigos que dispunham a respeito de N, P e/ou K. Após essa etapa de filtro manual, foram obtidos 57 artigos. Além desses, foi inserida outra fonte

¹ Keyword Plus® são termos de índice gerados automaticamente pela plataforma Web Of Science™, criados a partir de frases que aparecem com frequência no título das referências de um artigo, mas não no título do artigo em si. O campo foi incluído em artigos a partir de 1991 e a busca avançada utilizando a tag TS (topic) da plataforma soma as Keyword Plus® ao título, resumo e palavras chave do autor, ampliando o número de resultados obtidos (CLARIVATE, 2018).

considerada relevante para o tema (SILVA et al., 2013), relacionada ao manejo da fertilização no solo, totalizando 58 artigos.

Os artigos selecionados foram lidos de forma integral. Foram consolidados os resultados a respeito dos impactos do cultivo de eucalipto em bacias hidrográficas quanto a diferentes aspectos. Em relação aos aspectos qualitativos, os resultados dos artigos foram categorizados entre exportação de sedimentos e a perda de solo e exportação e disponibilidade de nutrientes. No que concerne os aspectos quantitativos, as categorias foram evapotranspiração, armazenamento da água no solo e subterrânea, alteração na vazão do corpo hídrico pós plantio ou em comparação a outros usos e alteração na vazão do corpo hídrico pós corte raso.

Foram feitas comparações entre os dados obtidos, para compreender padrões gerais dos possíveis efeitos da silvicultura sobre exportação de sedimentos e nutrientes aos corpos hídricos, balanço hídrico, perda de solo e outros efeitos diretos e indiretos aos ambientes aquáticos e terrestres adjacentes. Também foram realizadas análises a respeito dos métodos (e.g., procedimentos em campo) utilizados pelos autores, visando a compreender possíveis limitações comparativas.

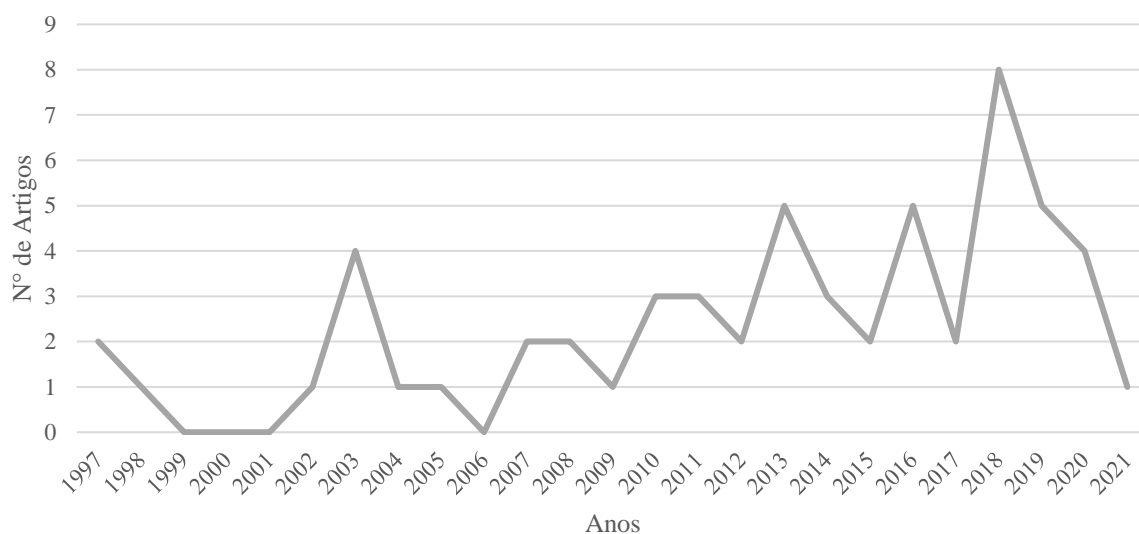
Além disso, foi conduzida a análise bibliométrica dos artigos selecionados utilizando o pacote Bibliometrix (ARIA; CUCCURULLO, 2016), ferramenta de código aberto para bibliometria, desenvolvida em linguagem R. Por meio dele, foram levantados os cinco países com maior quantidade de artigos, os 10 países cujas pesquisas foram mais citadas, os 10 artigos mais citados e a evolução do número de publicações ao longo dos anos. Por fim, foi elaborada síntese gráfica dos principais efeitos, identificados pela presente pesquisa, dos plantios de eucalipto sobre os corpos hídricos e o solo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Panorama geral das publicações a respeito de florestas plantadas de eucalipto e impactos na água e no solo

Os 58 artigos selecionados foram publicados em 30 revistas diferentes entre 1997 e 2021. Cada artigo foi citado em média 29,76 vezes, e a média de documentos que cada publicação citou foi de 38,93. Conforme apresenta a Figura 1, houve um pico no número de artigos publicados a respeito do tema em 2018, totalizando oito artigos. Em 2013, 2016 e 2019, foram publicados cinco artigos, e nenhum dentre os selecionados foi publicado entre 1999 e 2001 e em 2006.

Figura 1 - Número de artigos publicados na plataforma Web of Science™ por ano, a respeito do efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos e os nutrientes no solo.



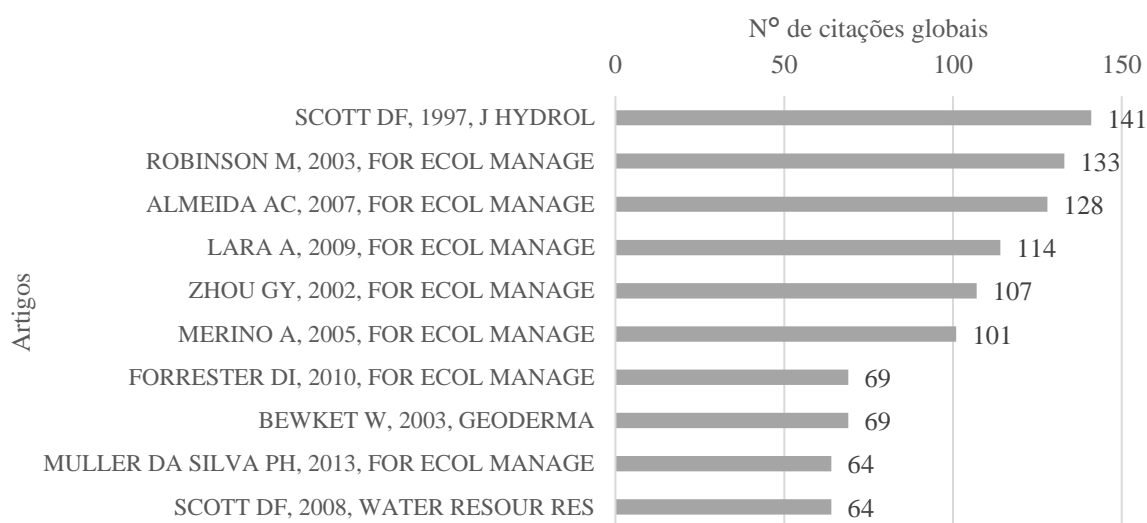
Fonte: adaptado de Biblioshiny para Bibliometrix.

Globalmente, o artigo mais citado (141 vezes) foi o de Scott e Lesch (1997) (Figura 2), da África do Sul, que também foi um dos dois mais antigos dentre os selecionados. Silva et al. (2013), do Brasil, é o artigo mais recente na lista dos 10 mais citados, citado 64 vezes. A revista com maior número de publicações foi a *Forest Ecology and Management*, com 13 artigos, seguida por *Hydrological Processes* com seis e *Journal of Hydrology* com cinco. Juntas, as três revistas representam cerca de 40% do total de artigos. Considerando os documentos citados pelos autores dos 58 artigos, a análise bibliométrica revelou que as três revistas também foram

as mais frequentes: Journal of Hydrology (258 vezes), Forest Ecology and Management (190 vezes) e Hydrological Processes (136 vezes).

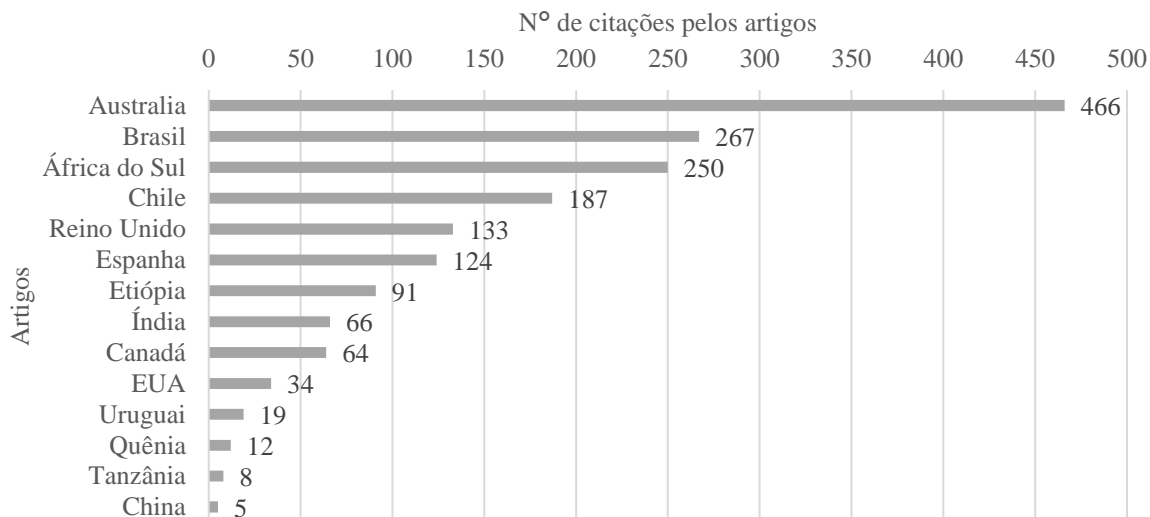
Os países cujas publicações foram mais vezes citadas globalmente foram Austrália (466), Brasil (267), África do Sul (250) e Chile (187), conforme mostra a Figura 3. Observa-se que o número de citações a artigos australianos é 75% maior do que o de publicações brasileiras. A Figura 4 mostra os cinco países com maior número de artigos dentre os selecionados, e observa-se que embora a Etiópia esteja nessa lista, aparece somente em sétimo lugar em relação aos países cujas publicações foram mais vezes citadas. O país com maior número de documentos dentre os 58 selecionados é o Brasil (20), dos quais a maior parte (13) foi publicada somente por autores brasileiros.

Figura 2 - Dez artigos mais citados globalmente dentre os selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito do efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos e os nutrientes no solo. Após cada barra foi indicado o número de citações recebidas pelos artigos.



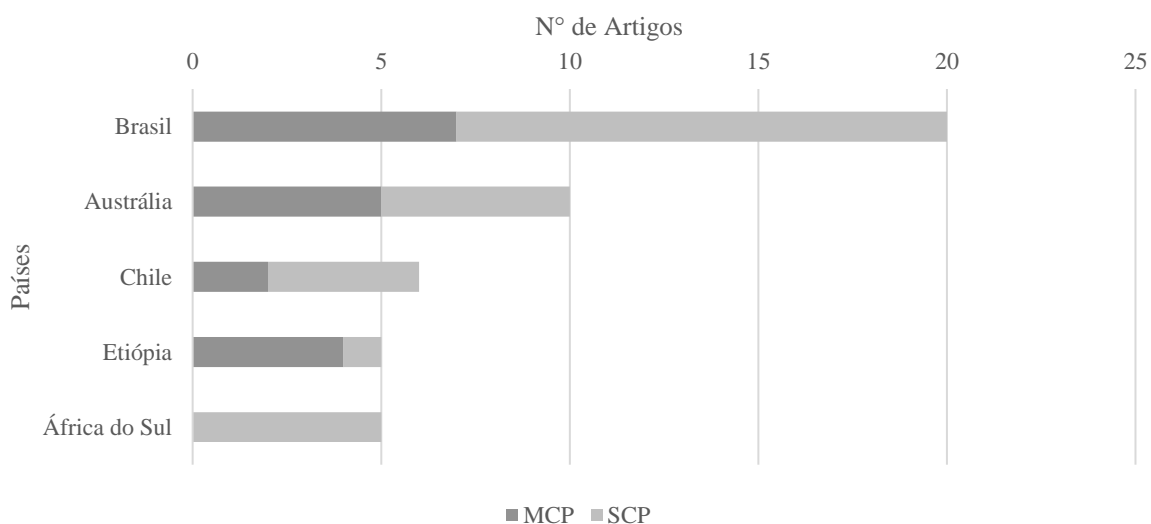
Fonte: adaptado de Biblioshiny para Bibliometrix.

Figura 3 - Países mais citados pelos artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito do efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos e os nutrientes no solo. Após cada barra foi indicado o número de citações recebidas pelos artigos.



Fonte: adaptado de Biblioshiny para Bibliometrix.

Figura 4 - Lista de países com mais artigos dentre os selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito do efeito de florestas plantadas de eucalipto sobre os aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos e os nutrientes no solo. Em cinza claro, estão indicadas as publicações com autores de um único país (*single country publications, SCP*) e em cinza escuro as publicações com autores de mais de um país (*multiple country publications, MCP*).



Fonte: adaptado de Biblioshiny para Bibliometrix.

Dentre os 58 artigos selecionados, 17 abordaram aspectos qualitativos da água dos corpos hídricos, 38 os aspectos quantitativos da água dos corpos hídricos e sete abordaram

nutrientes no solo, com alguns artigos abordando mais de um aspecto. Dentre os 17 primeiros, 12 avaliaram a exportação de sedimentos e a perda de solo, enquanto oito enfatizaram a exportação e a disponibilidade de nutrientes nos corpos hídricos em bacias com cultivo de eucalipto. Em relação aos aspectos qualitativos, 20 discutiram a evapotranspiração, 14 os efeitos de plantações de eucalipto sobre a água subterrânea e o armazenamento no solo, 12 a alteração de vazão no corpo hídrico após o plantio ou em comparação a outros usos, e oito a alteração na vazão do corpo hídrico após o corte raso. Por fim, em sete artigos foi estudada de maneira geral a depleção de nutrientes em solos com cultivo de eucalipto.

Com isso, observa-se que os aspectos quantitativos foram abordados em cerca de 65% do total de trabalhos selecionados. A preocupação e o interesse a respeito do tema foram principalmente quanto à evapotranspiração e suas parcelas (interceptação, transpiração e evaporação), assunto abordado em 35% do total de artigos selecionados. Por outro lado, os artigos a respeito de nutrientes no solo foram os mais escassos.

4.2. Qualidade da água, perda de solo e exportação de sedimentos e nutrientes em bacias com cultivo de eucalipto

As diversas atividades humanas que transformam a paisagem afetam a qualidade da água (MELLO et al., 2020). No caso específico do uso do solo para plantio de eucalipto, a aplicação de fertilizantes e o manejo do solo podem afetar a exportação de nutrientes pelos corpos hídricos que drenam os talhões (CUEVAS et al., 2018; HERVÉ-FERNANDEZ; OYARZÚN; WOELFL, 2016; SILVA et al., 2007). Além disso, o aumento da área de solo exposto sem proteção ou cobertura vegetal pode ampliar a perda de solo devido ao intemperismo e conseqüentemente aumentar o arraste de formas particuladas e dissolvidas de N e P aos cursos de água (CÂNDIDO et al., 2014; SILVA et al., 2011).

Essas modificações na disponibilidade de nutrientes no meio aquático podem impactar diretamente a produção primária e a respiração ecossistêmica em ambientes lóticos, alterando seus estados de trofia (DODDS, 2006). O contínuo transporte desses elementos à jusante dos corpos hídricos pode levar ao enriquecimento de mananciais superficiais e subterrâneos (MATSON et al., 1997) e à eutrofização artificial (VITOUSEK et al., 1997). A maior perda de solo, por sua vez, pode gerar incremento na exportação de sedimentos pelos corpos hídricos, promovendo o assoreamento dos rios e a redução do volume útil de reservatórios à jusante (CÂNDIDO et al., 2014).

Nesse contexto, é importante compreender como o impacto das plantações de eucalipto sobre a qualidade da água em corpos hídricos tem sido avaliada em diferentes escalas e com suporte em metodologias distintas. Para isso, foram analisados estudos de exportação de sedimentos, exportação de nutrientes e perda de solo, os quais relacionam tais processos a características de manejo, propriedades do solo e tipos de cobertura vegetal no contexto da silvicultura.

4.2.1. Exportação de sedimentos e perda de solo (12 artigos)

À medida que as partículas de solo são mobilizadas pelos agentes de intemperismo, os corpos hídricos que drenam bacias com cultivo de eucalipto tendem a recebê-las em maior quantidade. Com isso, neste subitem, os trabalhos que abordam a perda de solo em áreas cultivadas e os que tratam da exportação de sedimentos pelos corpos hídricos são abordados conjuntamente. Quanto à exportação, o corte raso é a etapa do manejo de maior enfoque na presente análise, uma vez que pode deixar parte do terreno exposto e dessa forma aumentar a área suscetível à ação do intemperismo da chuva e dos ventos. As perdas de solo, por sua vez, são avaliadas principalmente a partir das características edáficas e da declividade das respectivas bacias e áreas de drenagem.

Os autores que estudaram a exportação de sedimentos por corpos hídricos estimaram a concentração de sedimentos na água a partir de diferentes métodos e estratégias diretas ou indiretas: coleta de amostras e análise de sólidos suspensos, captura dos sólidos em armadilhas de PVC (policloreto de vinila) ou correlação com a turbidez. A exportação foi calculada pelos autores multiplicando a concentração de sedimentos pela vazão do corpo hídrico e dividindo pela área da bacia hidrográfica à montante do ponto de coleta. Diferentes frações de sólidos foram analisadas para estimar a concentração de sedimentos. A divisão pela área foi justificada por Ogasawara et al. (2020) como uma forma de promover uma normalização e permitir comparação entre bacias com diferentes dimensões. Os autores que estudaram a perda de solo (CÂNDIDO et al., 2014; SILVA et al., 2011), por sua vez, tipicamente delimitaram determinadas parcelas do terreno com chapas galvanizadas, para conduzir a água e os sedimentos mobilizados durante a precipitação até tanques de armazenamento. Assim, obtiveram a massa de solo exportada por tempo pela área considerada. Dessa forma, os resultados tanto para exportação de sedimentos como para perda de solo foram reportados pelos autores em unidade de massa por tempo por área e aqui convertidos, para fins de padronização, para a mesma unidade de medida: $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

O artigo mais recente a respeito da exportação de sedimentos por corpos hídricos em bacias com cultivo de eucalipto é o de Ogasawara et al. (2020), que estudaram a fase pós corte raso de eucalipto com sete anos no Brasil - São Paulo. Os autores reportaram a maior exportação de sedimentos pelo corpo hídrico que drenava área sem cobertura vegetal pós corte do eucalipto ($411 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) quando comparada a outro corpo hídrico que drenava área que também passou por corte raso, mas na qual foi implementado um processo de restauração com plantio de espécies de vegetação nativa ($214 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Tais ordens de grandeza de exportação foram maiores em comparação à de um terceiro corpo hídrico, que drenava área de mosaico de espécies florestais com diferentes idades, a qual não passou por operações florestais no período ($32 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Mhired et al. (2019), ao estudarem cinco bacias na Etiópia - Amara durante nove anos em que houve expansão na área ocupada por eucalipto, observaram redução na exportação de sedimentos pelos corpos hídricos adjacentes ao longo dos anos. As observações foram feitas logo após a ocorrência de precipitações. Enquanto no primeiro ano do estudo a exportação de sedimentos pelos corpos hídricos variou de 3.100 a $70.300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no nono ano esteve entre 200 e $2.800 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Os autores reportaram que a concentração de sólidos suspensos (SST) nos corpos hídricos após eventos de precipitação passou de $3,3 \text{ g L}^{-1}$ a $12,7 \text{ g L}^{-1}$ para $0,4 \text{ g L}^{-1}$ a $5,7 \text{ g L}^{-1}$ depois de nove anos. Tal redução foi atribuída à implementação de práticas de conservação de solo e de água nas bacias. As práticas consistiram basicamente na construção de sulcos e áreas de infiltração, as quais se tornaram totalmente preenchidas por sedimentos ao final do estudo. Com isso, constata-se a importância de realizar a manutenção nos dispositivos implementados, para que possam continuar promovendo a retenção de sedimentos.

Desse modo, as práticas de manejo têm influência direta sobre a exportação de sedimentos por corpos hídricos em áreas com cultivo de eucalipto. Cuevas et al. (2018), ao estudarem bacias com eucaliptos cultivados há 13 anos, não constataram diferenças quanto à exportação de sedimentos entre a bacia controle, sem intervenção, e as com cultivo de eucalipto pós corte raso. Tal fato foi atribuído pelos autores a boas práticas de manejo, como a pequena área de corte na bacia, a não realização de corte em dias chuvosos e o planejamento das movimentações de maquinário, por exemplo.

Por outro lado, Rodrigues et al. (2019), ao estudarem bacias com cultivo de eucalipto de seis a sete anos sob práticas de manejo equivalentes entre si, observaram que a exportação de sedimentos cresceu com significância estatística apenas em duas das quatro bacias analisadas durante o primeiro ano após o corte raso. Segundo fundamentado pelos autores, o corte raso de florestas plantadas de eucalipto altera a dinâmica de exportação de sedimentos, porém a

magnitude dessa alteração depende, além das escolhas de manejo, do tipo de solo e da declividade da região. Eles observaram que a exportação de sedimentos pelos corpos hídricos foi maior nos casos de plantios localizados em solos rasos com maior declividade (de $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $152 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e inclinação entre 14% e 23%) do que em solos profundos, bem drenados e menos declivosos (de $9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $18 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e inclinação entre 7% e 10%). Os autores destacaram que por propiciarem maiores taxas de infiltração, os solos profundos apresentaram menor escoamento superficial e conseqüentemente contribuíram menos para a exportação de sedimentos.

Oyarzún et al. (2011), por sua vez, compararam a exportação de sedimentos por corpos hídricos que drenavam bacias pareadas com eucalipto de três anos e floresta nativa, no Chile - Valdivia. A bacia com eucalipto tinha 75% da área total (4,1 ha) ocupada com o cultivo, e a exportação de sedimentos pelo corpo hídrico foi de $368 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Tal valor foi maior do que o obtido para a bacia ocupada com floresta nativa (1,7 ha), cuja exportação foi $305 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Os autores destacaram que, mesmo com tal diferença, a exportação de sedimentos pode oscilar anualmente em função da frequência, duração e intensidade das precipitações, bem como da disponibilidade de sedimentos.

A Tabela 2 apresenta uma síntese dos trabalhos que analisaram a exportação de sedimentos pelos corpos hídricos em bacias com cultivo de eucalipto. Mhuret et al. (2019) apresentaram valores de exportação expressivamente maiores que os demais autores, possivelmente por terem realizado coletas somente durante eventos de chuva. Nas cinco bacias estudadas pelos autores, foram realizadas 867 coletas, nos nove anos do estudo. Além disso, é importante salientar que as bacias estudadas por esses autores tiveram o menor percentual de ocupação por floresta de eucalipto, com maior contribuição (74%) por cultivo de cereais (teff, milho, painço, cevada e trigo).

Além disso, deve-se destacar que a frequência de obtenção dos dados é um aspecto importante para comparação entre os estudos de exportação de sedimentos. Ogasawara et al. (2020) estimaram a exportação por meio de dados de turbidez medidos a cada 15 minutos e observaram que intervalos de análise mais espaçados super ou subestimaram expressivamente os resultados, por não serem capazes de refletir o comportamento do corpo hídrico na escala dos eventos, como em chuvas, por exemplo. Ao simularem frequências de 1, 3, 7, 10, 15 e 30 dias, os erros na estimativa da exportação de sedimentos, considerando a frequência de 15 minutos como parâmetro base para comparação, variaram de -97% a +110%. Assim, estudos como o de Rodrigues et al. (2019) e Huber et al. (2010), que tiveram frequência de coleta

semanal, ou quinzenal como em Cuevas et al. (2018) devem ter os dados analisados com mais cautela por conta de suas limitações metodológicas.

A forma de determinação da concentração de sedimentos e as estratégias para estimativa das taxas de exportação também devem ser consideradas e representam outra limitação comparativa. Enquanto Oyarzún et al. (2011), Mhired et al. (2019) e Rodrigues et al. (2019) obtiveram a SST por meio da coleta de amostras de água, Ogasawara et al. (2020) estimaram-na a partir de regressão linear com a turbidez e Huber et al. (2010) e Cuevas et al. (2018) utilizaram armadilhas de PVC para captura de sólidos.

Tabela 2 - Síntese dos artigos da plataforma Web of Science™ que analisaram a exportação de sedimentos por corpos hídricos em bacias com cultivo de eucalipto, sendo apresentados também a declividade, a área da bacia e o percentual de ocupação por eucalipto nas bacias estudadas.

Fonte	Local	Clima ¹	Forma de coleta	Solo Predominante	% EUC ²	Área da bacia (ha)	Declividade média (%)	Exportação sedimentos (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹) ³
					50	17	28	130 ⁴
Huber et al. (2010)	Chile - Biobío	Csb	Sensor de nível (3 min) e captura de sólidos em armadilhas de PVC (semanal)	Arenosos a Argilosos	55	21	37	107 ⁴
Mhired et al. (2019)	Etiópia - Amara	Cwa	Sensor de nível (10 min) e amostra de água (pós chuva)	Nitissol e Vertissol	2	9	1-30	1.700
					6	11		6.500
					17	7		2.700
					4	10		5.600
					5	95	20.200	
Rodrigues et al. (2019)	Brasil - São Paulo	Cwa	Sensor de nível (15 min) e amostra de água (semanal)	Neossolo Quartzarênico Cambissolo (Inceptissols)	92/82	470	7	9/18
					87/58	87	14	114/152
					66	534	10	11/9
					60	126	23	50/106 ⁵
Ogasawara et al. (2020)	Brasil - São Paulo	Cwa	Sensor de nível (15 min) e Turbidímetro (15 min)	Latossolo (Ferralsol)	80/0	101	6	411
Oyarzún et al. (2011)	Chile - Valdivia	Cfb	Sensor de nível (3 min) e amostra de água (a cada seis horas)	Vermelho argilosos	75	4,1	-	368

Fonte: produção da própria autora. Legenda: ¹ Classificação de Köppen-Geiger. ² Percentual de ocupação por eucalipto antes e depois do corte raso separados por “/” quando ambos os valores são reportados no estudo. ³ Valor de exportação de sedimentos antes e depois do corte raso separados por “/” quando ambos os valores são reportados no estudo. ⁴ Exportação convertida linearmente de 14 para 12 meses, a título de comparação. ⁵ A técnica utilizada após o corte foi a rebrotagem, não o replantio como as demais.

Chagas (2015) destacou que a obtenção indireta da concentração de SST por meio de turbidímetros é mais fácil que as medições que exigem coleta de amostras, além de permitir observar as flutuações temporais no corpo hídrico. O autor reportou coeficientes de determinação significativos para estimativa de SST por meio da medição de turbidez. Além

disso, reportou que o turbidímetro teve maior sensibilidade às partículas que tendem a permanecer em suspensão. Villa, Fölster e Kyllmar (2019) observaram que os erros de predição de SST em função da turbidez foram menores em 75% dos casos quando a curva-chave foi determinada a partir de dados específicos do corpo hídrico de estudo, em vez de utilizar um conjunto maior de dados de locais diferentes. Os mesmos autores constataram que houve uma expressiva variação das correlações entre SST e turbidez, e que antes de optar pela implantação de um sensor com esse objetivo devem-se coletar amostras aleatórias para compreender se o método é adequado ao local. Cardoso, Kobiyama e Grison (2012) indicaram que para reduzir a susceptibilidade a erros na obtenção da SST por turbidímetros devem ser coletadas tantas amostras quanto forem necessárias para representar toda a variação de turbidez que possa ocorrer na bacia, até os valores mais elevados. Isso evitaria a necessidade de extrapolar a curva-chave que foi determinada para a seção transversal de estudo.

A perda do solo foi avaliada por Silva et al. (2011) e Cândido et al. (2014). Cândido et al. (2014) realizaram estudo em dois biomas no Brasil - Mato Grosso do Sul (Cerrado e Floresta), visando a comparar a perda de solo em áreas de inclinação média entre 2% e 5%. Os autores observaram que as maiores perdas ocorreram nas áreas em que os resíduos culturais foram retirados e o solo deixado exposto (variando de $146 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $682 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), em comparação às áreas em que o resíduo do cultivo do eucalipto foi deixado sobre o solo após o corte raso (variando de $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $52 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Cândido et al. (2014) também observaram a influência da manutenção da cobertura do solo, conjuntamente à influência da declividade. Constataram que os plantios em nível (em que o plantio é feito em curvas de nível que servem como obstáculos para o escoamento superficial), com manutenção da cobertura (resíduos do cultivo florestal), foram os que apresentaram perda de solo mais próxima dos valores estimados para as áreas nativas estudadas (conforme Tabela 3).

A influência da manutenção da cobertura do solo também foi observada por Silva et al. (2011) em área com plantio de seis anos e meio. As áreas de solo exposto apresentaram as maiores perdas de solo, enquanto que as florestas nativas e o eucalipto em nível tiveram as menores. Os demais tipos de cultivo de eucalipto apresentaram perdas intermediárias (Tabela 3). Isso mostrou, segundo os autores, que os plantios de eucalipto manejados adequadamente na região de estudo foram eficientes em proteger o solo contra a erosão hídrica. Corroborando o resultado obtido pelos autores, Zhou et al. (2002) observaram a diminuição do escoamento superficial à medida que a serrapilheira se acumulou e o sub-bosque aumentou em área com cultivo de eucalipto com manutenção do sub-bosque na China - Guangdong.

Nesse sentido, Jaleta et al. (2017) avaliaram durante 91 dias o coeficiente de *runnoff* (escoamento superficial dividido por precipitação) em três tipos diferentes de cobertura vegetal: eucalipto, pastagem e área cultivada. O estudo foi realizado na Etiópia - Oromia, e os autores observaram que o coeficiente foi maior para a área cultivada (23,92%) e que não houve diferença significativa entre a área com eucalipto (18,92%) e a com pastagem (17,90%). Com isso, concluíram que o cultivo de eucalipto reduziu o escoamento superficial das áreas cultivadas em 21%, tanto devido à interceptação pela copa quanto pela existência da serrapilheira, que promove a infiltração. Os autores indicaram que caso haja disponibilidade hídrica, o plantio das árvores pode ser realizado para conservação do solo, reduzindo a ocorrência de erosões. Mhired et al. (2020) reportaram que agricultores utilizaram plantios de eucalipto em áreas muito úmidas ou erodidas, na Etiópia - Amara, visando a proteger o solo contra erosão característica da região. No entanto, embora a erosão tenha efetivamente reduzido, os pesquisadores destacaram que durante a fase seca do ano o consumo de água pelos plantios de eucalipto pode fazer com que os poços sequem.

Silva et al. (2011) também analisaram a influência do tipo de solo. Os autores reportaram que as perdas de solo em cultivos de eucalipto sobre Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) foram maiores (de 58 kg ha⁻¹ ano⁻¹ a 490 kg ha⁻¹ ano⁻¹) que para as áreas de Latossolo Vermelho (LV) (de 31 kg ha⁻¹ ano⁻¹ a 82 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Conforme caracterizado pelos autores, o LVA tem maiores teores de areia fina e muito fina, a qual é mais facilmente transportada pelo fluxo da água. Além disso, no estudo em questão, os cultivos sobre LV possuíam declividades menores (18%) que os sobre LVA (31% a 34%), o que também pode ter influenciado os resultados. Ainda a respeito da influência do tipo de solo, também analisando latossolos, Cândido et al. (2014) observaram maior perda de solo (de 0 a 682 kg ha⁻¹ ano⁻¹) em área com maior teor de argila que na área com menor teor (de 10 kg ha⁻¹ ano⁻¹ a 146 kg ha⁻¹ ano⁻¹).

Observa-se que os diferentes tipos de cobertura afetam a perda de solo e consequentemente podem alterar a exportação de sedimentos pelos corpos hídricos. A identificação da fonte de origem dos sedimentos exportados pode ser útil para mitigar os impactos do uso e ocupação (MIGUEL et al., 2014). Nesse sentido, Rodrigues et al. (2018) e Valente et al. (2020) utilizaram em seus trabalhos o método *fingerprint* para identificar quais áreas da bacia foram as maiores fontes de sedimentos para os corpos hídricos. Por meio de traçadores físicos e químicos, tal método compara as propriedades dos solos de diferentes áreas da bacia (talhões, estradas, pastagem, etc.) e dos sedimentos coletados no corpo hídrico, e determina a partir de tais dados a proporção com que cada fonte contribui (MIGUEL et al., 2014). Análises como essa conectam os estudos de perda de solo, que estimam quanto cada tipo

de uso do solo perde por intemperismo, aos estudos de exportação de sedimentos, que estimam quanto o corpo hídrico transporta de sedimentos para áreas à jusante.

Tabela 3 - Síntese dos artigos da plataforma Web of Science™ que apresentam análises de perda de solo ponderadas pela área de contribuição, em diferentes usos do solo. Também é apresentada a declividade média de cada área estudada.

Fonte	Local	Clima ¹	Solo	Uso do Solo	Declividade Média (%)	Perda solo (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)
Silva et al. (2011)	Brasil - Minas Gerais	Aw	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico textura muito argilosa	Solo descoberto	33	17.417
				Floresta nativa	42	68
				Eucalipto em declive com queima dos resíduos	36	490
				Eucalipto em declive sem queima dos resíduos	31	99
				Eucalipto em nível	34	58
	Pastagem	25	249			
	Brasil - Minas Gerais	Cwa	Latossolo Vermelho Distrófico típico textura muito argilosa	Solo descoberto	18	4.872
				Floresta nativa	27	8
				Eucalipto em declive com queima dos resíduos	18	34
				Eucalipto em declive sem queima dos resíduos	18	82
Eucalipto em nível				18	31	
Cândido et al. (2014)	Brasil - Mato Grosso do Sul	Aw	Latossolo vermelho distrófico típico textura média-alta	Pastagem	19	851
				Solo descoberto	3	404 ²
				Floresta nativa	3	0
				Eucalipto em nível com resíduo	4	10 ²
			Latossolo vermelho distrófico típico textura média-baixa	Eucalipto em nível sem resíduo	3	146 ²
				Solo descoberto	3	268 ²
				Cerrado nativo	4	122 ²
				Eucalipto em nível com resíduo	3	0
Eucalipto em nível sem resíduo	2	682 ²				
Eucalipto em desnível com resíduo	5	52 ²				

Fonte: produção da própria autora. Legenda: ¹ Classificação de Köppen-Geiger. ² Perda convertida linearmente de 15 meses (5 trimestres) para 12 meses, a título de comparação. Solo descoberto: sem cobertura vegetal. Eucalipto com queima dos resíduos: manejo em que os resíduos do cultivo são queimados após a colheita. Eucalipto em nível: plantio é feito em curvas de nível, perpendicularmente ao declive. Eucalipto em declive: subsolagem (rompimento das camadas subsuperficiais de solo compactado) no sentido do declive.

Rodrigues et al. (2018) observaram em sua área de estudo que o canal dos rios foi a fonte responsável por 57% a 73% do total de sedimentos exportados pelos corpos hídricos. As áreas plantadas, isto é, os talhões de eucalipto, foram a segunda maior fonte, responsável por 14% a 36% de todo o sedimento. Por fim, as estradas não pavimentadas responderam por até 16% de todo o sedimento exportado. Apontaram que a instabilidade da margem é decorrente de processos de erosão, colapso e deslizamento, que impedem que a vegetação de estabeleça de forma espontânea e auxilie na contenção. Assim, os autores reportaram que as ações de manejo

deveriam ter maior enfoque nas regiões mais próximas ao corpo hídrico, como o próprio canal, que foi a maior fonte de sedimentos.

Valente et al. (2020) estudaram bacias pareadas, geograficamente próximas e com características edafoclimáticas semelhantes, de eucalipto e de pastagem, e também observaram que na bacia de eucalipto a maior parte (63%) dos sedimentos exportados pelos corpos hídricos tinha como origem o canal do próprio corpo hídrico, 30% foram originados pelos talhões de eucalipto e 7% por estradas não pavimentadas. Na bacia dominada por pastagem, por sua vez, a principal fonte geradora de sedimentos foi a área de pastagem em si, originando 84% dos sedimentos no corpo hídrico. Reportaram que nas duas áreas de estudo ocorreram colapsos no canal do corpo hídrico, o que mostrou a importância da estabilização e proteção das margens para reduzir as fontes de sedimento. Os mesmos autores observaram, ainda, que as plantações de eucalipto suprimiram o corpo hídrico com 10 vezes menos sedimentos ($100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) do que as pastagens ($1.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), o que foi consistente com as ocorrências de erosão que os autores efetivamente constataram em campo nas duas áreas estudadas. Os autores justificaram que a pastagem teve o solo mais compactado e conseqüentemente menor infiltração, levando a maiores lâminas de escoamento superficial.

Rodrigues et al. (2018) e Valente et al. (2020) observaram em seus estudos que as estradas foram as menores fontes de sedimento para os corpos hídricos, possivelmente por terem pequena representatividade na área total da bacia (2% e 6%, respectivamente) e por não terem ocorrido colheitas ou aberturas de novas estradas no período de coleta de ambos os estudos. Em bacias com cultivo de eucalipto, a rede viária é utilizada para viabilizar o tráfego de mão de obra e meios de produção necessários à implantação, proteção, colheita e transporte dos produtos florestais (OLIVEIRA et al., 2010).

A perda de solos e conseqüente exportação de sedimentos com origem nas estradas também pode ser influenciada pela declividade do terreno. Oliveira et al. (2010) concluíram que para declividades acima de 12%, houve influência significativa das estradas florestais sobre a perda de solos durante um ano (142 kg m^{-2} de área de estrada), porém não encontraram diferenças estatisticamente significativas para valores entre 0% e 4% (média de 68 kg m^{-2}), 4% e 8% (76 kg m^{-2}) e 8% e 12% (90 kg m^{-2}).

Rodrigues et al. (2019) observaram uma correlação positiva significativa entre a densidade de estradas (m ha^{-1}) e a exportação de sedimentos. Dado que é comum a utilização de estradas para evitar incêndios florestais em áreas de mata nativa, separando-as fisicamente dos talhões, tem-se maior densidade de estradas nessas regiões. Segundo reportam os autores, em caso de alta densidade de estradas em áreas com mata ripária, é possível que a perda de solo

gerada pelas estradas seja maior do que a capacidade da cobertura vegetal em impedir que o solo mobilizado atinja o corpo hídrico.

4.2.2. Exportação e disponibilidade de nutrientes (oito artigos)

A quantidade de nutrientes no solo disponibilizada somente por processos naturais seria fator limitante de produtividade para suprir a demanda da agricultura intensiva. A fim de contornar parte dessa questão, em 1913 foi desenvolvido o processo Haber-Bosch, capaz de realizar a fixação artificial de N_2 atmosférico para a produção de fertilizantes sintéticos (GALLOWAY et al., 2004), efetuando a tarefa com grande demanda energética (CHERKASOV; IBHADON; FITZPATRICK, 2015). Concomitantemente, cresceu a extração de fosfato e potássio das rochas e, com o avanço dos meios de transporte, a produção de fertilizantes passou a ser escoada globalmente.

O consumo de N como fertilizante passou de cerca de 10 Tg ano^{-1} em 1960 para aproximadamente 75 Tg ano^{-1} em 1995, e atingiu por volta de 144 Tg ano^{-1} em 2015 (FAO, 2017; MATSON et al., 1997; TILMAN et al., 2001). O P como fertilizante, por sua vez, teve consumo de aproximadamente 12 Tg ano^{-1} , 30 Tg ano^{-1} e 47 Tg ano^{-1} em 1960, 1995 e 2015, respectivamente (FAO, 2017; TILMAN et al., 2001). O consumo de K como fertilizante também cresceu no período: $8,6 \text{ Tg ano}^{-1}$ em 1961, $20,6 \text{ Tg ano}^{-1}$ em 1995 e $37,4 \text{ Tg ano}^{-1}$ em 2019 (FAO, 2019).

Os nutrientes aplicados no solo como fertilizantes podem ser transportados via escoamento superficial para os corpos hídricos, ou infiltrarem e atingirem as águas subterrâneas (FOLEY et al., 2005). A concentração excessiva de nutrientes na coluna d'água pode resultar em contaminação da água potável por NO_3^- , criando problemas de saúde pública como a metahemoglobinemia (VITOUSEK et al., 1997). O excesso de P pode causar a eutrofização artificial, a partir da qual o crescimento excessivo de algas e plantas pode levar à depleção do oxigênio e à mortandade de peixes, entre outros inconvenientes (KLEIN; AGNE, 2013).

Segundo Sheldrick, Syers e Lingard (2002), a perda de N, P e K pelo solo ocorre principalmente por lixiviação. Por meio de meta-análise realizada com 324 plantações de diferentes culturas, Wang et al. (2019) observaram que a lixiviação de nitrato cresceu de maneira diretamente proporcional ao incremento das dosagens aplicadas de fertilizante. No caso específico das plantações de eucalipto, nos primeiros meses as raízes ainda não estão profundamente estabelecidas no solo e podem não absorver os nutrientes percolados para as camadas inferiores (GONÇALVES et al., 2008). Além disso, a presença e a largura da

vegetação ripária, do sub-bosque, além da área da bacia e a concentração de nutrientes no solo no momento da fertilização são fatores importantes para a exportação de N, P e K por esse tipo de cultivo e o consequente aporte de nutrientes aos cursos d'água (CUEVAS et al., 2018).

A exportação de nutrientes por corpos hídricos foi calculada pelos autores multiplicando a concentração obtida por meio da coleta de amostras pela vazão do corpo hídrico, e dividindo pela área da bacia hidrográfica à montante do ponto de coleta. Do mesmo modo que para a exportação de sedimentos, a exportação de nutrientes foi reportada pelos autores em unidade de massa por tempo por área, e também aqui convertida, para fins de padronização, para $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

4.2.2.1. Influência do corte raso sobre a exportação de N, P e K

Dois artigos trataram da exportação de nutrientes por corpos hídricos especificamente após corte raso. Cuevas et al. (2018) observaram aumento da exportação para todos os nutrientes na maioria das bacias estudadas após o corte raso: nitrato (NO_3^-), amônio (NH_4^+), nitrogênio orgânico dissolvido (DON) e particulado (PON), fósforo total (PT) e fosfato (PO_4^{3-}). Rodrigues et al. (2019), por outro lado, observaram que a exportação pós corte raso de NO_3^- e K aumentou ou diminuiu dentre as bacias estudadas e não apresentou tendência geral. A Tabela 4 apresenta uma síntese dos trabalhos que avaliaram a exportação de N, P e K por corpos hídricos contíguos a áreas de silvicultura.

Cuevas et al. (2018) reportaram exportação significativamente maior de PO_4^{3-} e NH_4^+ após o corte do que antes do corte em duas das quatro bacias estudadas. Quanto ao PT, NO_3^- , DON e PON, três das quatro bacias apresentaram aumento de exportação após o corte. Rodrigues et al. (2019), por sua vez, observaram redução da exportação de NO_3^- em 14% em duas das quatro bacias analisadas, e aumento de 22% e 59% em outras duas bacias. Atribuíram tal resultado às diferentes características edafoclimáticas e topográficas, diferentes entre as áreas.

O K foi avaliado por Rodrigues et al. (2019) e a exportação depois do corte foi menor (29% e 44%) para duas bacias e maior para outras duas (36% e 41%), tendo variado de $0,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ a $5,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ antes do corte e de $0,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ a $6,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ depois do corte. Comparativamente, Silva et al. (2007) reportou exportação intermediária, de $1,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

Cuevas et al. (2018) sugeriram que houve influência do tamanho da bacia, mesmo com a relativização da exportação pela área. Os autores estudaram bacias entre 0,85 ha e 6,26 ha e

observaram que apenas a menor bacia estudada não respondeu ao corte raso de maneira significativa em relação à exportação de nutrientes por corpos hídricos. Atribuíram tal fato à pequena dimensão, justificando que a área com solo exposto que poderia contribuir para as exportações de nutrientes não teve escala grande o suficiente para causar efeitos mensuráveis.

Além disso, no trabalho de Cuevas et al. (2018), a área estudada consistiu em um plantio de 13 anos, o qual foi fertilizado com taxa correspondente à aplicável a eucaliptos jovens. Um ano e meio depois da fertilização, foi realizado corte raso em toda a área, exceto da mata ripária. No trabalho de Rodrigues et al. (2019), por sua vez, as bacias estudadas contavam com plantios em diferentes estágios e por isso o corte foi realizado em apenas uma parcela da área plantada da bacia. Além disso, a fertilização ocorreu fora do período de estudo. Assim, a divergência de resultados é coerente, uma vez que o manejo realizado na área estudada por Cuevas et al. (2018) não é comum em áreas com plantio de eucalipto. Recomenda-se cultivar talhões com diversas idades em uma mesma bacia, evitando o corte de 100% da área florestada de uma única vez (FERRAZ; LIMA; RODRIGUES, 2013). Além disso, é importante avaliar as necessidades do cultivo para realizar a fertilização adequada ao consumo das plantas, de modo que estas possam efetivamente absorver os nutrientes adicionados ao solo.

Gardiman Junior et al. (2018) analisaram somente a concentração de nutrientes nos corpos hídricos pós corte raso, e não estimaram valores para exportação, como fizeram Cuevas et al. (2018) e Rodrigues et al. (2019). Cuevas et al. (2018) salientaram que é preferível usar a exportação de nutrientes em vez da concentração, uma vez que a concentração antes e depois do corte só seria comparável se a precipitação e a vazão não se alterassem ao longo dos períodos de análise.

Embora todos os autores tenham realizado a coleta de amostras de água para obtenção da concentração de nutrientes em laboratório, a frequência entre as coletas foi diferente em cada caso. Durante a maior parte do período de estudo, Cuevas et al. (2018) realizaram amostragens quinzenais, tendo aumentado a frequência para semanal em períodos pós fertilização ou corte raso. Silva et al. (2007) realizaram coletas mensais, Hervé-Fernandez, Oyarzún e Woelfl (2016) em eventos de chuva e Rodrigues et al. (2019) com frequência semanal. Uma vez que podem ocorrer precipitações intensas em poucos dias ou horas, as diferentes frequências de coleta devem afetar as estimativas de exportação.

Tabela 4 - Síntese dos artigos da plataforma Web of Science™ que apresentam a exportação de nutrientes (N, P e K) por corpos hídricos em bacias com cultivo de eucalipto.

Fonte	Período de Análise	Exportação de nutrientes (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)							
		DIN	DON	K	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PON	PO ₄ ³⁻	PT
Cuevas et al. (2018)	AC		0,4-0,6		0,05-0,08	0,1-0,8	0,4-1,1	0,03-0,04	0,06-0,10
	DC		0,8-2,5		0,04-0,16	2,4-7,7	0,4-2,2	0,03-0,11	0,07-0,40
Silva et al. (2007)		2,1		1,7					
Hervé-Fernandez, Oyarzún e Woelfl (2016)		3,7			0,30	3,4		0,08	0,39
Rodrigues et al. (2019)	AC			0,5-5,1		1,7-3,5			
	DC			0,3-6,9		1,5-5,6			

Fonte: produção da própria autora. Legenda: AC: exportação antes do corte raso, quando avaliado. DC: exportação depois do corte raso, quando avaliado. DIN: Nitrogênio Inorgânico Dissolvido. DON: Nitrogênio Orgânico Dissolvido. K: potássio. NH₄⁺ amônio. NO₃⁻ nitrato. PON: Nitrogênio Orgânico Particulado. PO₄³⁻ fosfato. PT: fósforo total. Quando mais de um valor é expresso para o mesmo autor tem-se mínimo e máximo.

4.2.2.2. Comparação da exportação e concentração de nutrientes entre bacias com eucalipto e diferentes usos do solo

A avaliação química da água, bem como a análise da variação temporal da disponibilidade dos nutrientes em cursos d'água sob diferentes usos do solo, permite estimar como fatores antropogênicos afetam o ciclo desses elementos e conseqüentemente os processos ecológicos em ambientes aquáticos (SILVA et al., 2007). A Tabela 5 apresenta síntese de artigos que comparam a concentração de nutrientes em corpos hídricos que drenam diferentes usos.

Hervé-Fernandez, Oyarzún e Woelfl (2016) compararam corpos hídricos que drenavam bacias com usos contrastantes do solo no Chile - Valdivia: floresta nativa decídua (10 ha), floresta nativa perene (3 ha) e plantação de eucalipto (6 ha). Os autores concluíram que o corpo hídrico que drenava a área de eucalipto promoveu exportação de nitrogênio total (NT) cerca de 8,6 vezes maior que aqueles que drenavam bacias com florestas nativas. Enquanto a exportação pelo corpo hídrico que drenava bacia com eucalipto foi de 8,63 kg ha⁻¹ ano⁻¹, a do corpo hídrico que drenava a floresta decídua foi de 1,00 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e a do corpo hídrico que drenava a floresta perene de 1,03 kg ha⁻¹ ano⁻¹. A exportação de PO₄³⁻ observada pelos mesmos autores também foi maior pelo corpo hídrico que drenava a área de eucalipto em comparação aos que drenavam a floresta decídua e a perene, sendo 0,08 kg ha⁻¹ ano⁻¹, 0,02 kg ha⁻¹ ano⁻¹ 0,01 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente.

Os mesmos autores reportaram menores concentrações médias de NT nos corpos hídricos na área de floresta perene ($135 \mu\text{g L}^{-1}$) em comparação aos demais casos, plantação de eucalipto ($202 \mu\text{g L}^{-1}$) e floresta decídua ($264 \mu\text{g L}^{-1}$). O mesmo ocorreu para o NO_3^- , em que a concentração média foi maior para a floresta decídua ($135 \mu\text{g L}^{-1}$), intermediária para a plantação de eucalipto ($85 \mu\text{g L}^{-1}$) e menor para a floresta perene ($3 \mu\text{g L}^{-1}$). Para o NH_4^+ , a concentração média variou de $8 \mu\text{g L}^{-1}$ a $14 \mu\text{g L}^{-1}$ entre os três tipos de vegetação. Com isso, os autores reportaram que a proporção $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ foi em média 0,8 para a floresta perene, 12 para o eucalipto e 29 para a floresta decídua, concluindo que a retenção na floresta decídua seria mais ligada a processos abióticos ($\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ < 1$), como absorção do solo, enquanto que para os outros dois casos ($\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ > 1$) seria mais ligada a fatores bióticos. Além disso, na floresta perene o nitrogênio orgânico (NOrg) representou uma parcela mais importante do que o inorgânico ($117 \mu\text{g L}^{-1}$ e $18 \mu\text{g L}^{-1}$ respectivamente), diferentemente do que foi observado para a floresta decídua ($121 \mu\text{g L}^{-1}$ e $143 \mu\text{g L}^{-1}$) e para o eucalipto ($106 \mu\text{g L}^{-1}$ e $96 \mu\text{g L}^{-1}$).

Silva et al. (2007), por sua vez, analisaram bacias pareadas de eucalipto (423 ha), Cerrado (1.150 ha) e cana-de-açúcar (287 ha e 1200 ha) no Brasil - São Paulo. Os autores reportaram maiores concentrações de NO_3^- nos corpos hídricos que drenavam as bacias com cultivo de eucalipto ($2,1 \text{ mg L}^{-1}$) e de cana-de-açúcar ($1,9 \text{ mg L}^{-1}$ e $2,9 \text{ mg L}^{-1}$) em comparação ao que drenava área de Cerrado ($0,1 \text{ mg L}^{-1}$). A fertilização dos cultivos foi apontada como responsável pela alteração da composição química da água nos corpos hídricos. Quanto ao K, a concentração do corpo hídrico que drenava bacia com eucalipto ($0,5 \text{ mg L}^{-1}$) não diferiu da que drenava bacia com Cerrado ($0,5 \text{ mg L}^{-1}$), enquanto que para as bacias com cana-de-açúcar a concentração foi superior ($2,0 \text{ mg L}^{-1}$ e $2,4 \text{ mg L}^{-1}$). Tal fato foi atribuído à fertilização convencional, mas também à aplicação de vinhaça na cana-de-açúcar, composto com elevada concentração de K.

Comparando corpos hídricos que drenavam bacias com cultivo de eucalipto a corpos hídricos que drenavam pastagens no Uruguai - Lavalleja e na Argentina - Córdoba, Farley et al. (2008) observaram que no primeiro caso a concentração de K foi significativamente menor (média de $0,6 \text{ mg L}^{-1}$ e $1,2 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente). No entanto, os autores também observaram redução na vazão dos corpos hídricos após a conversão do uso do solo de pastagem para eucalipto, o que deveria ter levado a um aumento na concentração dos nutrientes no corpo hídrico, devido à menor diluição. Os autores justificaram que o resultado obtido pode ser atribuído à retenção do K pelo eucalipto, que reduziu a liberação para os corpos hídricos.

Tabela 5 - Síntese dos artigos da plataforma Web of Science™ que apresentam comparação das características qualitativas de água em corpos hídricos em função de diferentes usos do solo com plantações de eucalipto.

Elemento	Fonte	Local	Uso do solo comparado	Valores comparativos
K (mg L ⁻¹)	Silva et al. (2007) ¹	Brasil - São Paulo	CER x EUC x C	0,5 x 0,5 x 2/2,4
	Farley et al. (2008)	Uruguai - Lavalleja	P x EUC	1,2 x 0,6
	Taboada-Castro, Rodríguez-Blanco e Taboada-Castro (2013)	Espanha - Galícia	P x EUC	8,3 x 1,6
NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	Hervé-Fernandez, Oyarzún e Woelfl (2016)	Chile - Valdivia	FD x FP x EUC	<0,1 x <0,1 x <0,1
	Taboada-Castro, Rodríguez-Blanco e Taboada-Castro (2013)	Espanha - Galícia	P x EUC	6,0 x 0,1
NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	Taboada-Castro, Rodríguez-Blanco e Taboada-Castro (2013)	Espanha - Galícia	P x EUC	0,4 x 0,1
	Silva et al. (2007) ¹	Brasil - São Paulo	CER x EUC x C	0,1 x 2,1 x 1,9/2,9
NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	Hervé-Fernandez, Oyarzún e Woelfl (2016)	Chile - Valdivia	FD x FP x EUC	0,1 x <0,1 x <0,1
	Taboada-Castro, Rodríguez-Blanco e Taboada-Castro (2013)	Espanha - Galícia	P x EUC	30,8 x 25,2
NOrg (µg L ⁻¹)	Hervé-Fernandez, Oyarzún e Woelfl (2016)	Chile - Valdivia	FD x FP x EUC	121,0 x 117,0 x 106,0
	Hervé-Fernandez, Oyarzún e Woelfl (2016)	Chile - Valdivia	FD x FP x EUC	264,0 x 135,0 x 202,0
PO ₄ ³⁻ (µg L ⁻¹)	Taboada-Castro, Rodríguez-Blanco e Taboada-Castro (2013)	Espanha - Galícia	P x EUC	2330 x 70
	Hervé-Fernandez, Oyarzún e Woelfl (2016)	Chile - Valdivia	FD x FP x EUC	4 x 2 x 2
PT (µg L ⁻¹)	Hervé-Fernandez, Oyarzún e Woelfl (2016)	Chile - Valdivia	FD x FP x EUC	19,0 x 12,0 x 12,0

Fonte: produção da própria autora. Legenda: P: Pastagem. EUC: Eucalipto. C: Cana-de-açúcar. CER: Cerrado. FD: Floresta Decídua. FP: Floresta Perene. K: potássio. NH₄⁺ amônio. NO₂⁻ nitrito. NO₃⁻ nitrato. NOrg: Nitrogênio Orgânico. NT: Nitrogênio Total. PO₄³⁻ fosfato. PT: Fósforo Total. ¹ Convertido de µmol L⁻¹ para mg L⁻¹, a título de comparação.

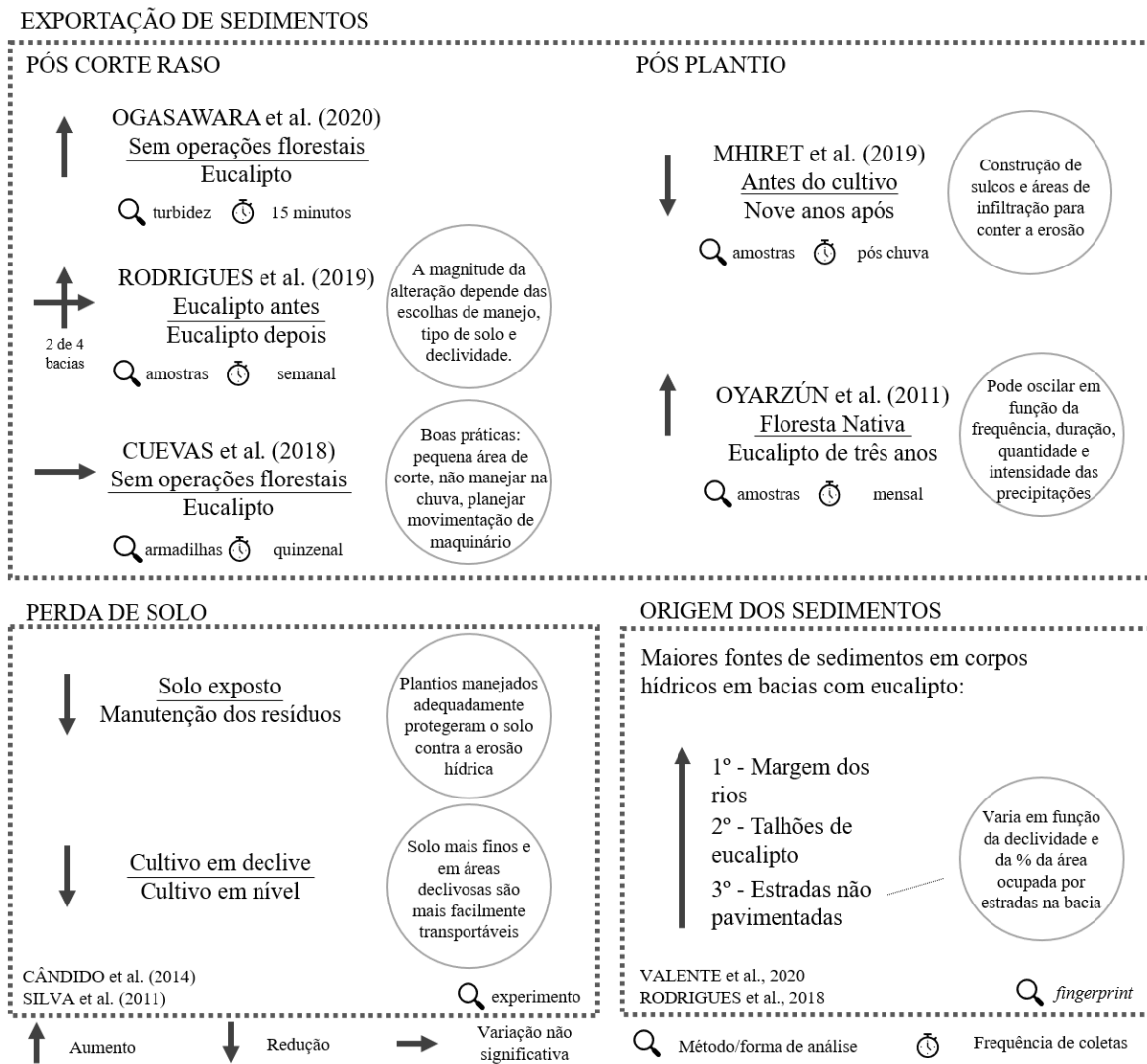
Avaliando os mesmos tipos de uso, Taboada-Castro, Rodríguez-Blanco e Taboada-Castro (2013) estudaram o processo de conversão de uso de uma pastagem (com aplicação de esterco animal no solo como fertilizante) para silvicultura de eucalipto na Espanha - Galícia. Depois que o uso do solo foi alterado e as aplicações de esterco no solo cessaram, os autores observaram que a concentração de PO₄³⁻ no corpo hídrico demorou cinco meses para se reduzir de 2,33 mg L⁻¹ para abaixo de 0,10 mg L⁻¹. Os autores justificaram tal lentidão pela pouca mobilidade do PO₄³⁻ no solo, a qual será discutida no subitem 4.4. Os autores reportaram reduções expressivas na concentração de outros nutrientes no corpo hídrico depois da conversão de uso de pastagem para eucalipto, sendo de 43 vezes para o NH₄⁺, 33 para PO₄³⁻, 7 para NO₂⁻ e 5 para K.

4.2.3. Síntese Gráfica – Aspectos Qualitativos

Em relação aos aspectos qualitativos, as Figuras 5 e 6 apresentam uma síntese gráfica dos principais conceitos abordados. A exportação de sedimentos foi avaliada pós corte raso e pós plantio, e variou em função de diversos fatores (e.g. tipo de manejo, características do solo e condições climáticas). O canal dos rios, os talhões de eucalipto e as estradas não pavimentadas foram indicadas como as maiores fontes de sedimento para os corpos hídricos (VALENTE et al., 2020; RODRIGUES et al., 2018). A perda de solo, por sua vez, foi associada principalmente ao tipo de cobertura do solo e também à declividade das áreas de estudo (CÂNDIDO et al., 2014; SILVA et al., 2011).

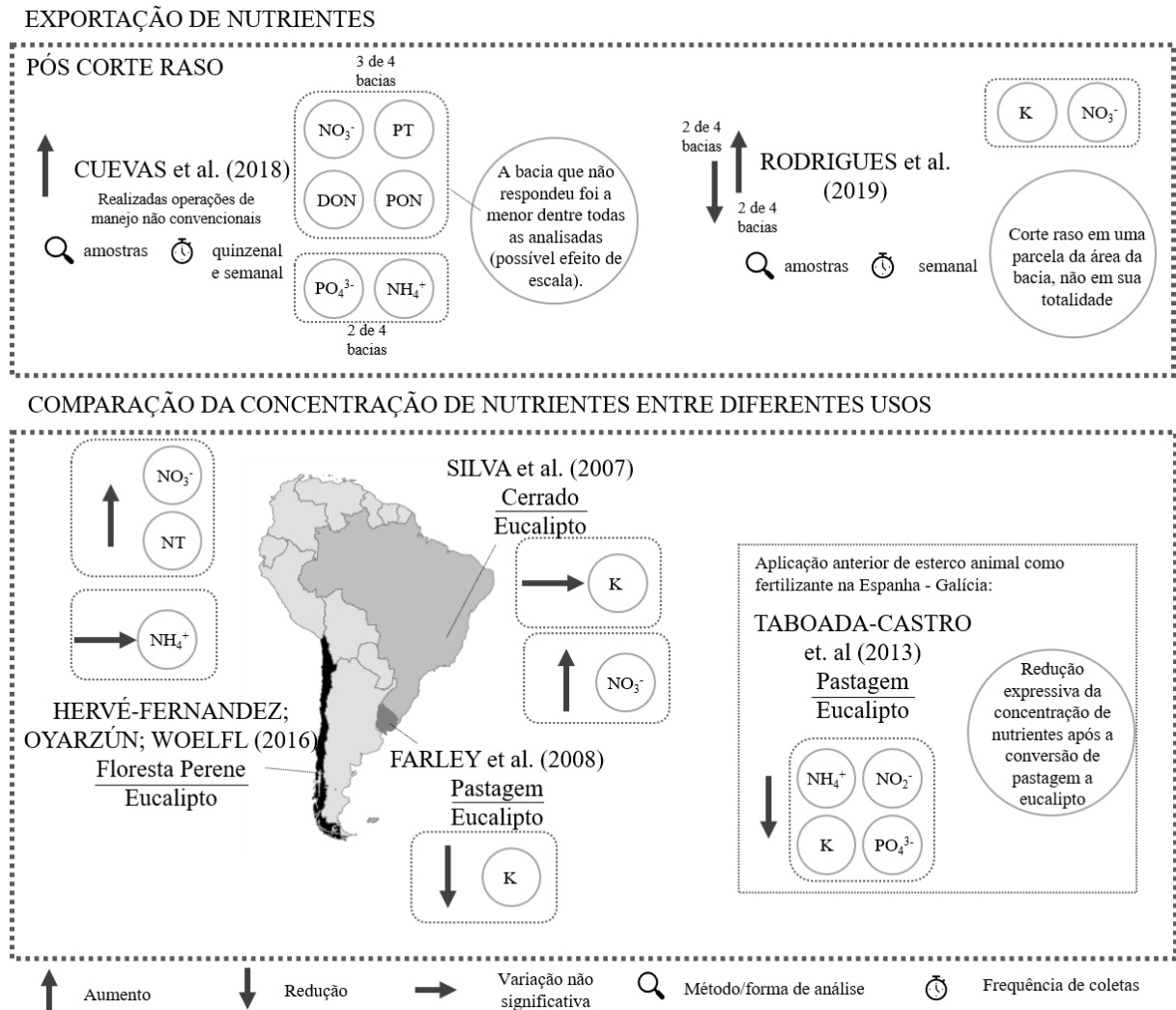
O aumento generalizado da exportação de nutrientes pós corte raso foi reportado apenas em área de manejo não convencional, onde foi realizada aplicação de fertilizantes em eucaliptos de 13 anos, um ano e meio antes do corte (CUEVAS et al., 2018). Na área em que foram utilizadas boas práticas, como o corte de pequenas áreas dentro da bacia, a exportação dos nutrientes estudados não teve um padrão único de aumento ou redução (RODRIGUES et al., 2019). A comparação da concentração de nutrientes em corpos hídricos a outros tipos de uso variou em função do nutriente e do local, e também não foi possível observar uniformidade nos resultados.

Figura 5 - Síntese gráfica dos principais conceitos abordados em artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito de exportação de sedimentos, perda de solo e origem dos sedimentos em bacias com cultivo de eucalipto.



Fonte: produção da própria autora.

Figura 6 - Síntese gráfica dos principais conceitos abordados em artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito da exportação de nutrientes e comparação da concentração de nutrientes entre diferentes tipos de uso do solo e bacias com cultivo de eucalipto.



Fonte: produção da própria autora.

4.3. Aspectos quantitativos: evapotranspiração, armazenamento de água no solo e vazão no corpo hídrico

O manejo intensivo dos plantios preocupa em relação aos possíveis impactos sobre a produção de água em corpos hídricos que drenam bacias com cultivo de eucalipto (RODRIGUES, 2017). Plantações de eucalipto potencialmente utilizam mais água do que outros tipos de vegetação e florestas naturais devido à elevada produtividade (FERRAZ et al., 2019), que atualmente no Brasil é de cerca de $35,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (IBÁ, 2020). O zoneamento climatológico, isto é, a divisão do território em zonas em função do clima, pode ser utilizado para definir a aptidão das áreas para a silvicultura. Para isso, deve-se considerar o balanço

hídrico entre a precipitação e a quantidade de água utilizada pelas árvores, principalmente em regiões onde a água é um recurso limitado (FERRAZ et al., 2019).

O balanço hídrico em uma bacia hidrográfica pode ser expresso pela equação (1) apresentada por Best et al. (2003), em que PR é a precipitação, ET é a evapotranspiração, Q é a vazão no corpo hídrico, G é a recarga de água subterrânea e ΔS a alteração na água armazenada no solo. Parte da PR é interceptada pela copa das árvores (I_c), parte a atravessa (DT) atingindo o solo ou sendo interceptada pela serrapilheira (I_s) e parte escoada pelo tronco (SF).

$$PR=ET+Q+G+\Delta S \quad (1)$$

A evapotranspiração (ET) consiste na passagem de água na forma de vapor para a atmosfera por meio da transpiração das plantas (T), da evaporação do solo (E) e da água interceptada pela vegetação (I).

A vazão no corpo hídrico, por sua vez, é formada pelo fluxo de base e pelo escoamento superficial, que ocorrem durante períodos de seca e quando o solo está saturado, respectivamente (BEST et al., 2003). A respeito das parcelas de solo, G e ΔS podem ser positivas, quando há recarga, ou negativas, quando há depleção.

A Tabela 6 apresenta uma síntese dos trabalhos que analisaram o balanço hídrico em bacias com cultivo de eucalipto. Os potenciais impactos hidrológicos do cultivo do eucalipto em cada parcela do balanço hídrico serão avaliados separadamente nos tópicos a seguir.

Tabela 6 - Síntese dos artigos da plataforma Web of Science™ que analisaram as parcelas do balanço hídrico em bacias com cultivo de eucalipto, sendo apresentados também a área da bacia e o percentual de ocupação por eucalipto nas áreas estudadas.

Fonte	Local	PR(mm ano ⁻¹)	Q (%)	I (%)	E (%)	T (%)	ET (%)	G (%)	ΔS (%)	Área (ha)	% EUC
Almeida et al. (2007)	Brasil - Espírito Santo	1147	6	11	7	77	95	-	-2	286	66
Almeida, Ribeiro e Leite (2013)	Brasil - Minas Gerais	1123	13	9	11	66	86	-	-	40	78
Benyon e Doody (2015)	Austrália - Austrália Meridional	505-771	-	14-26	23-37	40-130	93-178	-	-	-	-
Dresel et al. (2018) ¹	Austrália - Vitória	527-722	2-7	-	-	-	102-108	-	-	78-391	66-96
Ferraz et al. (2019)	Brasil - diversos estados	1127-2854	2-43	-	-	-	-	-	-	7-1565	2-97
Forrester, Collopy e Morris (2010)	Austrália - Vitória	700	-	-	-	21-122	-	-	-	-	-
Ganba et al. (2016)	Brasil - Minas Gerais	1089-1174	-	-	-	-	52-55	-	-	719	82
Huber et al. (2010)	Chile - Biobío	1842	20-23	10-11	-	-	70-76	-	-	17-21	50-55
Lane et al. (2004)	China - Leizhou	1525-2226	26-53	16-20	8-19	22-36	50-71	-	-7-3	-	-
Reichert et al. (2017)	Brasil - Rio Grande do Sul	1577-2599	12-13	16-30	-	-	41-49	39-46	-1-1	83	62
Silveira et al. (2016)	Uruguai - Paysandú	792-2523	1-45	15-20	-	-	57-101	-3-3	-2-2	212	56

Fonte: produção da própria autora. Legenda: - não disponível. % EUC: Percentual de ocupação por eucalipto. PR: precipitação. Q: vazão no corpo hídrico. I: interceptação. E: Evaporação. T: transpiração. ET: evapotranspiração. G: recarga de água subterrânea. ΔS: variação da água armazenada no solo. Quando mais de um valor é expresso para o mesmo autor tem-se mínimo e máximo. Quando há apenas um, trata-se de média. ¹ Corpo hídrico com fluxo hídrico intermitente, não perene. Q, I, E, T, ET, G e ΔS são valores médios apresentados em %, relativizados pelo total precipitado médio.

4.3.1. Evapotranspiração (20 artigos)

Como a radiação solar é a energia que promove a evapotranspiração, em estações mais quentes, com dias mais longos, ou em regiões mais próximas aos trópicos, a evapotranspiração é consequentemente maior (CAMARGO; CAMARGO, 2000). Para compreender o impacto que os plantios de eucalipto têm sobre a produção de água pelos corpos hídricos, é de grande importância quantificar a ET das árvores (OUYANG et al., 2018) e correlacioná-la à precipitação local. Neste tópico, primeiramente serão discutidos os resultados referentes às parcelas de I, T e E e, em seguida, serão apresentados os resultados consolidados quanto à ET.

4.3.1.1. Interceptação (I)

A I é a parcela de água que fica retida na copa (I_c) e na serrapilheira (I_s) e evapora antes de atingir o solo. A depender da capacidade de armazenamento da copa e da serrapilheira, a I pode causar um atraso entre a PR e os processos hidrológicos subsequentes, como a infiltração no solo (BULCOCK; JEWITT, 2012). Conforme apresentado na Tabela 6 os valores de I reportados pelos autores variaram entre 9% e 30% da PR, sendo que a maior parte deles determinou apenas I_c .

Em estudo em áreas com cultivo de eucalipto por dois anos na China - Leizhou, Lane et al. (2004) estimaram, em relação à PR, I_c de 16,2% e 19,9%, DT de 82,5% e 77,6% e SF de 1,3% e 2,5%. A I_c foi calculada como $PR - (DT+SF)$, e os autores não estimaram a parcela de I_s . Porém, desconsiderar I_s pode fazer com que a I global dos plantios seja subestimada, caso tal parcela seja significativa. Bulcock e Jewitt (2012), por exemplo, observaram em área com cultivo de eucalipto com cinco anos na África do Sul - KwaZulu-Natal, I_c de 14,9% da PR e I_s de 8,5% da PR, ou seja, valores com mesma ordem de grandeza.

Além de Bulcock e Jewitt (2012), apenas Reichert et al. (2017) analisaram I_s . Os autores estudaram bacia com cultivo de eucalipto de sete anos durante dois anos no Brasil - Rio Grande do Sul e compararam a uma bacia com pastagem. Em relação à PR, a I_c pelo eucalipto foi 14,8% e 29,0% e I_s 1,6% e 1,1%, e para a pastagem a I global foi 8,8% e 9,1%. Os autores concluíram que a bacia com pastagem apresentou maior potencial para gerar escoamento superficial e conseqüentemente aumentar a vazão no corpo hídrico, devido à menor I, do que as bacias com cultivo de eucalipto.

A I em bacias com eucalipto também foi comparada à I de outras formações florestais. Groppo et al. (2019), no Brasil - São Paulo, reportaram I_c de 30,0% da PR em área com Mata Atlântica e de 14,0% da PR em área com eucalipto. Os autores estimaram I_c como $PR-DT$ e SF foi considerado insignificante. Sari, De Paiva e De Paiva (2016), por sua vez, reportaram que SF para o eucalipto pode ser uma parcela representativa da PR. Para duas áreas de Mata Atlântica e uma de eucalipto, respectivamente, estimaram I_c de 17,8%, 16,9% e 14,6% da PR e SF de 5,7%, 2,9% e 11,1% da PR. Assim, caso SF para o eucalipto fosse considerado insignificante e desconsiderado, o valor obtido para I_c seria superestimado. Os autores justificaram a menor I_c do eucalipto devido à forma e tamanho mais alongado da copa e dossel mais aberto do que das áreas com floresta nativa, as quais possuem copa estruturada em subcamadas, o que também favorece a I_c .

Zhou et al. (2002), por sua vez, compararam uma floresta mista (espécies nativas da região plantadas entre eucalipto) a plantações exclusivas de eucalipto com 17 anos na China - Guangdong. Reportaram que, para diferentes intensidades de chuva, as áreas com plantio de eucalipto apresentaram menor I_c e maior SF que as áreas com floresta mista. Além disso, reportaram que PR a partir de 0,6 mm gerou SF nas áreas com plantio de eucalipto, enquanto que para as áreas com floresta mista foi necessária PR de 1,3 mm. Isso indicou que a copa do eucalipto teve uma capacidade de armazenamento menor do que a da floresta mista. De maneira semelhante, Groppo et al. (2019) constataram que a lâmina máxima de PR totalmente interceptada pela copa das árvores na área de Mata Atlântica foi 5,00 mm, enquanto para o eucalipto foi 0,78 mm.

Huber et al. (2010), em estudo no Chile - Biobío, reportaram que a I_c em florestas de *Pinus radiata* variou de 16% a 17% da PR e a I_c em florestas de eucalipto entre 10% e 11% da PR. Nesse caso específico, os autores explicaram que as plantações de pinus tinham idade mais avançada (23 anos) que as de eucalipto (9 anos), tendo copa mais fechada. Além disso, destacaram que as folhas de pinus possuíam maior capacidade de retenção de água do que as de eucalipto. Isso vai ao encontro do foi constatado por Bulcock e Jewitt (2012), que estimaram que a capacidade máxima de armazenamento da copa de Eucalipto foi menor (0,47 mm) que em outros cultivos, como florestas de *Pinus patula* (1,00 mm) e de *Acacia mearnsii* (1,20 mm). Este fato foi justificado pelas características foliares suaves e cerosas do eucalipto. Os autores também estimaram que a máxima capacidade de armazenamento pela serrapilheira sob o eucalipto foi de 2,60 mm.

Bulcock e Jewitt (2012) também observaram que quanto maior a intensidade da PR, menor a capacidade de armazenamento (em mm) na copa das árvores. Isso porque a menor energia cinética promovida por chuvas menos intensas permite que as gotas se estabilizem sobre as folhas e galhos. Porém, os autores obtiveram uma relação logarítmica positiva entre I e PR, mostrando que a I não será necessariamente menor em chuvas mais intensas, devido a evaporação contínua da água sobre a copa úmida durante a PR.

4.3.1.2. Transpiração (T)

A T é a perda de água na forma de vapor pelas folhas ou outras superfícies da planta (BENYON et al., 2009). Conforme apresenta a Tabela 6, T variou entre 22% e 130% da PR. Parte dos autores que estudaram a T utilizaram o método de pulso de calor (BENYON; DOODY, 2015; FORRESTER; COLLOPY; MORRIS, 2010; LANE et al., 2004) enquanto os

demais utilizaram dados obtidos em campo para alimentar modelos de cálculo de transpiração (ALMEIDA et al., 2007; ALMEIDA; RIBEIRO; LEITE, 2013).

Lane et al. (2004), em pesquisa na China - Leizhou, reportaram valores de T entre 498 mm ano⁻¹ (22% da PR) e 548 mm ano⁻¹ (36% da PR) para plantios entre três e quatro anos de idade. Observaram que a T representou a maior parte da ET na maioria dos meses, e apenas durante o período chuvoso a soma da E e da I superou a T. Almeida et al. (2007), no Brasil - Espírito Santo, também obtiveram a T como principal componente da ET para plantios entre dois e sete anos de idade, reportando valores acima de 1.000 mm ano⁻¹ e média de 885 mm ano⁻¹ (77,2% da PR). Almeida, Ribeiro e Leite (2013), em plantio entre seis e sete anos de idade no Brasil - Minas Gerais, obtiveram T de 740 mm ano⁻¹ (66,0% da PR).

Ouyang et al. (2018) observaram que o acesso das raízes profundas do eucalipto à água subterrânea permitiu que os valores de T fossem elevados, mesmo com menores valores de PR. Além disso, os autores também observaram que a T foi maior no período chuvoso do que no seco, devido aos maiores níveis de radiação, temperatura e pressão de vapor do ar no primeiro caso. Benyon e Doody (2015) também reportaram que em regiões com plantio de eucalipto e pinus com dossel fechado, a T estava diretamente relacionada à profundidade do lençol freático e atingiu até 129,9% da PR.

O aspecto mais avaliado pelos autores em relação a essa parcela da ET foi o Índice de Área Foliar (LAI pelo acrônimo *Leaf Area Index*, em inglês). O índice relaciona a área total de folhas pela área de projeção no terreno, isto é, quanto do solo é coberto pelas folhas da copa das árvores. Em florestas de eucalipto, o LAI está relacionado à T, à produtividade e à I (ALMEIDA et al., 2015) e a Tabela 7 apresenta uma síntese dos trabalhos que reportam tal índice, que variou entre 0,5 m² m⁻² e 4,2 m² m⁻².

Benyon e Doody (2015) destacaram que ao estimar o balanço hídrico de um plantio é importante levar em consideração o LAI, devido a sua relação com a T. Forrester, Collopy e Morris (2010) avaliaram a T e o LAI do *Eucalyptus globulus Labill* em seis talhões com idades de dois a oito anos na Austrália - Vitória. Ao avaliarem essas diferentes idades, os autores evitaram que variação dos atributos climáticos entre os anos dificultasse a interpretação dos resultados. Os pesquisadores observaram que o LAI aumentou de 1,0 m² m⁻² aos dois anos para 3,7 m² m⁻² aos seis. O pico de LAI foi de 3,0 m² m⁻² a 4,0 m² m⁻² entre quatro e seis anos, tendo em seguida ocorrido um declínio gradual do índice até o fim do período estudado. Durante o mesmo período de análise, houve crescimento da T de 146 mm ano⁻¹ aos dois anos para 584 mm ano⁻¹ e 694 mm ano⁻¹ nos talhões entre cinco a sete anos, respectivamente, e um declínio

para 402 mm ano⁻¹ aos oito anos. Assim, os autores relacionaram a queda da taxa de T ao declínio do LAI, e encontraram uma relação linear entre os dois parâmetros.

Tabela 7 - Síntese dos resultados de Índice de Área Foliar (LAI) apresentados pelos artigos da plataforma Web of Science™, com cultivo de eucalipto de diferentes idades de plantio.

Fonte	Localização	Espécie	Idade (anos)	LAI (m ² m ⁻²)
Almeida et al. (2007)	Brasil - Espírito Santo	<i>Eucalyptus grandis</i>	2-7	0,5-3,5
Benyon e Doody (2015)	Austrália - Meridional	<i>Eucalyptus globulus</i>	1-5	2,6-4,2
Bulcock e Jewitt (2012)	África do Sul - KwaZulu-Natal	<i>Eucalyptus grandis</i>	5	2,7
Forrester, Collopy e Morris (2010)	Austrália - Vitória	<i>Eucalyptus globulus Labill</i>	2-8	1-3,7
Lane et al. (2004)	China - Leizhou	<i>Eucalyptus urophylla</i>	3 a 5	1-1,5
Ouyang et al. (2018)	China - Guangxi	<i>Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis</i>	5	1,51

Fonte: produção da própria autora. Os valores separados por traço são mínimos e máximos para o período.

4.3.1.3. Evaporação (E)

A E é a perda de água na forma de vapor por uma superfície úmida em temperatura abaixo do ponto de ebulição. Para estimar a E do solo nas áreas com cultivo de eucalipto estudadas, Benyon e Doody (2015) e Lane et al. (2004) empregaram lisímetros enquanto Almeida et al. (2007) e Almeida, Ribeiro e Leite (2013) utilizaram dados obtidos em campo para alimentar modelos de cálculo. Os valores reportados pelos autores variaram de 7% a 37% da PR.

Na China - Leizhou, Lane et al. (2004) observaram que a E com plantio de eucalipto foi cerca de 12,1% da PR. Segundo os autores, tal resultado mostrou a importância de avaliar a E nos estudos, principalmente para locais em que o manejo deixa o solo exposto devido ao espaçamento das árvores ou devido à supressão do sub-bosque. Almeida, Ribeiro e Leite (2013), em estudo realizado em microbacia com eucalipto no Brasil - Minas Gerais, obtiveram E de 11,0% da PR.

Média de 7,4% da PR foi reportada para a E por Almeida et al. (2007) em estudo realizado no Brasil - Espírito Santo durante seis anos. Os autores observaram que os menores valores de E pelo solo coincidiram com o pico do LAI, ou seja, quando a cobertura do solo pela vegetação foi proporcionalmente maior. Benyon e Doody (2015), na Austrália - Austrália Meridional, obtiveram valores ainda maiores para E, em média de 29,0% da PR. Os mesmos autores observaram que para as áreas com cultivo de pinus a E foi de 15,0%, porém, ao somar a E a I das duas culturas, os resultados foram próximos (47,9% para o eucalipto e 45,5% para

o pinus). Isso mostrou que para comparar o balanço hídrico de diferentes culturas é interessante estimar todas as parcelas da ET.

4.3.1.4. Evapotranspiração (ET)

Conforme apresentado na Tabela 6, alguns artigos que analisaram o balanço hídrico não abordaram separadamente cada parcela da ET, mas a apresentaram de maneira geral como a soma da I, E e T. A ET reportada pelos autores variou de 41% da PR a 178% da PR.

Ferraz et al. (2019), avaliaram os efeitos de plantios de eucalipto que ocupavam entre 42% e 97% da área de 19 bacias brasileiras, e observaram que a ET dos cultivos foi parte representativa do balanço hídrico local. De forma geral, a ET excedeu 80% da PR em 71% das 120 observações pontuais e excedeu 90% da PR em 50% das 60 observações anuais. No Brasil - Minas Gerais, Ganba et al. (2016) obtiveram ET entre 50% e 53% da PR em área com 82% de ocupação por eucalipto. No Chile - Biobío, duas bacias com nove anos e 50% a 55% da área ocupada por eucalipto foram estudadas por Huber et al. (2010), e a ET foi de 68% a 74% da PR.

O mesmo aspecto foi avaliado por Almeida, Ribeiro e Leite (2013), que apresentaram ET de 86% da PR. Os autores estimaram o balanço hídrico em microbacia de 40 ha no Brasil - Minas Gerais, com 78% da área florestada com eucalipto. Segundo os autores, uma vez que a PR do ano analisado foi 12% menor que a média histórica, a relação ET/PR abaixo de um (0,86) indicou que não foi necessário utilizar reservas de água do solo, o que garantiu o fluxo no corpo hídrico durante o período.

Por outro lado, em três dos seis anos estudados por Almeida et al. (2007) em bacia com 66% de ocupação por eucalipto no Brasil - Espírito Santo, a ET ficou acima de 100% da PR e atingiu até 121,0% da PR. O mesmo ocorreu no estudo de Lane et al. (2004) que, ao considerarem apenas a estação seca, reportaram ET entre 144,0% e 153,0% da PR. O estudo foi realizado por dois anos em áreas com cultivo de eucalipto na China - Leizhou, e segundo os autores indicou que houve extração da água em estoque no solo pelas árvores durante o período.

Comparando bacias ocupadas por pastagens a bacias com cultivo de eucalipto no Uruguai - Paysandú, Silveira et al. (2016) reportaram que a diferença da ET entre os usos foi maior em períodos de seca do que em períodos chuvosos. Enquanto na seca a ET do eucalipto foi 46% maior que a da pastagem, durante períodos em que a PR excedeu a média de chuva anual a diferença da ET foi de apenas 10%. Dresel et al. (2018) observaram que a ET variou de 87% a 93% da PR para pastagens e de 102% a 108% da PR para o eucalipto, na Austrália -

Vitória. Os autores atribuíram a ET ter superado a PR como efeito da absorção de água subterrânea pelas raízes mais profundas do eucalipto, o que não ocorreu nas pastagens. A Tabela 8 apresenta um resumo comparativo entre o balanço hídrico de bacias com cultivo de eucalipto e de pastagens naturais ou cultivadas.

Tabela 8 - Comparação entre a ET, Q, ΔS e G de bacias com cultivo de eucalipto e de pastagens naturais ou cultivadas, em artigos da plataforma Web of Science™. Percentual em relação à PR.

Fonte	Local	PR (mm ano ⁻¹)	ET (% da PR)		Q (% da PR)		ΔS (% da PR)		G (% da PR)	
			EUC	PAS	EUC	PAS	EUC	PAS	EUC	PAS
Adelana et al. (2015) ¹	Austrália - Vitória	527-722	104-113	86-89	2-3	4-8	-15- -7	5	0	1-2
Dresel et al. (2018) ¹	Austrália - Vitória	595-771	102-108	87-93	2-7	3-12	-	-	-	-
Reichert et al. (2017)	Brasil - Rio Grande do Sul	1577-2599	41-49	32-36	12-13	34-36	-1-1	-1-0	39-46	30-32
Silveira et al. (2016)	Uruguai - Paysandú	792-2523 ¹	57-101	45-79	1-45	22-55	-2-2	-1-4	-3-3	0-3

Fonte: produção da própria autora. Legenda: EUC: eucalipto. PAS: pastagem. PR: precipitação. ET: evapotranspiração. Q: vazão no corpo hídrico. ΔS : variação da água armazenada no solo. G: recarga de água subterrânea. Quando mais de um valor é expresso para o mesmo autor tem-se mínimo e máximo. Quando há apenas um, trata-se de média. ¹ Corpo hídrico com fluxo hídrico intermitente, não perene.

Reichert et al. (2017), ao estudarem bacia com cultivo de eucalipto e com pastagem no Brasil - Rio Grande do Sul, interpretaram a maior ET das florestas de eucalipto por outra perspectiva. Segundo eles, por efeito da maior cobertura de copa e da serrapilheira, as florestas de eucalipto proporcionaram maior I e menor escoamento superficial. Com isso, em comparação às pastagens, foram capazes de prover melhores condições estruturais e cobertura do solo, infiltração e retenção da água, maior recarga subterrânea, além de diminuir a degradação do solo pela erosão e garantir maior disponibilidade hídrica durante períodos secos.

Os diferentes percentuais de ocupação da área da bacia por cultivo de eucalipto podem influenciar as taxas de ET. Mhired et al. (2019) estudaram bacias nos planaltos da Etiópia - Amara durante nove anos, e estimaram que a ET na estação seca foi de 30 mm ano⁻¹ para 100 mm ano⁻¹ em uma bacia em que o eucalipto passou de cerca de 2% para 5% da área ocupada, e de 2 mm ano⁻¹ para 400 mm ano⁻¹ em uma bacia que o eucalipto passou de cerca de 2% para 17% da área ocupada.

Outro ponto avaliado foi a homogeneidade de idade dos talhões em uma mesma bacia. Almeida et al. (2007) salientaram que se todos os talhões cultivados na bacia tiverem a mesma idade, com ET similar entre todas as árvores, em períodos de crescimento a elevada demanda de água pelo eucalipto poderá comprometer a disponibilidade de água no corpo hídrico e para o próprio consumo das plantações.

Nesse sentido, Dye (2013) indicou que as espécies de eucalipto podem apresentar menor uso de água em regiões secas do que em áreas com abundância de chuva, ou seja, que as árvores se adaptariam a diferentes condições de precipitação. Observação semelhante foi feita por Ferraz, Lima e Rodrigues (2013) ao analisarem dados hidrológicos de diversas bacias experimentais. Ao identificarem que cerca de 58% das observações do estudo apresentaram relação ET/PR acima de 0,9, concluíram que há indícios de que tais plantios consomem água conforme a disponibilidade. Se a PR da região for elevada, os aproximadamente 10% restantes que fluem pelo corpo hídrico podem suprir as demandas à jusante. No entanto, caso haja baixa PR anual ou reduções de PR em determinados períodos do ano devido à sazonalidade, o consumo de água pelo plantio pode tornar o corpo hídrico intermitente.

4.3.2. Água no solo e armazenamento subterrâneo (14 artigos)

Os reservatórios de água subterrânea são normalmente encontrados abaixo da profundidade de 20 m, no entanto, também podem ser encontrados mais próximos à superfície, como em solos arenosos em que a água subterrânea pode ser encontrada a apenas 45 cm de profundidade (CARVALHO et al., 2016). No presente tópico, são avaliadas as parcelas de G e ΔS do balanço hídrico. Também são abordados os artigos que reportaram resultados em relação ao rebaixamento do lençol freático, que foi a métrica utilizada por alguns autores para acompanhar a influência dos cultivos de eucalipto sobre a água subterrânea e sobre a taxa de infiltração do solo. Conforme a Tabela 6, G foi reportado pelos autores entre -3% e 46% da PR e ΔS entre -7% e 3% da PR.

Em estudo realizado por Barrientos e Iroumé (2018) em bacias florestadas no centro-sul do Chile - Biobío e Valdivia, bacias com eucalipto tiveram menor armazenamento de água ($G+\Delta S = dV$) em relação às ocupadas por floresta com espécies mistas. O cálculo do total de água armazenada realizado pelos autores foi $dV = PR-Q-ET$. Enquanto dV para plantios de eucalipto esteve entre 666,6 mm e 1.016,9 mm, para a floresta mista foi de 1272,0 mm. Além disso, o dV máximo ocorreu na área com a menor densidade de árvores tanto para o eucalipto (567 árvores ha^{-1}), quanto para a floresta mista (200 árvores ha^{-1}), devido a menores perdas por I. Os autores salientaram que há diversos fatores que influenciam no dV em áreas com cultivo de eucalipto e espécies mistas, como o volume de biomassa, densidade de árvores, percentual de área cultivada em relação à área total da bacia, idade do cultivo, condições climáticas e características do solo do local.

Sikka et al. (2003) e Sharda et al. (1998) estudaram a influência de dois tipos de manejo de eucalipto sobre ΔS na Índia - Udhaga-Mandalam. Inicialmente, estudaram um cultivo de primeira rotação (com o plantio de novas mudas), e após o corte dessas árvores acompanharam a segunda rotação (com a promoção da rebrotagem nos troncos remanescentes). Os autores encontraram ΔS de $-11,5 \text{ mm ano}^{-1}$ na primeira rotação e -24 mm ano^{-1} na segunda rotação, à profundidade de 0,5m. À profundidade de 1,0m, ΔS foi de -18 mm ano^{-1} na primeira rotação e -30 mm ano^{-1} na segunda rotação. Os autores justificaram a maior perda de umidade pelo solo na segunda rotação devido ao sistema radicular mais extenso, já consolidado durante a primeira rotação, bem como ao rápido crescimento do eucalipto pós corte. Almeida et al. (2007), por sua vez, não observaram relação entre ΔS e a profundidade das raízes em uma bacia florestada com eucalipto no Brasil - Espírito Santo. As raízes passaram de 0,8 m de profundidade aos dois anos para 1,6 m aos sete anos, e os autores concluíram que a água foi majoritariamente extraída pelas plantas no primeiro metro do solo.

Também foi analisada a influência da fertilização sobre ΔS . Hardie et al. (2018) avaliaram plantios de eucalipto com e sem adição de N durante dois a três primeiros anos de cultivo na Indonésia - Sumatra. Observaram que a utilização de N para fertilizar o cultivo não influenciou na depleção média de água subterrânea. Para o eucalipto fertilizado, a depleção variou em média de $-11,62 \text{ mm ano}^{-1}$ a $-41,07 \text{ mm ano}^{-1}$, enquanto que para o eucalipto não fertilizado, variou de $-7,92 \text{ mm ano}^{-1}$ a $-31,18 \text{ mm ano}^{-1}$. Assim, é possível que a fertilização adequada do plantio promova maior produtividade sem alterar o consumo de água ou a extração subterrânea.

Almeida et al. (2007) acompanharam o nível do lençol freático da bacia estudada por meio de quatro piezômetros durante seis anos, e observaram que no período de cultivo o rebaixamento do nível do lençol freático atingiu até $-3,47 \text{ m ano}^{-1}$. Na área de um dos piezômetros, em que foi realizado desbaste (retirada das árvores finas e defeituosas), observou-se maior estabilidade no nível do lençol freático. Enquanto nessa área a variação total do nível d'água desde o plantio até o corte raso foi de $+0,05 \text{ m}$, nas áreas não desbastadas de outros dois piezômetros foi de $-2,44 \text{ m}$ e $-4,13 \text{ m}$. Do mesmo modo, na área do quarto piezômetro, onde não foi realizado corte raso no último ano do estudo, foi registrada a maior redução no nível do lençol freático ($-6,42 \text{ m}$). Como tanto o desbaste quanto o corte raso reduzem o número de indivíduos, consequentemente podem reduzir a transpiração e o uso de água pelo plantio, influenciando desse modo o nível do lençol freático.

Outro estudo de longo prazo para acompanhar o rebaixamento do nível do lençol freático foi realizado por Rodríguez-Suárez et al. (2011) na Espanha - Galícia. Por oito anos,

um poço na parte mais baixa da bacia possibilitou a medição do nível d'água. Durante os três primeiros anos do cultivo de eucalipto, observou-se que o rebaixamento do lençol ocorreu em taxas semelhantes (em média $2,3 \text{ mm dia}^{-1}$, $2,1 \text{ mm dia}^{-1}$ e $2,5 \text{ mm dia}^{-1}$ em cada um dos três anos), mesmo com o crescimento acelerado das árvores. Segundo os autores, isso ocorreu devido ao fato de que havia uma densa cobertura de gramíneas na área de estudo, o qual não foi removido para realização do plantio de eucalipto. A transpiração dessa vegetação foi predominante, até que no terceiro ano o eucalipto a ultrapassou em altura. A partir de então, o rebaixamento diário do lençol aumentou linearmente com o aumento da biomassa foliar por hectare e se estabilizou com o fechamento total da copa. Nos últimos anos, o lençol passou a rebaixar de $4,5 \text{ mm dia}^{-1}$ a $4,9 \text{ mm dia}^{-1}$, aproximadamente o dobro da taxa observada inicialmente.

Adelana et al. (2015) compararam uma bacia com cultivo de eucalipto a uma bacia ocupada por pastagem na Austrália - Vitória e obtiveram que enquanto o nível do lençol freático no eucalipto diminuiu 4,4 m durante o período de 20 meses do estudo, o da pastagem subiu 3,2 m. Assim, os autores concluíram que os talhões dificultaram a percolação e utilizaram toda a água disponível, causando rebaixamento no nível do lençol freático. Dresel et al. (2018) também constataram que enquanto nas pastagens estudadas o nível de água se manteve estável nos primeiros cinco anos, nas áreas com plantio de eucalipto houve redução no mesmo período. Reportaram que tal efeito é um resultado da redução de G, consequência do aumento da ET.

Ainda em relação ao rebaixamento do lençol freático, foi realizada comparação entre áreas de floresta mista (eucalipto e nativa) e com eucalipto em Guangdong, na China, por Zhou et al. (2002). Os autores, utilizando como nível de referência o rebaixamento em área com solo exposto, observaram que a redução do nível do lençol freático foi maior em áreas plantadas com eucalipto (80 cm em sete anos) que na floresta mista (30 cm em sete anos). Os autores justificaram tal efeito pela diferença de consumo de água dos diferentes tipos de vegetação.

Enku et al. (2020) avaliaram o rebaixamento do nível do lençol especificamente durante dois períodos de seca. Estudaram plantios de eucalipto com 10 anos de idade em uma região da Etiópia - Amara e observaram que o nível do lençol freático rebaixou cerca de 26 mm dia^{-1} em um período estudado e 25 mm dia^{-1} no outro. Tal rebaixamento é maior que o rebaixamento médio anual reportado pelos demais autores, indicando que analisar especificamente o período de seca pode ser importante para compreender o impacto dos cultivos de eucalipto sobre a disponibilidade hídrica em situações mais críticas.

Alguns estudos, no entanto, vão de encontro ao observado pelos autores anteriormente citados. Carvalho et al. (2016), que monitoraram uma bacia no Brasil - Minas Gerais durante

três anos por meio de quatro poços, observaram que o uso do solo por silvicultura promoveu a recarga do lençol freático, e reportaram que houve variação na profundidade do lençol em função da localização topográfica do poço e da precipitação líquida (DT+SF).

Em ensaio de infiltração com anéis concêntricos realizados por Almeida et al. (2014) em duas áreas com eucalipto de sete anos e duas com pastagem no Brasil - Minas Gerais, observou-se que a taxa de infiltração nos solos sob plantio de eucalipto foi superior àquelas encontradas nos solos sob pastagem. Os valores de infiltração foram de 78 mm h⁻¹ e 165 mm h⁻¹ no eucalipto e 47 mm h⁻¹ e 50 mm h⁻¹ na pastagem. Conforme apontaram os autores, tais taxas elevadas para o eucalipto mostraram a eficiência do cultivo em conservar e manter água no solo. Porém, salientaram que as áreas em questão foram submetidas a manejo manual e, portanto, a compactação do solo é diferente da gerada em manejo por tratores e maquinário pesado. Os autores também frisaram que entre as duas áreas com cultivo de eucalipto, a que teve maior taxa de infiltração apresentou solo mais poroso (62% versus 53%), com maior teor de areia (47% versus 32%) e textura areno-argilosa, em contraste à textura argilosa do solo com menor taxa de infiltração.

Reichert et al. (2017) também compararam uma bacia florestada com eucalipto à de uma bacia com pastagem, no Brasil - Rio Grande do Sul. Reportaram a G do eucalipto entre 39% e 46% da PR e a da pastagem entre 30% e 32% da PR. Os autores destacaram que a maior G permite que as áreas de eucalipto armazenem mais água subterrânea, aumentando a disponibilidade hídrica em períodos de seca. Em regiões como a do Pampa, em que o período de seca costuma ser crítico, essa é uma vantagem importante.

Silveira et al. (2016), por sua vez, obtiveram um resultado intermediário entre a depleção e a recarga. Os autores não encontraram efeitos conclusivos do cultivo de eucalipto sobre G, em comparação a áreas de pastagem. A G média no eucalipto foi de 315 mm ano⁻¹ (18% da PR) enquanto que as de pastagem atingiram G média de 288 mm ano⁻¹ (17% da PR). Segundo os autores, devido às diferenças entre regime de chuva, profundidade do lençol, tipos de solo e uso e ocupação do solo, foi difícil generalizar resultados com base neste parâmetro.

4.3.3. Alteração na vazão em corpos hídricos que drenam bacias com cultivo de eucalipto

Além dos aspectos qualitativos da água em corpos hídricos que drenam bacias com cultivo de eucalipto, apresentados no item 4.2, uma grande preocupação em relação ao uso do solo por eucaliptos são os aspectos quantitativos. As práticas de manejo empregadas nas bacias, principalmente o plantio e o corte raso, podem alterar a vazão nos corpos hídricos e impactar a

quantidade de água disponível à jusante. Tal fato é avaliado por diversos autores e a Tabela 9 apresenta uma síntese dos trabalhos a esse respeito.

Tabela 9 - Síntese dos artigos da plataforma Web of Science™ que apresentam análise da alteração da vazão em corpos hídricos que drenam bacias com cultivo de eucalipto, avaliada após o plantio do eucalipto ou após o corte raso.

Autor	Local	Clima ¹	Anos de coleta	% EUC	Espécie	Área (ha)	Q após o plantio	Q após o corte
Cuevas et al. (2018)	Chile - Valdivia	Cfb	4	63-99	<i>Eucalyptus globulus</i>	1-3	-	↑
Dresel et al. (2018)	Austrália - Vitória	Cfb	7	66-96	<i>Eucalyptus globulus</i>	78-391	↔	-
Lesch e Scott (1997)	África do Sul - Tzaneen	Cwa	8	100	<i>Eucalyptus grandis</i>	40	↓	↓ ⁴
Mhiret et al. (2019)	Etiópia - Amara	Cwa	9	2-17	-	7-95	↓	-
Robinson et al. (2003)	Portugal - Algarve	-	18	-	<i>Eucalyptus globulus</i>	13-15	-	↑
Rodrigues et al. (2019)	Brasil - São Paulo	Cwa, Cfa, Cfb	2	60-92	-	87-534	-	↑↔
Rodríguez-Suárez et al. (2011)	Espanha - Galícia	Csb	8	85	<i>Eucalyptus globulus</i>	11	↓	-
Scott e Lesch (1997)	África do Sul - Nelspruit	Cwb	-	100	<i>Eucalyptus grandis</i>	26	↓	↔
Scott e Prinsloo (2008)	África do Sul - Limpopo	-	20	100	<i>Eucalyptus grandis</i>	40	↓	-
Sharda et al. (1998)	Índia - Udhagamandalam	Aw	20	59	<i>Eucalyptus globulus</i>	32	↓ ³	↑
Webb, Dragovich e Jamshidi (2012)	Austrália - Nova Gales do Sul	Cfb	8	33-57 ²	Diversas	302-593	-	↑↔

Fonte: produção da própria autora. Legenda: % EUC: Percentual de ocupação por eucalipto. Q: vazão. ↑ Aumentou. ↓ Reduziu. ↔ Não alterou. - Não disponível. ¹ Classificação de Köppen-Geiger. ² Área de corte. ³ Durante a rebrotagem (segunda rotação) e também na reforma (primeira rotação). ⁴ Após o desbaste. Quando mais de um valor é expresso para o mesmo autor tem-se mínimo e máximo.

4.3.3.1. Alteração da vazão no corpo hídrico após o plantio (12 artigos)

Uma bacia com eucalipto na África do Sul - Nelspruit, com cerca de 26 ha, foi estudada por Scott e Lesch (1997). Os autores observaram que o plantio de eucalipto causou redução significativa na vazão do corpo hídrico, uma vez que nos seis primeiros anos a vazão média mensal foi reduzida em cerca de 50% e, no nono ano, o fluxo cessou completamente. Segundo os autores, tal ocorrência foi esperada devido à característica do solo profundo e por terem ocupado 100% da área com eucalipto. Rodríguez-Suárez et al. (2011), em estudo realizado na Espanha - Galícia, reportaram que a partir do quinto ano do plantio de eucalipto (ocupando 85% da área da bacia) o corpo hídrico que drenava a bacia também teve vazão igual a zero durante

determinados períodos do ano, fato que não ocorria anteriormente. Em outra bacia na África do Sul - Tzaneen, 100% ocupada por eucalipto, também houve redução de vazão após o plantio (LESCH; SCOTT, 1997). Os autores reportaram que a redução da vazão foi mais perceptível depois do primeiro desbaste, três anos após a implantação, período em que houve redução de 140 mm ano^{-1} .

Ferraz et al. (2019) analisaram a vazão em bacias com cultivo de eucalipto a partir do chamado Índice de Aridez (IA), que relaciona ET e PR local. Os autores observaram que entre 19 bacias analisadas, as quatro com IA maior que 0,76 tiveram proporção entre Q e PR menor que 10%. Por outro lado, constataram que dos municípios brasileiros com mais de 1.000 ha de eucalipto plantados, 40% têm IA maior que 0,76. Assim, é possível que plantios nesses locais representem ameaças à produção de água pelos corpos hídricos e conseqüentemente aos usos múltiplos. Os autores também observaram que quanto maior o IA, exponencialmente menor foi a vazão média anual no corpo hídrico. Isso mostrou como os elementos do balanço hídrico de uma bacia estariam relacionados (nesse caso, ET, PR e Q).

Outra abordagem foi utilizada por Mhired et al. (2019), que observaram redução significativa da vazão específica (Q/PR) dos corpos hídricos avaliados. O estudo foi realizado em uma região da Etiópia - Amara onde a área de eucalipto foi de 1,5 ha para 5 ha em nove anos, passando a ocupar de 2% a 17% das bacias. Tal redução ocorreu em todas as bacias estudadas durante os seis primeiros anos, e depois Q/PR se manteve ou cresceu nos três últimos anos da pesquisa.

Embora a maior parte dos autores avaliem os plantios de eucalipto durante a primeira rotação, Sharda et al. (1998) avaliaram na Índia - Udhaga-Mandalam uma bacia de 32 ha e 59% de ocupação por eucalipto durante a primeira e segunda rotações. A vazão anual média do corpo hídrico que drenava a bacia com eucalipto reduziu 16% durante a primeira rotação e 25% durante a segunda, quando comparadas a uma bacia adjacente com pastagem natural. Os autores reportaram que o maior uso de água pela segunda rotação se deve ao sistema radicular mais profundo. Dessa forma, destacaram que embora a segunda rotação tenha sido mais produtiva e economicamente vantajosa, a redução de vazão mais expressiva em comparação ao manejo de uma única rotação pode ter efeitos adversos sobre o nível d'água de reservatórios à jusante.

Adelana et al. (2015) também estudaram bacias pareadas de eucalipto (área de 342 ha, 62% ocupada por eucalipto) e pastagem (área de 161 ha, 97% ocupada por pastagem). Os corpos hídricos que drenavam tais áreas possuíam fluxo intermitente e foram estudados por 20 meses. Os autores observaram que a vazão no corpo hídrico drenado pela bacia com pastagem sempre foi maior que na bacia com eucalipto (conforme Tabela 8). Além disso, o número de

dias com vazão no corpo hídrico que drenava a bacia com eucalipto foi menor que no corpo hídrico que drenava a bacia com pastagem, e as vazões média e máxima também foram menores. Para os autores, tal resultado se justifica devido à maior ET do eucalipto em relação à pastagem.

Reichert et al. (2017), em estudo realizado no Brasil - Rio Grande do Sul, avaliaram diferenças hidrológicas entre bacia com cultivo de eucalipto (83 ha) e bacia com pastagem nativa e exótica (110 ha), durante dois anos. A vazão no corpo hídrico foi de 64% a 66% menor na bacia com cultivo de eucalipto do que na pastagem, enquanto que a ET e G foram respectivamente de 27% a 37% e de 25% a 46% maiores na bacia com cultivo de eucalipto. Os autores destacaram que a menor Q/PR na bacia com cultivo de eucalipto (13%), comparada com a de pastagem (35%), pode ser atribuída à maior I e ET pela vegetação, drenagem profunda devido aos caminhos formados pelas raízes e à maior capacidade de retenção e armazenamento no solo florestal. Por outro lado, a bacia de pastagem apresentou solo mais compactado, com menor capacidade de infiltração e maior potencial para o escoamento, refletindo consequentemente na vazão.

No Uruguai - Paysandú, Silveira et al. (2016) reportaram que uma bacia com cultivo de eucalipto (acompanhado dos oito aos 16 anos) teve Q/PR no corpo hídrico 17% menor (para PR próxima à média anual histórica) do que no corpo hídrico que drenava a bacia com pastagem. Em anos secos, no entanto, essa redução foi de 28% a 32%, implicando maior risco de indisponibilidade hídrica para os usos à jusante. Nesse sentido, Ferraz et al. (2019) observaram que 49% dos municípios com mais de 1.000 ha de eucalipto plantados no Brasil apresentam boa disponibilidade hídrica ($IA < 1$), porém grande sazonalidade (coeficiente de variação da precipitação mensal $> 50\%$ - locais que apresentam uma estação seca e precipitação mal distribuída ao longo do ano). Cultivos nessas áreas exigem manejo que possibilite o armazenamento de água no solo, para reduzir o conflito pelo uso da água em estações secas.

Há também estudos que não reportaram redução de vazão no corpo hídrico devido aos plantios de eucalipto. Ferraz et al. (2019), ao avaliarem 19 bacias ocupadas por eucalipto (42% a 97% da área total), não observaram redução significativa da relação Q/PR nos corpos hídricos em função da idade dos plantios. Dresel et al. (2018), ao analisarem bacias pareadas de fluxo intermitente com pastagem e eucalipto entre dois e nove anos na Austrália - Vitória, não reportaram redução de Q nos corpos hídricos em bacias com cultivo de eucalipto, em comparação às de pastagem. Os autores atribuíram tal fato à presença de vegetação ripária, que teria aumentado a infiltração e reduzido o impacto do cultivo de eucalipto. A influência da área de mata nativa remanescente na bacia sobre a vazão foi reportada por Lara et al. (2009) em

estudo realizado no Chile - Valdivia. Os autores estimaram um aumento de 14% na vazão dos corpos hídricos no período de verão para cada 10% de aumento na área de floresta nativa. Por outro lado, reportaram um decréscimo de 20% na vazão para bacias com cultivo de 10% a mais de pinus ou eucalipto.

Outra alteração que pode ser causada pelo maior consumo de água em bacias com cultivo de eucalipto é o aumento da lâmina de PR efetiva (PR-ET) necessária para gerar vazão no corpo hídrico. Mhired et al. (2019) observaram que depois de nove anos de crescimento do plantio, para gerar 3mm de lâmina cumulativa pós período de seca, foram necessários de 30 mm ano⁻¹ a 60 mm ano⁻¹ a mais de precipitação nas bacias estudadas em comparação aos requisitos no início do cultivo. Segundo os autores, a ocorrência desse aumento se justifica, uma vez que a água retirada do solo pelo eucalipto durante o período de seca precisa ser repostada antes da vazão no corpo hídrico retornar.

4.3.3.2. Alteração da vazão no corpo hídrico após o corte raso (oito artigos)

Em estudo em bacias com cultivo de eucalipto com rotações entre 10 e 12 anos no sul da Europa, Robinson et al. (2003) observaram que o corte raso proporcionou um aumento de 50% nas vazões de pico dos corpos hídricos e o efeito perdurou por dois anos após o corte. Segundo os autores, tal aumento ocorreu devido à disposição das folhas no solo pós corte, bem como liberação de compostos hidrofóbicos, os quais dificultaram a infiltração e incrementaram o escoamento superficial. Os autores argumentaram que seria possível controlar o aumento excessivo das vazões de pico, evitando possíveis danos às estruturas à jusante. Sugeriram, por exemplo, realizar o corte raso em áreas menores dentro da bacia, ao invés de realizar o corte de 100% da área ocupada de uma única vez.

Outros autores reportaram o aumento da vazão do corpo hídrico após o corte raso. Rodrigues et al. (2019) estudaram quatro bacias com percentual de ocupação por eucalipto entre 60% e 92% e, após o corte raso, observaram em três delas o crescimento de Q/PR de 17% a 72%. A redução de tal relação na quarta bacia, -37%, foi associada à precipitação abaixo da média na região. Webb, Dragovich e Jamshidi (2012) analisaram três bacias com eucalipto na Austrália - Nova Gales do Sul, e reportaram aumento da vazão no corpo hídrico em duas das três depois do corte, entre 25 mm ano⁻¹ e 46 mm ano⁻¹ para cada 10% de área colhida. O fato de uma das bacias não ter tido vazão significativamente maior após o corte foi atribuído à menor área de corte (33%, versus 57% e 39% nas demais) e às práticas de manejo implementadas, em que grupos pequenos de árvores foram selecionados para corte dentro de uma área de planejamento. Cuevas et al. (2018), no Chile - Valdivia, reportaram que todas as quatro bacias

estudadas tiveram aumento na vazão do corpo hídrico após o corte raso, segundo eles devido à redução da evapotranspiração e da interceptação pelas árvores.

Além disso, foi reportado caso em que o fluxo nos corpos hídricos se tornou intermitente após o plantio e só voltou a ser perene anos após o corte raso. Scott e Lesch (1997) estudaram bacia de 26 ha e 100% da área com cultivo de eucalipto que passou por corte raso aos 16 anos, porém, o fluxo perene só retornou ao corpo hídrico cinco anos depois. A demora para que o fluxo retornasse nos corpos hídricos foi justificada pelos autores pelo esgotamento de reservas profundas de água no solo pelos eucaliptos, as quais tiveram que ser recuperadas antes que a vazão retornasse. Além disso, após realizarem desbastes sucessivos na área de cultivo, que passou de 1370 árvores ha⁻¹ para 750 árvores ha⁻¹, 418 árvores ha⁻¹ e 250 árvores ha⁻¹, não houve impacto sobre a vazão. Os autores concluíram que os desbastes realizados foram insuficientes para reverter a tendência de redução na vazão causada pelo consumo de água dos talhões de eucalipto.

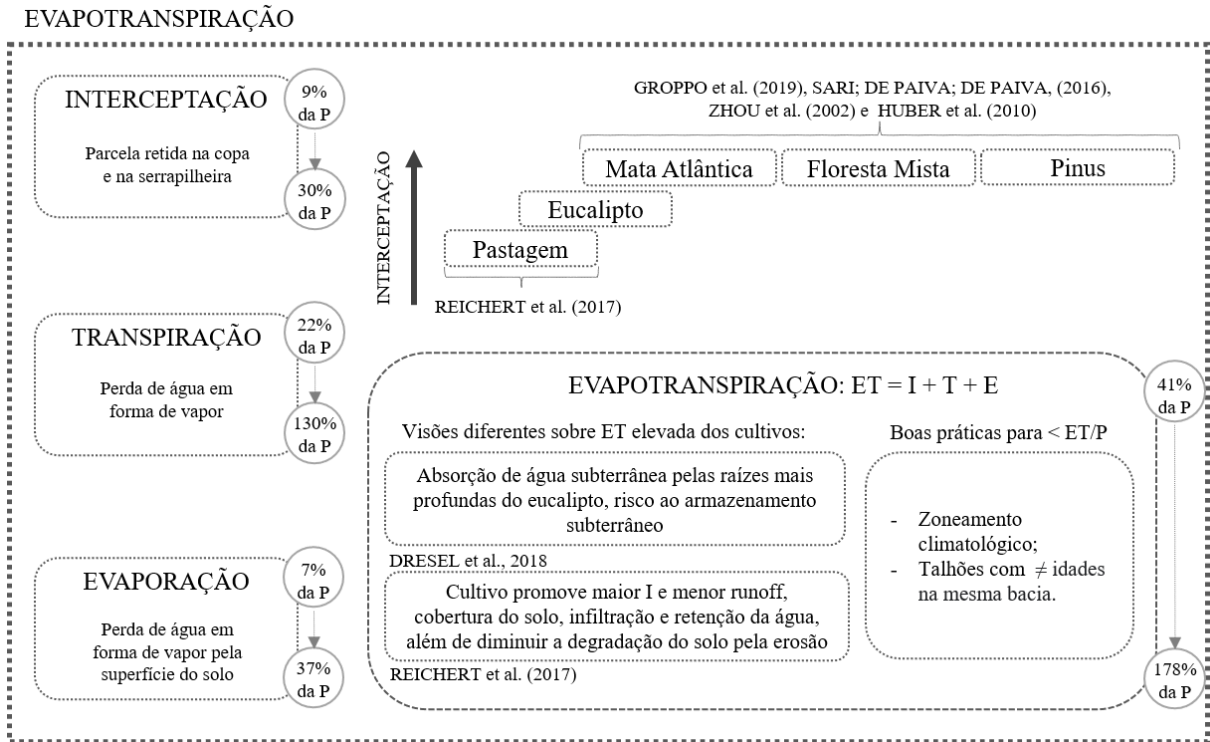
White et al. (2014) obtiveram resultados positivos ao realizarem desbastes no sudoeste da Austrália - Austrália Ocidental, avaliando a massa de madeira produzida em função da quantidade de água consumida por eucaliptos (g de madeira por kg de água - produtividade da água). Os autores não observaram impacto na produtividade da água após o desbaste realizado. Por outro lado, houve redução de produtividade para os talhões em que foi mantida a mesma densidade de árvores durante todo o cultivo. Segundo reportado, tal efeito pode ser justificado pelo aumento do déficit de água no solo nos talhões mais densos, devido ao consumo do eucalipto. Com isso, os autores concluíram que é possível obter a mesma produção com maior eficiência no consumo de água utilizando o desbaste, e que tal técnica poderia servir para mitigação do risco de déficit hídrico.

4.3.4. Síntese Gráfica – Aspectos Quantitativos

As Figuras de 7 a 9 apresentam sínteses gráficas a respeito dos aspectos quantitativos. Em geral, a I em bacias com cultivo de eucalipto foi menor do que em áreas com florestas de Pinus, florestas mistas e Mata Atlântica (GROPPO et al., 2019; SARI; DE PAIVA; DE PAIVA, 2016; HUBER, 2010; ZHOU, 2002), e maior que em áreas com pastagens (REICHERT et al., 2017). Em alguns casos, a ET atingiu valores acima da PR, o que foi relacionado à absorção da água subterrânea pelas raízes do eucalipto (DRESEL et al., 2018). Também foi reportado que o rebaixamento do lençol freático e/ou o armazenamento de água no solo podem ser influenciados pela densidade de árvores e pelo número da rotação, por exemplo

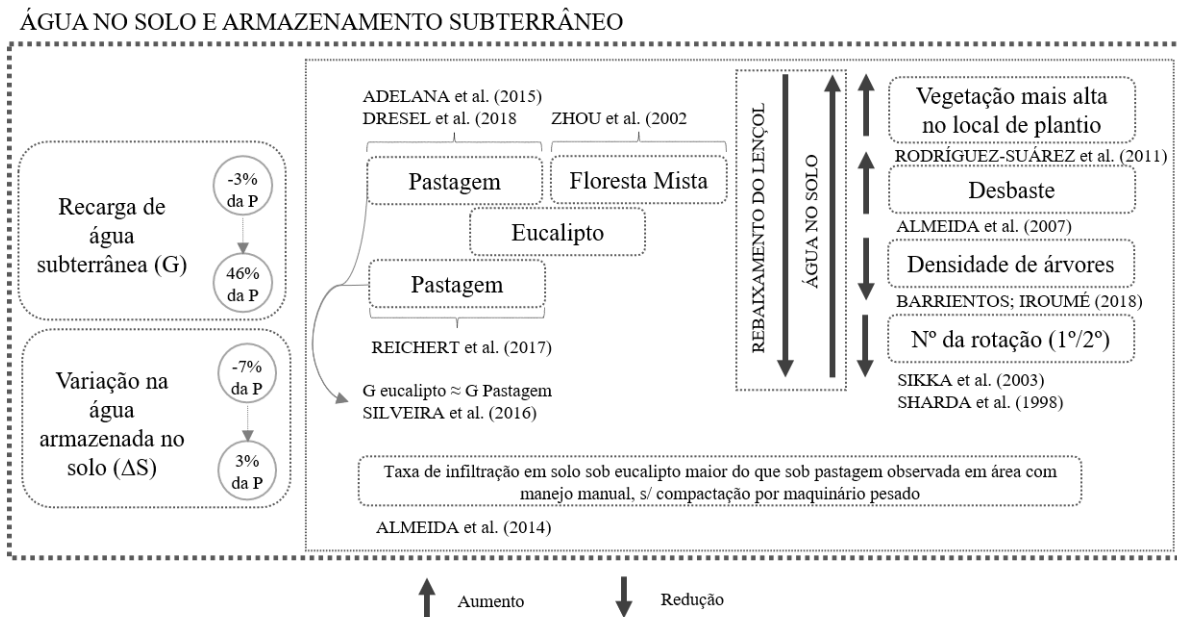
(BARRIENTOS; IROUMÉ, 2018; SIKKA et al., 2003; SHARDA et al., 1998) . Quanto à vazão nos corpos hídricos, de maneira geral foi observada redução após o plantio e aumento após o corte raso, mas houveram autores que não reportaram diferenças significativas.

Figura 7 - Síntese gráfica dos principais conceitos abordados em artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito da evapotranspiração em bacias com cultivo de eucalipto.



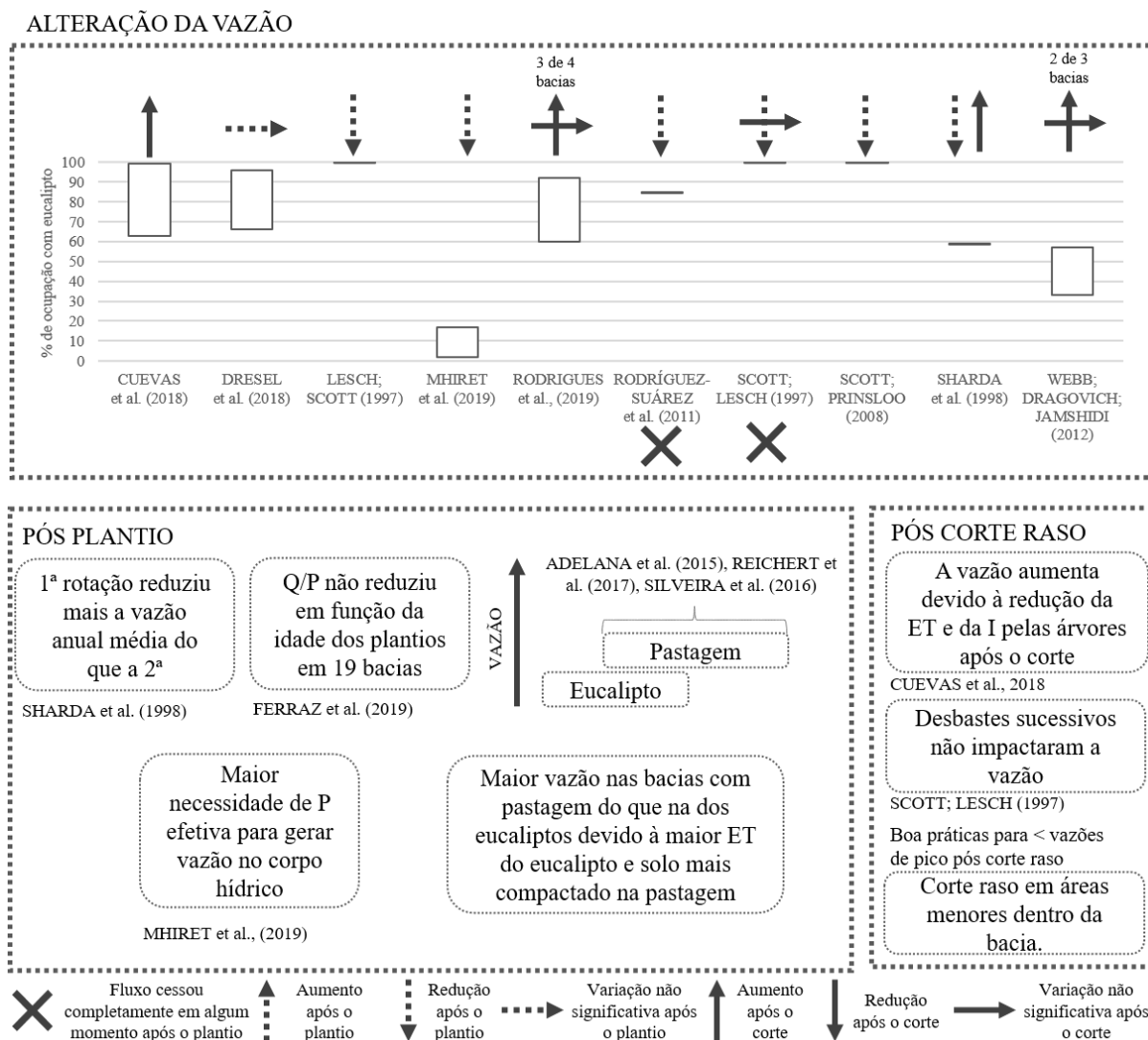
Fonte: produção da própria autora.

Figura 8 - Síntese gráfica dos principais conceitos abordados em artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito da água no solo e do armazenamento subterrâneo em bacias com cultivo de eucalipto.



Fonte: produção da própria autora.

Figura 9 - Síntese gráfica dos principais conceitos abordados em artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito da alteração da vazão em bacias com cultivo de eucalipto.



Fonte: produção da própria autora.

4.4. Depleção de nutrientes do solo

A composição dos solos em diferentes áreas varia em relação à concentração de nutrientes, ao percentual de matéria orgânica e à composição granulométrica, por exemplo. Tais propriedades se modificam continuamente ao longo do espaço, e é importante monitorá-las para basear a aplicação de fertilizantes à escala local (BEWKET; STROOSNIJDER, 2003). Estudar as propriedades do solo também pode fornecer informações relevantes para a implementação de práticas de manejo que visem a melhorar a qualidade da água (OYARZÚN et al., 2011).

A concentração de nutrientes no solo sofre acréscimos e decréscimos, à medida que o terreno é manejado. As perdas de nutrientes em florestas plantadas ocorrem devido à exportação

na colheita, erosão, corte e queima, perdas atmosféricas e lixiviação (MACKENSEN et al., 2003). Embora o uso de fertilizantes seja essencial para evitar a depleção de nutrientes do solo, também é possível reduzir as exportações pela seleção de espécies mais eficientes, uso de menores densidades de plantio e realização de rotações mais longas (MERINO et al., 2005).

A solução do solo representa a principal fonte de nutrientes para a absorção pelas raízes das plantas. Segundo Faquin e Rodas (2015), Neto et al. (2001) e Malavolta (2006), há três mecanismos que governam tal processo: interceptação radicular, fluxo de massa e difusão. A interceptação radicular é o encontro do nutriente no solo pela planta, com pouca contribuição para a maioria dos elementos, devido ao pequeno volume de raízes no solo. O fluxo de massa, por sua vez, é o transporte de nutrientes pela solução do solo até a superfície das raízes de forma convectiva, pelo processo constante de absorção de água realizado pela planta. A importância desse processo, altamente influenciado pela precipitação e irrigação, varia em função do nutriente, da idade da planta, do tipo de solo e da espécie. É de baixa relevância para P e K e essencial para enxofre (S), N, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e para os micronutrientes. Por fim, o processo de difusão é o transporte de nutrientes no sistema aquoso estacionário, devido a um gradiente de concentração entre a solução e a superfície das raízes. Ocorre de forma lenta, próximo à superfície radicular (0 a 10mm), e é importante principalmente para o P e para o K. Esse mecanismo depende, portanto, do crescimento radicular, sendo maior quanto maior for a área de contato.

Tais mecanismos dependem dos ciclos dos nutrientes no solo. Segundo Neto et al. (2001), o N_2 atmosférico pode ser fixado por microrganismos e transformado em N orgânico, o qual posteriormente é convertido a N inorgânico por microrganismos decompositores (mineralização). O N_2 também pode ser convertido em NO_2^- por descargas atmosféricas, e no solo é convertido em NO_3^- . As plantas absorvem o N na forma de NH_4^+ , que pode se fixar em partículas coloidais negativamente carregadas, ou NO_3^- , que tende a permanecer em solução e é mais suscetível à lixiviação. Nas camadas superficiais do solo há um predomínio de NH_4^+ , enquanto nas camadas mais profundas o NO_3^- tende a ser predominante. O N no solo é transformado por mineralização, imobilização, nitrificação e desnitrificação.

Conforme os mesmos autores, o P é o nutriente exigido em menor quantidade pelas plantas. No entanto, é aplicado em grande quantidade nos solos brasileiros devido a sua tendência a formar compostos de baixa solubilidade ao reagir com os componentes do solo. A disponibilidade de P na solução tem relação direta com a acidez do solo, sendo que para pH entre 4 e 9 as formas predominantes são $H_2PO_4^-$, $H_2PO_4^{2-}$ e PO_4^{3-} . O P pode ser precipitado com íons de Alumínio (Al), Ferro (Fe) e Ca ou ser adsorvido à superfície de argilas, óxidos

hidratados de Fe, Al, ou Ca, em que parte fica disponível, podendo retornar à solução, e parte fica irreversivelmente adsorvida. Com o tempo, o P disponível pode formar ligações mais estáveis com o Fe, Al e Ca, deixando de ser disponível à solução. Por fim, também há o P orgânico, cuja liberação para a solução do solo depende da desforforilação promovida pela enzima fosfatase.

A concentração de K na solução do solo costuma ser maior do que a de P, porém para suprir as exigências das culturas é necessário que o nutriente adsorvido na fase sólida restitua o que foi utilizado pelas plantas. Isso é possível pela disponibilização dos íons K adsorvidos fracamente aos coloides (matéria orgânica, caulinita e óxidos hidratados de Fe e Al). Ao mesmo tempo, o K disponível na solução pode ser lixiviado, mas as perdas podem ser reduzidas pelo uso de fertilizantes menos solúveis ou com ânions menos móveis no solo.

Tendo em vista os ciclos dinâmicos dos nutrientes, o manejo dos plantios de eucalipto pode acarretar a depleção de nutrientes nos solos cultivados. Em estudo realizado por Merino et al. (2005) em seis plantações de eucalipto de 13 a 24 anos, foi estimado que a remoção do caule e da casca do eucalipto na colheita exportou de 71% a 75% dos nutrientes contidos na árvore. No entanto, se fosse realizada a remoção do caule, mas a casca fosse mantida no local, o percentual passaria a ser de 37% a 57%. Especificamente em relação ao N, P e K, o total consumido em 18 anos pelo eucalipto foi 604,2 kg ha⁻¹ de N, 30,6 kg ha⁻¹ de P, e 247,7 kg ha⁻¹ de K, e que 80,4 kg ha⁻¹ de N (13,3%), 3,6 kg ha⁻¹ de P (11,8%), e 41,6 kg ha⁻¹ de K (16,8%) estavam acumulados na casca das árvores. Destacaram também que a quantidade total de K removido durante colheita foi maior do que a quantidade disponível no solo (114,3 kg ha⁻¹ de K), mostrando o potencial de depleção de nutrientes dos cultivos de eucalipto, caso não haja reposição por fertilização.

Em análise semelhante, Mackensen et al. (2003), realizaram estudo com base em dados globais e estimaram que para uma produção de 200m³ ha⁻¹ de *Eucalyptus deglupta* houve consumo de 75 kg ha⁻¹ N, 3,7 kg ha⁻¹ P e 206 kg ha⁻¹ K pela colheita de uma rotação. No caso, as cascas das árvores continham 31% do total de N consumido pela colheita, 39% de P e 43% de K, e a manutenção da casca no solo após a colheita poderia ajudar a reduzir as perdas de nutrientes. Por outro lado, os autores reportaram que a colheita representou 18% da perda total de N, 30% de P e 56% de K, e que o restante foi perdido por erosão, queima da massa residual (volatilização) e lixiviação. Assim, embora a manutenção dos restos da colheita possa reduzir a depleção de nutrientes do solo, há outros processos que podem ser controlados para reduzir o impacto do cultivo. Dentre eles, a lixiviação e a erosão podem impactar diretamente a qualidade

da água dos corpos hídricos que drenam bacias com cultivo de eucalipto devido à exportação de nutrientes e sedimentos.

A disponibilidade de nutrientes sob o solo cultivado com eucalipto também foi comparada a outros tipos de plantios. Negasa (2020) comparou uma área cultivada com trigo, uma área com pastagem nativa e uma área com plantio de eucalipto com quatro anos na Etiópia - Oromia. Foi observada diferença significativa entre o K dos diferentes tipos de uso na camada de 0 a 15 cm, sendo que para a área cultivada com trigo foi 0,42 meq/100g, para a área com eucalipto foi 0,29 meq/100g e para a área com pastagem foi 0,23 meq/100g. Os autores justificaram que a maior concentração de K na área cultivada com trigo pode estar relacionada ao tipo de fertilizante artificial aplicado em tais áreas. Além disso, as raízes profundas do eucalipto podem propiciar o movimento descendente dos cátions das camadas superiores para as inferiores. Não foi observada diferença significativa entre os cultivos para NT e P disponível nas camadas avaliadas.

Do mesmo modo, Lebenya, Van Huyssteen e Du Preez (2018) estudaram a alteração no estoque de N armazenado no solo após oito anos de conversão de uso de pastagem para Eucalipto, na África do Sul - Cabo Oriental. Os autores estimaram que o estoque de NT na camada de 0 a 30 cm do solo reduziu em 0,47 Mg NT ha⁻¹ durante o período, ou seja, o cultivo de eucalipto causou depleção de 0,06 Mg NT ha⁻¹ ano⁻¹ na camada de estudo. Em uma área com *Pinus patula*, houve aumento de 0,11 Mg NT ha⁻¹ ano⁻¹, o que segundo os autores pode significar que o N não foi limitante para o plantio e/ou que ocorreu entrada de biomassa no solo. As diferenças entre as espécies, as quais regulam a rotação de carbono e N no solo, podem estar relacionadas à variação do estoque de N observada após o plantio.

Bewket e Stroosnijder (2003), por sua vez, compararam a concentração de nutrientes no solo de áreas com eucalipto a áreas com floresta nativa, pastagens e áreas com cultivos alimentícios (milho, trigo, cevada, batata, etc.) na Etiópia - Amara. Os autores reportaram diferença significativa no NT do solo do eucalipto (0,2%-0,4%) e da floresta nativa (0,3%-1,0%), que justificaram devido à diferença de matéria orgânica, fatores climáticos, intensidade de erosão e lixiviação e textura do solo. Além disso, o P disponível teve diferença significativa em relação ao obtido para as áreas cultivadas (1,5 ppm-8,0 ppm para o eucalipto e 8,1 ppm-35,8 ppm para a área cultivada). Segundo os autores, tal fato pode indicar que há maior extração de P pelos plantios de eucalipto, maior imobilização de P por microrganismos, ou ainda que a utilização de esterco de gado como fertilizante nas áreas com cultivo pode ter influenciado. Por fim, não houve diferença entre a distribuição de K no solo com eucalipto e nos outros tipos de

uso do solo, e observaram maior densidade de raízes nos plantios de eucalipto que nas demais áreas estudadas.

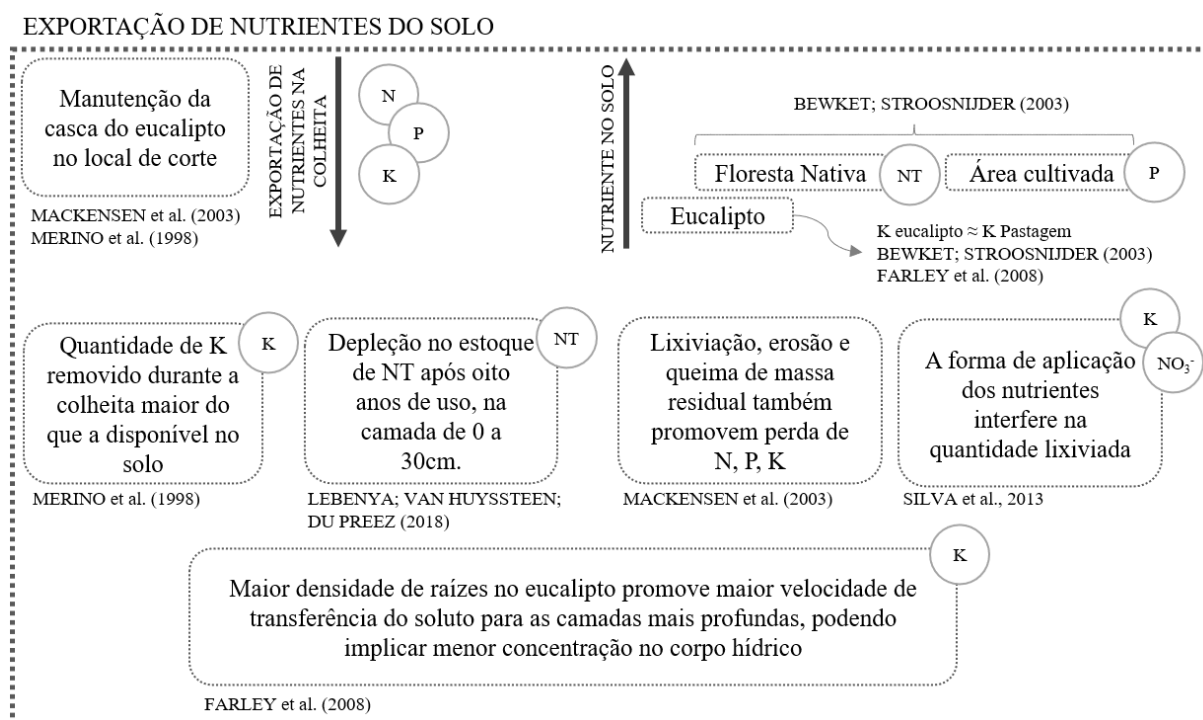
No Uruguai - Lavalleja, Farley et al. (2008) também não reportaram diferença significativa entre a concentração de K no solo com eucalipto quando comparado à área com pastagem. Tal fato ocorreu a despeito de terem observado que a concentração de K na água do corpo hídrico que drenava bacia com eucalipto foi significativamente menor do que no que drenava área de pastagem. Também foi observada uma densidade de raízes maior no solo dos plantios que nas pastagens, o que pode implicar redução no volume dos poros, influenciando a taxa de retenção e infiltração de água. Com isso, os autores destacaram que a alteração química da água pode ter ocorrido devido à mudança dos caminhos de fluxo, visto que o padrão de enraizamento entre pastagens e plantações de eucalipto são diferentes. Reportaram que a maior velocidade da transferência da água para as camadas mais profundas do solo pode fazer com que a concentração do soluto seja mais baixa nos plantios do que nas pastagens, devido ao menor tempo para que as águas de baixa força iônica se equilibrem com a matriz do solo.

Dada a depleção de nutrientes no solo causada pelo cultivo de eucalipto, a fertilização mineral se faz necessária. Visando a testar a influência do manejo de fertilizantes sobre a lixiviação de nutrientes pelo solo arenoso, Silva et al. (2013) realizaram experimento em escala real em área localizada no Brasil - São Paulo. O experimento consistiu em adicionar a mesma quantidade de fertilizante nos cultivos de eucalipto de duas maneiras diferentes: i) em quatro frações divididas ao longo do tempo ou ii) em uma única dose. O objetivo foi verificar a perda de nutrientes por infiltração no solo em duas profundidades diferentes após dois anos de plantio. À profundidade 0,2 m, a quantidade lixiviada de NO_3^- foi $5,6 \text{ kg ha}^{-1}$ pelo método de aplicação i e $7,2 \text{ kg ha}^{-1}$ pelo método de aplicação ii. À profundidade 0,9m, foi $5,6 \text{ kg ha}^{-1}$ e $8,6 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente pelos métodos i e ii. O mesmo teste foi realizado para o K, e a quantidade lixiviada à profundidade 0,2m foi 59 kg ha^{-1} pelo método i e 70 kg ha^{-1} pelo método ii. À profundidade 0,9m foi $8,3 \text{ kg ha}^{-1}$ pelo método i e 40 kg ha^{-1} pelo método ii. Portanto, dividir as fertilizações em partes implicou menor quantidade lixiviada de NO_3^- e K às profundidades analisadas, cabendo destacar que não houve divergências de produtividade entre os tratamentos.

4.4.1. Síntese gráfica

A respeito dos nutrientes no solo, conforme apresentado na Figura 10, em geral, o cultivo de eucalipto promoveu sua depleção. Foi reportado que tal efeito poderia ser mitigado com a manutenção dos resíduos florestais no solo, após a colheita (MACKENSEN et al., 2003; MERINO et al., 1998). Além disso, foi indicado que a forma de aplicação dos fertilizantes minerais teve influência sobre a ocorrência de lixiviação, indicando que é possível reduzir a condução de nutrientes para as águas superficiais e subterrâneas, utilizando manejo adequado (SILVA et al., 2013).

Figura 10 - Síntese gráfica dos principais conceitos abordados em artigos selecionados na plataforma Web of Science™ a respeito da exportação de nutrientes do solo em bacias com cultivo de eucalipto.



Fonte: produção da própria autora.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No presente estudo, foram levantados artigos que abordaram os efeitos das florestas plantadas de eucalipto sobre corpos hídricos, com foco em aspectos qualitativos e quantitativos da água, e sobre os nutrientes no solo. A partir da revisão realizada, em que foram analisados detalhadamente 58 artigos sobre esses temas, de maneira geral concluiu-se que a silvicultura de eucalipto pode impactar negativamente os corpos hídricos e os ambientes terrestres adjacentes nos casos em que os cultivos de eucalipto são realizados sem os devidos cuidados de manejo. Foram estabelecidas as seguintes conclusões e recomendações:

i. A maior quantidade de artigos abordou aspectos quantitativos, o que mostrou a grande preocupação em relação ao impacto ambiental associado ao consumo de água pelos plantios de eucalipto. Tal preocupação se justificou, uma vez que a ET ultrapassou a PR em alguns casos, com valores de ET até 178% da PR. Com isso, houve redução e aumento da vazão nos corpos hídricos após o plantio e após o corte raso, respectivamente, além do rebaixamento do nível do lençol freático após o plantio em algumas bacias estudadas. Assim, em função das características climáticas e dos demais usos da água na bacia, é possível que os cultivos de eucalipto comprometam parcela significativa da água disponível.

ii. A respeito dos aspectos qualitativos foi possível concluir que a perda de solo em área de solo exposto foi maior do que em áreas com cultivo de eucalipto. Além disso, o canal dos corpos hídricos foi indicado como principal fonte de sedimentos, seguido dos talhões de eucalipto e das estradas não pavimentadas. Isso mostrou a importância de manejar adequadamente os ambientes terrestres do entorno para proteção dos ambientes aquáticos e diminuição da exportação de sólidos para a rede de drenagem à jusante.

iii. A exportação de nutrientes não apresentou padrão geral, devido aos diferentes tipos de manejo realizados, com variações na área de corte e na fertilização, por exemplo. A concentração de nutrientes em corpos hídricos que drenam bacias com cultivo de eucalipto, em comparação a outros tipos de uso, variou em função do nutriente e do local, e também não foi possível observar padrão único nos resultados.

iv. De maneira geral, não houve uma tendência única observada pelos autores dentro de um mesmo tema quanto ao aumento ou redução dos aspectos qualitativos e quantitativos dos componentes da água e do solo que foram avaliados. Isso se deve: i) aos diferentes delineamentos experimentais e métodos de campo e laboratório considerados pelas pesquisas; ii) às diferentes estratégias de manejo utilizadas nos cultivos, referentes à fertilização, percentual de uso do solo, espaçamento das árvores, manutenção da mata ciliar, etc.; iii) aos

diferentes tipos de uso do solo prévios ao plantio de eucalipto, como pastagens ou vegetação nativa, que influenciam a disponibilidade inicial de nutrientes no solo e o seu grau de compactação, por exemplo; iv) às diferentes características edáficas, de declividade, pluviométricas e climatológicas; v) às diferentes espécies de eucalipto, as quais não foram discutidas neste estudo. Desse modo, recomenda-se que modelagens a respeito dos efeitos dos cultivos de eucalipto sobre os parâmetros analisados na presente revisão, façam avaliações em escala local, com dados os mais específicos possíveis para a área objeto do estudo. Tais estudos podem ser utilizados para auxiliar na gestão de bacias hidrográficas.

v. Como boa prática, a manutenção de talhões com diferentes idades dentro da bacia pode promover um uso de água mais heterogêneo do ponto de vista espacial e potencialmente com menor impacto em períodos críticos de estiagem. A diferença de idades dos talhões também permite que o corte raso seja realizado em áreas menores dentro da bacia, com menor influência sobre a Q dos corpos hídricos. Além disso, a manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo diminui a perda de solo e conseqüentemente de nutrientes, bem como diminui a exportação de nutrientes na colheita. Com isso, pode haver menor impacto das exportações de nutrientes e sedimentos nos corpos hídricos, e possivelmente a menor necessidade de aplicação de fertilizantes minerais para reposição de nutrientes no solo.

vi. Para complementar a compreensão dos efeitos dos plantios de eucalipto em corpos hídricos, recomenda-se que novos estudos a respeito dos nutrientes em ambientes aquáticos também incorporem análises do solo, visando a construir relações integradas de causa e efeito entre esses dois compartimentos.

REFERÊNCIAS

- ADELANA, S. M. et al. A comparison of streamflow, salt and water balances in adjacent farmland and forest catchments in south-western Victoria, Australia. **Hydrological Processes**, v. 29, n. 6, p. 1630–1643, 15 mar. 2015.
- ALMEIDA, A. C. et al. Growth and water balance of Eucalyptus grandis hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. **Forest Ecology and Management**, v. 251, n. 1–2, p. 10–21, 30 out. 2007.
- ALMEIDA, A. Q. et al. Modeling of water infiltration in soil cultivated with eucalyptus and pasture. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 148–153, 2014.
- ALMEIDA, A. Q. et al. Índice de área foliar de eucalyptus estimado por índices de vegetação utilizando imagens TM - landsat 5. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 368–376, 2015.
- ALMEIDA, A. Q.; RIBEIRO, A.; LEITE, F. P. Modelagem do balanço hídrico em microbacia cultivada com plantio comercial de Eucalyptus grandis X urophylla no leste de Minas Gerais, Brasil. **Revista Arvore**, v. 37, n. 3, p. 547–556, maio 2013.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis, *Journal of Informetrics*, 11(4), pp 959-975, 2017.
- BARRIENTOS, G.; IROUMÉ, A. The effects of topography and forest management on water storage in catchments in south-central Chile. **Hydrological Processes**, v. 32, n. 21, p. 3225–3240, 15 out. 2018.
- BENYON, R. G. et al. **Plantation forest water use in southwest Victoria**. Melbourne, Victoria: Forest & Wood Products Australia, 2009.
- BENYON, R. G.; DOODY, T. M. Comparison of interception, forest floor evaporation and transpiration in Pinus radiata and Eucalyptus globulus plantations. **Hydrological Processes**, v. 29, n. 6, p. 1173–1187, 15 mar. 2015.
- BEST, A. et al. **A critical review of paired catchment studies with reference to seasonal flows and climatic variability**. Murray-Darling Basing Comission, 2003.
- BEWKET, W.; STROOSNIJDER, L. Effects of agroecological land use succession on soil properties in Chemoga watershed, Blue Nile basin, Ethiopia. **Geoderma**, v. 111, n. 1–2, p. 85–98, jan. 2003.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. *Bragantia*, v. 59, p. 125-137, 2000.
- BULCOCK, H. H.; JEWITT, G. P. W. Field data collection and analysis of canopy and litter interception in commercial forest plantations in the KwaZulu-Natal Midlands, South Africa. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 16, n. 10, p. 3717–3728, 2012.
- CÂNDIDO, B. M. et al. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1565–1575, 2014.

CARDOSO, A. T.; KOBAYAMA, M.; GRISON, F. **Problemas na estimativa de sólidos em suspensão associados à elaboração da curva-chave para sensor de turbidez.** In: X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Anais [...], Foz do Iguaçu, 2012.

CARVALHO, A. P. V. et al. Net Precipitation and Recharge of Groundwater in Riacho Fundo Watershed, Felixlândia-Mg. **Revista Árvore**, v. 40, n. 6, p. 965–971, 2016.

CHAGAS, D. S. **Relação entre concentração de sólidos suspensos e turbidez da água medida com sensor de retroespalhamento óptico.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro De Ciências Agrárias, Ambientais E Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, p. 78, 2015.

CHERKASOV, N.; IBHADON, A. O.; FITZPATRICK, P. A review of the existing and alternative methods for greener nitrogen fixation. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 90, p. 24–33, 2015.

CLARIVATE. **KeyWords Plus generation, creation, and changes.** Disponível em: <https://support.clarivate.com/ScientificandAcademicResearch/s/article/KeyWords-Plus-generation-creation-and-changes?language=en_US>. Acesso em: 19 ago. 2021.

CUEVAS, J. G. et al. Nutrient and sediment losses to streams after intervention of Eucalyptus plantations. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 18, n. 2, p. 576–596, 2018.

DODDS, W. K. Eutrophication and trophic state in rivers and streams. **Limnology and Oceanography**, v. 51, n. 1, p. 671–680, 2006.

DRESEL, P. E. et al. Effect of Eucalyptus plantations, geology, and precipitation variability on water resources in upland intermittent catchments. **Journal of Hydrology**, v. 564, p. 723–739, 1 set. 2018.

DYE, P. A review of changing perspectives on Eucalyptus water-use in South Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 51–57, 1 ago. 2013.

ENKU, T. et al. Groundwater use of a small Eucalyptus patch during the dry monsoon phase. **Biologia**, v. 75, n. 6, p. 853–864, 1 jun. 2020.

FAO. **World fertilizer trends and outlook to 2020.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 2017.

FAO. **FAOSTAT - Consumo anual de fertilizantes.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: mar. 2021.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2020.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 2020.

FAQUIN, V.; RODAS, C. L. **Funções dos Nutrientes nas Plantas.** Lavras: Centro de Educação a Distância da Universidade Federal de Lavras, 2015.

FARLEY, K. A. et al. Stream acidification and base cation losses with grassland afforestation. **Water Resources Research**, v. 45, n. 7, 1 jul. 2008.

FERRAZ, S. F. B.; LIMA, W. DE P.; RODRIGUES, C. B. Managing forest plantation landscapes for water conservation. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 58–66, 1 ago. 2013.

- FERRAZ, S. F. DE B. et al. Effects of Eucalyptus plantations on streamflow in Brazil: Moving beyond the water use debate. **Forest Ecology and Management**, v. 453, 1 dez. 2019.
- FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005.
- FORRESTER, D. I.; COLLOPY, J. J.; MORRIS, J. D. Transpiration along an age series of Eucalyptus globulus plantations in southeastern Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1754–1760, 15 abr. 2010.
- GALLOWAY, J. N. et al. Nitrogen cycles: Past, present, and future. **Biogeochemistry**, v. 70, p. 153–226, 2004.
- GANBA, O. S. et al. Hydrological Balance in a Eucalyptus Plantation Watershed in Minas Gerais (Brazil). **Soil Science**, v. 181, n. 7, p. 347–357, 1 jul. 2016.
- GARDIMAN JUNIOR, B. S. et al. Variáveis-chave para determinação da qualidade da água em microbacias com plantios de eucalipto. **Ciencia Florestal**, v. 28, n. 1, p. 127–140, 1 jan. 2018.
- GATTO, A. et al. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de minas gerais. **Revista Árvore**, v.35, n.4, p.895-905, 2011.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: The Brazilian experience. **Southern Forests**, v. 70, n. 2, p. 105–118, 2008.
- GROPPO, J. D. et al. Canopy water retention capacity: Comparison between the Atlantic Rainforest and the forest plantation of eucalypt. **Ciencia Florestal**, v. 29, n. 1, p. 96–104, 1 jan. 2019.
- HARDIE, M. et al. Effects of Eucalypt and Acacia plantations on soil water in Sumatra. **New Forests**, v. 49, n. 1, p. 87–104, 1 jan. 2018.
- HERVÉ-FERNANDEZ, P.; OYARZÚN, C. E.; WOELFL, S. Throughfall enrichment and stream nutrient chemistry in small headwater catchments with different land cover in southern Chile. **Hydrological Processes**, v. 30, n. 26, p. 4944–4955, 30 dez. 2016.
- HUBER, A. et al. Efecto de plantaciones de Pinus radiata y Eucalyptus globulus sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de la región del Biobío, Chile. **Bosque**, v. 31, n. 3, p. 219–230, 2010.
- IBÁ. **Relatório Anual**. Indústria Brasileira de Árvores, São Paulo, SP, 2020.
- JALETA, D. et al. Effect of Eucalyptus expansion on surface runoff in the central highlands of Ethiopia. **Ecological Processes**, v. 6, n. 1, 1 dez. 2017.
- KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: De Nutriente À Poluente! **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1713–1721, 2013.
- LANE, P. N. J. et al. Water balance of tropical eucalypt plantations in south-eastern China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 124, n. 3–4, p. 253–267, 20 ago. 2004.

LARA, A. et al. Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 4, p. 415–424, 30 jul. 2009.

LEBENYA, R. M.; VAN HUYSTEEN, C. W.; DU PREEZ, C. C. Change in soil organic carbon and nitrogen stocks eight years after conversion of sub-humid grassland to Pinus and Eucalyptus forestry. **Soil Research**, v. 56, n. 3, p. 318–330, 2018.

LESCH, W.; SCOTT, D. F. The response in water yield to the thinning of Pinus radiata, Pinus patula and Eucalyptus grandis plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 99, n. 3, p. 295–307, 15 dez. 1997.

MACKENSEN, J. et al. Assessment of Management-dependent Nutrient Losses in Tropical Industrial Tree Plantations. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 32, n. 2, p. 106, 2003.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Editora Agronomica Ceres LTDA, 2006.

MATSON, P. A. et al. Agricultural intensification and ecosystem properties. **Science**, v. 277, n. 5325, p. 504–509, 1997.

MELLO, K. DE et al. Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 270, n. March, p. 110879, 2020.

MERINO, A. et al. Nutrient exports under different harvesting regimes in fast-growing forest plantations in southern Europe. **Forest Ecology and Management**, v. 207, n. 3, p. 325–339, 21 mar. 2005.

MHIRET, D. A. et al. Impact of soil conservation and eucalyptus on hydrology and soil loss in the Ethiopian highlands. **Water**, v. 11, n. 11, 1 nov. 2019.

MHIRET, D. A. et al. A nine-year study on the benefits and risks of soil and water conservation practices in the humid highlands of Ethiopia: The Debre Mawi watershed. **Journal of Environmental Management**, v. 270, 15 set. 2020.

MIGUEL, P. et al. Identificação de fontes de produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica de encosta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 585–598, 2014.

NEGASA, D. J. Effects of Land Use Types on Selected Soil Properties in Central Highlands of Ethiopia. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2020, 2020.

NETO, A. E. F. et al. **Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA - Universidade de Lavras. FAEPE - Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 2001.

OGASAWARA, M. E. K. et al. Runoff and sediment yield from forested catchments under varying management intensities: Insights from a subtropical region of Brazil. **Land Degradation and Development**, 2020.

OLIVEIRA, F. P. DE et al. Avaliação de perdas de solo em estradas florestais não pavimentadas no Vale do Rio Doce, Minas Gerais Soil loss assessment on unpaved forest roads at the Rio Doce Valley, Minas Gerais state, Brazil. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 331–339, 2010.

- OUYANG, L. et al. Stand-scale transpiration of a *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* plantation and its potential hydrological implication. **Ecohydrology**, v. 11, n. 4, 1 jun. 2018.
- OYARZÚN, C. E. et al. Soil hydrological properties and sediment transport in two headwater catchments with different vegetative cover at the Coastal Mountain Range in southern Chile. **Bosque**, v. 32, n. 1, p. 10–19, 2011.
- PAYN, T. et al. Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 57–67, 2015.
- REICHERT, J. M. et al. Water balance in paired watersheds with eucalyptus and degraded grassland in Pampa biome. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 237–238, p. 282–295, 1 maio 2017.
- ROBINSON, M. et al. Studies of the impact of forests on peak flows and baseflows: A European perspective. **Forest Ecology and Management**, v. 186, n. 1–3, p. 85–97, 5 dez. 2003.
- RODRIGUES, C. B. **Efeitos do manejo de florestas plantadas de Eucalyptus sobre os recursos hídricos superficiais na escala de microbacias hidrográficas**. 166p.: Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.
- RODRIGUES, C. B. et al. Eucalyptus short-rotation management effects on nutrient and sediments in subtropical streams. **Forests**, v. 10, n. 6, p. 1–13, 1 jun. 2019.
- RODRIGUES, M. F. et al. Coarse and fine sediment sources in nested watersheds with eucalyptus forest. **Land Degradation and Development**, v. 29, n. 8, p. 2237–2253, 1 ago. 2018.
- RODRÍGUEZ-SUÁREZ, J. A. et al. Influence of *Eucalyptus globulus* plantation growth on water table levels and low flows in a small catchment. **Journal of Hydrology**, v. 396, n. 3–4, p. 321–326, 13 jan. 2011.
- SARI, V.; DE PAIVA, E. M. C. D.; DE PAIVA, J. B. D. Interceptação da chuva em diferentes formações florestais na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 1, p. 65–79, 2016.
- SCOTT, D. F.; LESCH, W. Streamflow responses to afforestation with *Eucalyptus grandis* and *Pinus patula* and to felling in the Mokobulaan experimental catchments, South Africa. **Journal of Hydrology**, v. 199, p. 360–377, 1997.
- SCOTT, D. F.; PRINSLOO, F. W. Longer-term effects of pine and eucalypt plantations on streamflow. **Water Resources Research**, v. 45, n. 7, 1 jul. 2008.
- SHARDA, V. N. et al. Hydrological behaviour of first generation coppiced bluegum plantations in the Nilgiri sub-watersheds. **Journal of Hydrology**, v. 211, n. 1–4, p. 50–60, nov. 1998.
- SHELDRIK, W. F.; SYERS, J. K.; LINGARD, J. A conceptual model for conducting nutrient audits at national, regional, and global scales. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 62, p. 61–72, 2002.

- SIKKA, A. K. et al. Low flow and high flow responses to converting natural grassland into bluegum (*Eucalyptus globulus*) in Nilgiris watersheds of South India. **Journal of Hydrology**, v. 270, n. 1–2, p. 12–26, 10 jan. 2003.
- SILVA, D. M. L. et al. Can land use changes alter carbon, nitrogen and major ion transport in subtropical Brazilian streams? **Scientia Agricola**, v. 64, n. 4, p. 317–324, 2007.
- SILVA, P. H. M. DA et al. Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and nutrient cycling. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 67–78, 2013.
- SILVA, M. A. et al. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do vale do Rio Doce, MG. **Ciencia Florestal**, v. 21, n. 4, p. 765–776, 2011.
- SILVEIRA, L. et al. Effects of afforestation on groundwater recharge and water budgets in the western region of Uruguay. **Hydrological Processes**, v. 30, n. 20, p. 3596–3608, 30 set. 2016.
- TABOADA-CASTRO, M. M.; RODRÍGUEZ-BLANCO, M. L.; TABOADA-CASTRO, M. T. Assessing the Influence of Catchment Land-Use Patterns on the Nutrients and Major Ions Chemistry of Drainage Water. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 44, n. 1–4, p. 422–428, 2013.
- TILMAN, D. et al. Forecasting agriculturally driven global environmental change. **Science**, v. 292, n. 5515, p. 281–284, 2001.
- VALENTE, M. L. et al. Quantification of sediment source contributions in two paired catchments of the Brazilian Pampa using conventional and alternative fingerprinting approaches. **Hydrological Processes**, v. 34, n. 13, p. 2965–2986, 30 jun. 2020.
- VILLA, A.; FÖLSTER, J.; KYLLMAR, K. Determining suspended solids and total phosphorus from turbidity: comparison of high-frequency sampling with conventional monitoring methods. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, n. 10, 2019.
- VITOUSEK, P. M. et al. Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. **Ecological Applications**, v. 7, n. 3, p. 737–750, 1997.
- WANG, Y. et al. Estimating soil nitrate leaching of nitrogen fertilizer from global meta-analysis. **Science of the Total Environment**, v. 657, p. 96–102, 2019.
- WEBB, A. A.; DRAGOVICH, D.; JAMSHIDI, R. Temporary increases in suspended sediment yields following selective eucalypt forest harvesting. **Forest Ecology and Management**, v. 283, p. 96–105, 2012.
- WHITE, D. A. et al. Managing for water-use efficient wood production in *Eucalyptus globulus* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 331, p. 272–280, 1 nov. 2014.
- ZHOU, G.; WEI, X.; YAN, J. Impacts of eucalyptus (*Eucalyptus exserta*) plantation on sediment yield in Guangdong Province, Southern China - A kinetic energy approach. **Catena**, v. 49, n. 3, p. 231–251, 31 out. 2002.
- ZHOU, G. Y. et al. Hydrological impacts of reafforestation with eucalypts and indigenous species: A case study in southern China. **Forest Ecology and Management**, v. 167, n. 1–3, p. 209–222, 15 ago. 2002.

APÊNDICE

Tabela 10 - Lista dos 596 artigos Levantados Pela Aplicação Dos Filtros Na Plataforma Web Of Science™, ordenados em ordem alfabética. Em negrito são indicados os artigos selecionados.

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
1	A combined approach to establishing the timing and magnitude of anthropogenic nutrient alteration in a mediterranean coastal lake- watershed system	Fuentealba, M. et al.	2020
2	A comparison of phosphorus and DOC leachates from different types of leaf litter in an urban environment	Wallace, TA. et al.	2008
3	A comparison of streamflow, salt and water balances in adjacent farmland and forest catchments in south-western Victoria, Australia	Adelana, SM. et al.	2015
4	A comparison of the water use of tree belts and pasture in recharge and discharge zones in a saline catchment in the Central West of NSW, Australia	Crosbie, RS. et al.	2008
5	A cross-continental comparison of stream invertebrate community assembly to assess convergence in forested headwater streams	Garcia, L. et al.	2014
6	A flood history weighted index of average root-zone salinity for assessing flood impacts on health of vegetation on a saline floodplain	Slavich, PG. et al.	1999
7	A Global Assessment of the Effects of Eucalyptus Plantations on Stream Ecosystem Functioning	Ferreira, V. et al.	2019
8	A late Holocene vegetation and environment record from Byenup Lagoon, south-western Australia	Dodson, JR. et al.	2000
9	A multiscale analysis of land use dynamics in the buffer zone of Rio Doce State Park, Minas Gerais, Brazil	de Oliveira, BR. et al.	2020
10	A nine-year study on the benefits and risks of soil and water conservation practices in the humid highlands of Ethiopia: The Debre Mawi watershed	Mhired, DA. et al.	2020
11	A novel approach to estimate direct and indirect water withdrawals from satellite measurements: A case study from the Incomati basin	van Eekelen, MW. et al.	2015
12	A pristine environment and water quality in perspective: Maliau Basin, Borneo's mysterious world	Bin Mokhtar, M. et al.	2009
13	A review of changing perspectives on Eucalyptus water-use in South Africa	Dye, P. et al.	2013
14	A review of whole-plant water use studies in trees	Wullschlegel, SD. et al.	1998
15	A Robust Technique for Mapping Vegetation Condition Across a Major River System	Cunningham, SC. et al.	2009
16	A Simulation Experiment on the Effectiveness of Tree and Pasture Filter Strips to Remove NO ₃ -N in Lateral Soil Water Flow	Wang, L. et al.	2008
17	A Simulation-Model To Assess The Effect Of Afforestation On Groundwater Resources In Deep Sandy Soils	Kienzle, SW. et al.	1992
18	A spatio-temporal analysis of canopy dynamics and intra-stand competition in a riparian forest, south-eastern Australia	Curtis, EJ. et al.	2019
19	A standardised approach to calculating floodplain tree condition to support environmental watering decisions	Wallace, TA. et al.	2020
20	A system dynamic model to estimate hydrological processes and water use in a eucalypt plantation	Ouyang, Y. et al.	2016
21	A trickle, not a flood: environmental watering in the Murray-Darling Basin, Australia	Chen, YW. et al.	2021
22	Afforestation with Eucalyptus globulus and leaf litter decomposition in streams of northern Spain	Pozo, J. et al.	1998
23	Age-related susceptibility of Eucalyptus species to Phytophthora boodjera	Simamora, AV. et al.	2017
24	Alkaline-Phosphatase, Aminopeptidase And Beta-D Glucosidase Activities Associated With Billabong Periphyton	Scholz, O. et al.	1993
25	Allelopathic effects of invasive Eucalyptus camaldulensis on germination and early growth of four native species in the Western Cape, South Africa	Ruwanza, S. et al.	2015
26	Allocation of hunting effort by Amazonian smallholders: Implications for conserving wildlife in mixed-use landscapes	Parry, L. et al.	2009
27	Allometric models and aboveground biomass stocks of a West African Sudan Savannah watershed in Benin	Chabi, A. et al.	2016
28	Alterations in flood frequency increase exotic and native species richness of understorey vegetation in a temperate floodplain eucalypt forest	Stokes, K. et al.	2010
29	Altered organic matter dynamics in rivers and streams: ecological consequences and management implications	Elosegi, A. et al.	2016
30	An investigation of the hydrological requirements of River Red Gum (Eucalyptus camaldulensis) Forest, using Classification and Regression Tree modelling	Wen, L. et al.	2009
31	An overview of Australia's Phytophthora species assemblage in natural ecosystems recovered from a survey in Victoria	Dunstan, WA. et al.	2016
32	Analyses of land use and land cover change dynamics using GIS and remote sensing during 1984 and 2015 in the Beressa Watershed Northern Central Highland of Ethiopia	Meshesha, TW. et al.	2016

continua

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
33	Analysing the Effects of Forest Cover and Irrigation Farm Dams on Streamflows of Water-Scarce Catchments in South Australia through the SWAT Model	Nguyen, HH. et al.	2017
34	Applicability Of The Litem (Limburg Soil Erosion Model) Model For Hydrological Simulation In A Tropical Watershed	Gomes, NM. et al.	2008
35	Applicability Of The Swat Hydrological Model In The Mucuri River Basin	Almeida, RA. et al.	2020
36	APPLICATION OF AN ALTERNATIVE TECHNIQUE FOR PHYSICAL SOIL MANAGEMENT IN CULTIVATION OF Eucalyptus Grandis W. Hill (Myrtaceae)	de Macaneiro, JP. et al.	2013
37	Application of eddy covariance to determine ecosystem-scale carbon balance and evapotranspiration in an agroforestry system	Ward, PR. et al.	2012
38	Application of three modelling approaches to simulating tree growth in central NSW, Australia	Bugg, AL. et al.	2006
39	Appraisal of random and systematic land cover transitions for regional water balance and revegetation strategies	Versace, VL. et al.	2008
40	Aquatic biodiversity and quality of streams in certified eucalypt plantations in Central Portugal	Oliveira, JM. et al.	2019
41	Asian elephant <i>Elephas maximus</i> habitat use and ranging in fragmented rainforest and plantations in the Anamalai Hills, India	Kumar, MA. et al.	2010
42	Assessing genetic variation within <i>Eucalyptus camaldulensis</i> for survival and growth on two spatially variable saline sites in southern Australia	Bush, D. et al.	2013
43	Assessing structural and functional ecosystem condition using leaf breakdown: studies on a polluted river	Pascoal, C. et al.	2003
44	Assessing the effects of land cover and future climate conditions on the provision of hydrological services in a medium-sized watershed of Portugal	Carvalho-Santos, C. et al.	2016
45	Assessing the impact of drought and forestry on streamflows in south-eastern Australia using a physically based hydrological model	Brown, SC. et al.	2015
46	Assessing the influence of afforestation with <i>Eucalyptus globulus</i> on hydrological response from a small catchment in northwestern Spain using the HBV hydrological model	Suarez, JAR. et al.	2014
47	Assessing the Influence of Catchment Land-Use Patterns on the Nutrients and Major Ions Chemistry of Drainage Water	Taboada-Castro, MM. et al.	2013
48	Assessing the two water worlds' hypothesis and water sources for native and exotic evergreen species in south-central Chile	Herve-Fernandez, P. et al.	2016
49	Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile	Lara, A. et al.	2009
50	Assessment of ecosystems: A system for rigorous and rapid mapping of floodplain forest condition for Australia's most important river	Cunningham, SC. et al.	2018
51	Assessment of gully erosion rates through interviews and measurements: a case study from northern Ethiopia	Nyssen, J. et al.	2006
52	Assessment of management-dependent nutrient losses in tropical industrial tree plantations	Mackensen, J. et al.	2003
53	Assessment of the Binding of Protons, Al and Fe to Biochar at Different pH Values and Soluble Metal Concentrations	Dang, T. et al.	2018
54	Availability of seed for recruitment of riparian vegetation: a comparison of a tropical and a temperate river ecosystem in Australia	Pettit, NE. et al.	2001
55	Before and after riparian management: sediment and nutrient exports from a small agricultural catchment, Western Australia	McKergow, LA. et al.	2003
56	Beyond refuges: Identifying temporally dynamic havens to support ecological resistance and resilience to climatic disturbances	Selwood, KE. et al.	2019
57	Biochemical and functional responses of stream invertebrate shredders to post-wildfire contamination	Pradhan, A. et al.	2020
58	Biofilm Development And Extracellular Enzyme-Activities On Wood In Billabongs Of South-Eastern Australia	Scholz, O. et al.	1993
59	Biofilms On Submerged River Red Gum (<i>Eucalyptus-Camaldulensis</i> Dehnh Myrtaceae) Wood In Billabongs - An Analysis Of Bacterial Assemblages Using Phospholipid Profiles	Scholz, O. et al.	1993
60	Biohydrology of low flows in the humid Ethiopian highlands: The Gilgel Abay catchment	Enku, T. et al.	2014
61	Biological inventory for conservation evaluation .2. Composition, functional relationships and spatial prediction of bird assemblages in southern Australia	Neave, HM. et al.	1996
62	Biomass and carbon storage of <i>Eucalyptus</i> and <i>Acacia</i> plantations in the Pearl River Delta, South China	Zhang, H. et al.	2012
63	Biomass production of <i>Eucalyptus</i> boundary plantations and their effect on crop productivity on Ethiopian highland vertisols	Kidanu, S. et al.	2005
64	Bird species richness in artificial plantations and natural forests in a North African agroforestry system: assessment and implications	Hanane, S. et al.	2019
65	Both complete clearing and thinning of invasive trees lead to short-term recovery of native riparian vegetation in the Western Cape, South Africa	Ruwanza, S. et al.	2013
66	Breakdown of wood in the Aguera stream	Diez, J. et al.	2002
67	Buffer effects of streamside native forests on water provision in watersheds dominated by exotic forest plantations	Little, C. et al.	2015
68	Calibrating and using an EM31 electromagnetic induction meter to estimate and map soil salinity in the jarrah and karri forests of south-western Australia	Kinal, J. et al.	2006
69	Can land use changes alter carbon, nitrogen and major ion transport in subtropical Brazilian streams?	da Silva, DML. et al.	2007

continuação

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
70	Canopy stomatal uptake of NO _x , SO ₂ and O ₃ by mature urban plantations based on sap flow measurement	Hu, Y.T. et al.	2016
71	Canopy water retention capacity: comparison between the Atlantic Rainforest and the forest plantation of eucalypt	Groppo, J.D. et al.	2019
72	Carbon allocation in a mixed-species plantation of Eucalyptus globulus and Acacia mearnsii	Forrester, D.I. et al.	2006
73	Carbon Stock Of The Ecosystem Of Lower Subtropical Broadleaved Evergreen Forests Of Different Ages In Pearl River Delta, China	Sun, L. et al.	2014
74	Carbon stocks in aboveground biomass of eight-year-old Pinus and Eucalyptus species planted in sub-humid grassland soils	Lebenya, R.M. et al.	2019
75	Change in soil organic carbon and nitrogen stocks eight years after conversion of sub-humid grassland to &ITPinus&IT and &ITEucalyptus &ITforestry	Lebenya, R.M. et al.	2018
76	Changes in allochthonous nutrient sources for a natural lake in southeast Brazil due to Eucalyptus spp. plantations	Sabara, M.G. et al.	2007
77	Changes in decomposition rate and litterfall in riparian zones with different basal area of exotic Eucalyptus in south-eastern Brazil	Santos, G.R. et al.	2019
78	Changes in forest area along stream networks in an agricultural catchment of the Great Barrier Reef Lagoon	Jupiter, S.D. et al.	2008
79	Characterisation of Adaptive Genetic Diversity in Environmentally Contrasted Populations of Eucalyptus camaldulensis Dehnh. (River Red Gum)	Dillon, S. et al.	2014
80	Characterisation of hydrogen isotope profiles in an agroforestry system: implications for tracing water sources of trees	Burgess, S.S.O. et al.	2000
81	Characterising groundwater use by vegetation using a surface energy balance model and satellite observations of land surface temperature	Gow, L.J. et al.	2016
82	Characterization Of The Environmental Fragility Of The Hydrographic Basin Of The Come Onca Stream, Agua Clara-Ms	da Cunha, E.R. et al.	2016
83	Check dams and afforestation reducing sediment mobilization in active gully systems in the Andean mountains	Borja, P. et al.	2018
84	Chemical and bioassay characterisation of nitrogen availability in biochar produced from dairy manure and biosolids	Wang, T. et al.	2012
85	Coarse and fine sediment sources in nested watersheds with eucalyptus forest	Rodrigues, M.F. et al.	2018
86	Combining digital soil mapping and hydrological modeling in a data scarce watershed in north-central Portugal	Wahren, F.T. et al.	2016
87	Combining Isotopic Techniques to Assess Historical Sediment Delivery in a Forest Catchment in Central Chile	Bravo-Linares, C. et al.	2020
88	Comparative water use of wattle thickets and indigenous plant communities at riparian sites in the Western Cape and KwaZulu-Natal	Dye, P. et al.	2001
89	Comparison of growth and nutrition of young monocultures and mixed stands of Eucalyptus globulus and Acacia mearnsii	Khanna, P.K. et al.	1997
90	Comparison of interception, forest floor evaporation and transpiration in Pinus radiata and Eucalyptus globulus plantations	Benyon, R.G. et al.	2015
91	Comparison of vegetation and stream sediment geochemical patterns in northeastern New South Wales	Cohen, D.R. et al.	1999
92	Continental and local climatic influences on hydrology of eucalypt-Nothofagus ecosystems revealed by delta H-2, delta C-13, and delta O-18 of ecosystem samples	Pfautsch, S. et al.	2010
93	Continental mapping of groundwater dependent ecosystems: A methodological framework to integrate diverse data and expert opinion	Doody, T.M. et al.	2017
94	Controlling dryland salinity by planting trees in the best hydrogeological setting	Farrington, P. et al.	1996
95	Controlling the release of wood extractives into water bodies by selecting suitable eucalyptus species	Kilulya, K.F. et al.	2012
96	Coordinated approaches to rehabilitating a river ecosystem invaded by alien plants and fish	Impson, N.D. et al.	2013
97	Copper phytotoxicity in native and agronomical plant species	Lamb, D.T. et al.	2012
98	Cryptococcus-Neoformans In Tropical Northern Australia - Predominantly Variant Gattii With Good Outcomes	Fisher, D. et al.	1993
99	Current Extent, Temporal Trends, And Rates Of Gully Erosion In The Gumara Watershed, Northwestern Ethiopia	Belayneh, M. et al.	2020
100	Decay State And Inundation History Control Assemblage Structure Of Log-Dwelling Invertebrates In Floodplain Forests	Ballinger, A. et al.	2010
101	Decline of woody vegetation in a saline landscape in the Groundnut Basin, Senegal	Sambou, A. et al.	2016
102	Decomposition of eucalypt and alder mixtures: responses to variation in evenness	Goncalves, A.L. et al.	2009
103	Decomposition of fire exposed eucalyptus leaves in a Portuguese lowland stream	Gama, M. et al.	2007
104	Defoliation alters water uptake by deep and shallow roots of Prosopis velutina (Velvet Mesquite)	Snyder, K.A. et al.	2003
105	Detecting inundation thresholds for dryland wetland vulnerability	Sandi, S.G. et al.	2019
106	Determining fPAR and leaf area index of several land cover classes in the Pot River and Tsitsa River catchments of the Eastern Cape, South Africa	Palmer, A.R. et al.	2017
107	Detritivores feeding on poor quality food are more sensitive to increased temperatures	Villanueva, V.D. et al.	2011

continuação

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
108	Development and application of a simple hydrologic model simulation for a Brazilian headwater basin	Mello, CR. et al.	2008
109	Did early logging or changes in disturbance regimes promote high tree densities in river red gum forests?	McGregor, HW. et al.	2016
110	Differences in overland flow, hydrophobicity and soil moisture dynamics between Mediterranean woodland types in a peri-urban catchment in Portugal	Ferreira, CSS. et al.	2016
111	Disconnecting The Floodplain: Earthworks And Their Ecological Effect On A Dryland Floodplain In The Murraydarling Basin, Australia	Steinfeld, CMM. et al.	2013
112	Dissolved organic matter and phosphorus leached from fresh and 'terrestrially' aged river red gum leaves: implications for assessing river-floodplain interactions	Baldwin, DS. et al.	1999
113	Distribution and dynamics of the Argentine ant <i>Linepithema (Iridomyrmex) humile</i> (Mayr) in relation to vegetation, soil conditions, topography and native competitor ants in Portugal	Way, MJ. et al.	1997
114	Distribution, habitat preferences and management of the yellow-bellied glider, <i>Petaurus australis</i> , on the Bago Plateau, New South Wales: a reassessment of the population and its status	Kambouris, PJ. et al.	2013
115	Do non-native <i>Platanus hybrida</i> riparian plantations affect leaf litter decomposition in streams?	Menendez, M. et al.	2013
116	Does landscape water availability influence floodplain woodland bird density?	McGinness, HM. et al.	2015
117	Does salinity influence the distribution of exotic willows (<i>Salix</i> spp.) along the Lower River Murray?	Kennedy, SA. et al.	2003
118	Does the developmental stage and composition of riparian forest stand affect ecosystem functioning in streams?	Seena, S. et al.	2017
119	Does tree harvesting in streamside management zones adversely affect stream turbidity?- preliminary observations from an Australian case study	Neary, DG. et al.	2010
120	Dynamics in land cover and its effect on stream flow in the Chemoga watershed, Blue Nile basin, Ethiopia	Bewket, W. et al.	2005
121	Dynamics of <i>Eucalyptus largiflorens</i> growth and water use in response to modified watertable and flooding regimes on a saline floodplain	Slavich, PG. et al.	1999
122	Dynamics of Murray-Darling floodplain forests under multiple stressors: The past, present, and future of an Australian icon	Mac Nally, R. et al.	2011
123	Dynamics of surface runoff and soil loss from a toposequence under varied land use practices in Rwizi catchment, Lake Victoria Basin	Bamutaze, Y. et al.	2017
124	Dynamics of temperate rainforest from fine resolution pollen analysis, Upper Ringarooma River, northeastern Tasmania	Dodson, JR. et al.	1998
125	Ecohydrological feedbacks between salt accumulation and vegetation dynamics: Role of vegetation-groundwater interactions	Runyan, CW. et al.	2010
126	Ecohydrological impacts of eucalypt plantations: A review	Shi, ZJ. et al.	2012
127	Eco-hydrological impacts of <i>Eucalyptus</i> in the semi humid Ethiopian Highlands: the Lake Tana Plain	Chanie, T. et al.	2013
128	Ecological Disturbance And The Conservative Management Of Eucalypt Forests In Australia	Attwill, PM. et al.	1994
129	Ecological landscape assessment in a silvicultural system in the Urdaibai Reserve (Basque Country, Spain)	Orrantia, O. et al.	2019
130	Ecological response of <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (river red gum) to extended drought and flooding along the River Murray, South Australia (1997-2011) and implications for environmental flow management	Doody, TM. et al.	2014
131	Ecologically-sustainable tree monocultures contribute to conservation of an <i>Araucaria</i> Forest endemic frog	Becker, CG. et al.	2007
132	Economic Injury Level and Economic Threshold as required by Forest Stewardship Council for management of leaf-cutting ants in forest plantations	Jimenez, NL. et al.	2021
133	Economic returns from environmental problems: Breeding salt- and drought-tolerant eucalypts for salinity abatement and commercial forestry	Dale, G. et al.	2007
134	Ecotoxicological responses of <i>Chironomus riparius</i> to <i>Eucalyptus</i> and <i>Alnus</i> leaf leachates: from biochemical to life-history effects	Beleza, S. et al.	2019
135	Effect of <i>Eucalyptus</i> expansion on surface runoff in the central highlands of Ethiopia	Jaleta, D. et al.	2017
136	Effect of <i>Eucalyptus</i> plantations, geology, and precipitation variability on water resources in upland intermittent catchments	Dresel, PE. et al.	2018
137	Effect of groundwater freshening on riparian vegetation water balance	Doody, TM. et al.	2009
138	Effect of land use on mayfly assemblages structure in Neotropical headwater streams	Siegloch, AE. et al.	2014
139	Effect of Oxygenated Functional Groups in Essential Oils on Diesel Engine Performance, Emissions, and Combustion Characteristics	Rahman, SMA. et al.	2019
140	Effect of <i>Pinus radiata</i> and <i>Eucalyptus globulus</i> plantations on water resource in the Coastal Range of Biobio region, Chile	Huber, A. et al.	2010
141	Effect Of Polyphenolic Compounds On Alkaline-Phosphatase Activity - Its Implication For Phosphorus Regeneration In Australian Fresh-Waters	Serrano, L. et al.	1991
142	Effect Of The Plantation Age On The Use Of <i>Eucalyptus</i> Stands By Medium To Large-Sized Wild Mammals In South-Eastern Brazil	Timo, TPC. et al.	2015
143	Effect On The Water Yields Of The Luchelemu Catchment In Malawi Of Replacing Indigenous Grasses With Timber Plantations	Mwendera, EJ. et al.	1994
144	Effectiveness of artificial watering of a semi-arid saline wetland for managing riparian vegetation health	Holland, KL. et al.	2009

continuação

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
145	Effectiveness of environmental flows for riparian restoration in arid regions: A tale of four rivers	Glenn, EP. et al.	2017
146	Effects of afforestation on groundwater recharge and water budgets in the western region of Uruguay	Silveira, L. et al.	2016
147	Effects of agroecological land use succession on soil properties in Chemoga watershed, Blue Nile basin, Ethiopia	Bewket, W. et al.	2003
148	Effects Of Artificial Nitrogen And Phosphorus Depositions On Soil Respiration In Two Plantations In Southern China	Cao, YS. et al.	2011
149	Effects of bushfire on macroinvertebrate communities in south-east Australian streams affected by a megadrought	Verkaik, I. et al.	2014
150	Effects of climate on the size of wildfires in the Eucalyptus camaldulensis forests and the dry lands of the Riverina Bioregion, Australia	Zhang, Y. et al.	2017
151	Effects of Eucalypt and Acacia plantations on soil water in Sumatra	Hardie, M. et al.	2018
152	Effects of eucalyptus afforestation on leaf litter dynamics and macroinvertebrate community structure of streams in central Portugal	Abelho, M. et al.	1996
153	Effects of Eucalyptus leachates and oxygen on leaf-litter processing by fungi and stream invertebrates	Canhoto, C. et al.	2013
154	Effects of Eucalyptus plantations on streamflow in Brazil: Moving beyond the water use debate	Ferraz, SFD. et al.	2019
155	Effects of forest type and stream size on volume and distribution of stream wood: legacies of wildfire in a Euro-Mediterranean context	Vaz, PG. et al.	2013
156	Effects of Fungal Inocula and Habitat Conditions on Alder and Eucalyptus Leaf Litter Decomposition in Streams of Northern Spain	Perez, J. et al.	2014
157	Effects of human-induced environmental changes on benthic macroinvertebrate assemblages of wetlands in Lake Tana Watershed, Northwest Ethiopia	Gezie, A. et al.	2017
158	Effects of land use and land cover on selected soil quality indicators in the headwater area of the Blue Nile basin of Ethiopia	Teferi, E. et al.	2016
159	Effects of land use conversion from native forests to exotic plantations on nitrogen and phosphorus retention in catchments of southern Chile	Oyarzun, C. et al.	2007
160	Effects of Land Use Types on Selected Soil Properties in Central Highlands of Ethiopia	Negasa, DJ. et al.	2020
161	Effects of land-use changes on structural characteristics of tropical high-altitude Andean headwater streams	Taniwaki, RH. et al.	2019
162	Effects of livestock on riparian zone vegetation in an Australian dryland river	Robertson, AI. et al.	2000
163	Effects of macro-detritivores density on leaf detritus processing rate: a macrocosm experiment	Fazi, S. et al.	2000
164	Effects of non-native riparian plants in riparian and fluvial ecosystems: a review for the Iberian Peninsula	Castro-Diez, P. et al.	2017
165	Effects of Riparian Plant Diversity Loss on Aquatic Microbial Decomposers Become More Pronounced with Increasing Time	Fernandes, I. et al.	2013
166	Effects of riverine landscape changes on pollination services: A case study on the River Minho, Portugal	Santos, A. et al.	2018
167	Effects of whole-stream nitrogen enrichment and litter species mixing on litter decomposition and associated fungi	Ferreira, V. et al.	2016
168	El Nino-La Nina cycles and biogeochemical sampling: variability of element concentrations within E-camaldulensis leaves in semi-arid Australia	Mitchell, C. et al.	2015
169	Environmental impacts of forest monocultures: water use, acidification, wildlife conservation, and carbon storage	Cannell, MGR. et al.	1999
170	Environmental variables effects in ecophysiological behavior of two clones of Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla: field conditions	Tonello, KC. et al.	2011
171	Epiedaphic Ground Beetle (Carabidae) Diversity in Ecosystems Transformed by Plantations of Eucalyptus pellita in the Orinoco Region of Colombia	Garcia-Suabita, W. et al.	2019
172	Establishment Success of Coexisting Native and Exotic Trees Under an Experimental Gradient of Irradiance and Soil Moisture	Gonzalez-Munoz, N. et al.	2011
173	Estimates of soil losses by the erosion potential method in tropical latosols	Lense, GHE. et al.	2019
174	Estimating catchment-scale impacts of wildfire on sediment and nutrient loads using the E2 catchment modelling framework	Feikema, PM. et al.	2011
175	Eucalypt plantations reduce the diversity of macroinvertebrates in small forested streams	Cordero-Rivera, A. et al.	2017
176	Eucalyptus camaldulensis properties for use in the eradication of infections	Ghasemian, A. et al.	2019
177	Eucalyptus globulus agroforestry on deep sands on the southeast coast of Western Australia: The promise and the reality	Sudmeyer, RA. et al.	2008
178	Eucalyptus leachate inhibits reproduction in a freshwater fish	Morrongiello, JR. et al.	2011
179	Eucalyptus Leaf Area Index Estimated by Vegetation Indices Using Landsat-5 TM Images	de Almeida, AQ. et al.	2015
180	Eucalyptus plantations affect fungal communities associated with leaf-litter decomposition in Iberian streams	Ferreira, V. et al.	2006
181	Eucalyptus reforestation induces soil water repellency	Walden, LL. et al.	2015
182	Eucalyptus Short-Rotation Management Effects on Nutrient and Sediments in Subtropical Streams	Rodrigues, CB. et al.	2019

continuação

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
183	Evaluating simultaneous impacts of three anthropogenic effects on a floodplain-dwelling marsupial <i>Antechinus flavipes</i>	Lada, H. et al.	2007
184	Evaluating the capacity of constructed wetlands to sustain a captive population of Platypus (<i>Ornithorhynchus anatinus</i>)	Stannard, HJ. et al.	2010
185	Evaluation of a process-based ecosystem model for long-term biomass and stand development of <i>Eucalyptus globulus</i> plantations	Miehle, P. et al.	2010
186	Evaluation Of <i>Eucalyptus-Camaldulensis</i> (River Gum) And <i>Chamaecytisus-Proliferus</i> (Tagasaste) For Salinity Control By Agroforestry	Eastham, J. et al.	1993
187	Evaluation of Land Suitability for Selected Tree Species in the Mesozoic Highlands of Ethiopia	Teka, K. et al.	2017
188	Evaluation of sap flow density of <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. (blackwood) trees in overstocked stands in north-western Iberian Peninsula	Jimenez, E. et al.	2010
189	Evaluation Of Some Factors Involved In Reducing Browsing Damage To Eucalypt Trees By Sheep	Haines, PJ. et al.	1994
190	Evaluation of the efficiency of some sediment trapping methods after a Mediterranean forest fire	Fox, DM. et al.	2011
191	Evaluation of the land cover as water management indicator: a case study at Corrego dos Bois sub-basin, Minas Gerais	Silva, MD. et al.	2017
192	Evaporative water use of different land uses in the upper-Thukela river basin assessed from satellite imagery	Kongo, MV. et al.	2011
193	Event-Based Integrated Assessment of Environmental Variables and Wildfire Severity through Sentinel-2 Data	Picos, J. et al.	2019
194	Evidence that a Highway Reduces Apparent Survival Rates of Squirrel Gliders	McCall, SC. et al.	2010
195	Evidence that creation of a <i>Pinus radiata</i> plantation in south-eastern Australia has reduced habitat for frogs	Parris, KM. et al.	2004
196	Exotic <i>Eucalyptus</i> leaves are preferred over tougher native species but affect the growth and survival of shredders in an Atlantic Forest stream (Brazil)	Kiffer, WP. et al.	2018
197	Experimental evaluation of the initial effects of large-scale thinning on structure and biodiversity of river red gum (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) forests	Gonsalves, L. et al.	2018
198	Experimental evidence for potential beneficial effects of fallen timber in forests	Mac Nally, R. et al.	2002
199	Exploring the potential of using Be-7 measurements to estimate soil redistribution rates in semi-arid areas: results from Western Iran and Southern Italy	Khodadadi, M. et al.	2020
200	Extraction Of Water From <i>Eucalyptus</i> Trees For Analysis Of Deuterium And O-18 - Laboratory And Field Techniques	Thorburn, PJ. et al.	1993
201	Field data collection and analysis of canopy and litter interception in commercial forest plantations in the KwaZulu-Natal Midlands, South Africa	Bulcock, HH. et al.	2012
202	Field investigation of potential terrestrial groundwater-dependent ecosystems within Australia's Great Artesian Basin	Jones, C. et al.	2020
203	Financial drivers of land use decisions: The case of smallholder woodlots in Amhara, Ethiopia	Matthies, BD. et al.	2014
204	Fire meets inland water via burned wood: and then what?	Vaz, PG. et al.	2015
205	Floodplain woodland structure and condition: the relative influence of flood history and surrounding irrigation land use intensity in contrasting regions of a dryland river	McGinness, HM. et al.	2013
206	Floodwater infiltration through root channels on a sodic clay floodplain and the influence on a local tree species <i>Eucalyptus largiflorens</i>	Bramley, H. et al.	2003
207	Flows and hypoxic blackwater events in managed ephemeral river channels	Hladyz, S. et al.	2011
208	Food Value Of Introduced Eucalypt Leaves For A Mediterranean Stream Detritivore - <i>Tipula Lateralis</i>	Canhoto, C. et al.	1995
209	Forecasting Functional Implications Of Global Changes In Riparian Plant Communities	Kominoski, JS. et al.	2013
210	Forest Conversion And Provision Of Ecosystem Services In The Brazilian Atlantic Forest	Ditt, EH. et al.	2010
211	Forest cover change over four decades in the Blue Nile Basin, Ethiopia: comparison of three watersheds	Gebrehiwot, SG. et al.	2014
212	Forest evaporation models: Relationships between stand growth and evaporation	LeMaitre, DC. et al.	1997
213	Forest structure, flooding and grazing predict understorey composition of floodplain forests in southeastern Australia	Horner, GJ. et al.	2012
214	Forest structure, habitat and carbon benefits from thinning floodplain forests: Managing early stand density makes a difference	Horner, GJ. et al.	2010
215	Fungal Planet description sheets: 154-213	Crous, PW. et al.	2013
216	Fungal Planet description sheets: 785-867	Crous, PW. et al.	2018
217	Future soil loss in highland Ethiopia under changing climate and land use	Moges, DM. et al.	2020
218	Gall induction may benefit host plant: a case of a gall wasp and eucalyptus tree	Rocha, S. et al.	2013
219	Genetic diversity and hybridization in the two species <i>Inga ingoides</i> and <i>Inga edulis</i> : potential applications for agroforestry in the Peruvian Amazon	Rollo, A. et al.	2016
220	Genetic variation in <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. for growth and stem straightness in a provenance-family trial on saltland in Pakistan	Mahmood, K. et al.	2003
221	Genetic Variation In <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh. In A Provenance-Family Trial On Saline Soil	Mahmood, K. et al.	2009
222	Geoinformation techniques to estimate water balance in eucalyptus	Facco, AG. et al.	2012

continuação

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
223	Glomus mosseae Inoculation Improves the Root System Architecture, Photosynthetic Efficiency and Flavonoids Accumulation of Liquorice under Nutrient Stress	Chen, ML. et al.	2017
224	Granulometric characterization of the sediment of tropical springs in eucalypt plantation areas	do Amaral, PHM. et al.	2020
225	Great house, poor food: effects of exotic leaf litter on shredder densities and caddisfly growth in 6 subtropical Australian streams	Davies, JN. et al.	2009
226	Green and blue water demand from large-scale land acquisitions in Africa	Johansson, EL. et al.	2016
227	Groundwater decline and tree change in floodplain landscapes: Identifying non-linear threshold responses in canopy condition	Kath, J. et al.	2014
228	Groundwater use of a small Eucalyptus patch during the dry monsoon phase	Enku, T. et al.	2020
229	Groundwater-surface water interactions in a large semi-arid floodplain: implications for salinity management	Lamontagne, S. et al.	2005
230	Growth and carbon sequestration by remnant Eucalyptus camaldulensis woodlands in semi-arid Australia during La Nina conditions	Smith, R. et al.	2017
231	Growth and water balance of Eucalyptus grandis hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production	Almeida, AC. et al.	2007
232	Growth and yield of two grain crops on sites former covered with eucalypt plantations in Koga Watershed, northwestern Ethiopia	Tadele, D. et al.	2014
233	Growth characteristics of Eucalyptus camaldulensis trees differ between adjacent regulated and unregulated rivers in semi-arid temperate woodlands	Ellis, MV. et al.	2017
234	Growth of 16 provenances of Eucalyptus microtheca in a regularly irrigated plantation in eastern Kenya	Johansson, S. et al.	1996
235	Growth Of Species In A Tree Plantation And Its Influence On Salinity And Groundwater In The 400 Mm Rainfall Region Of South-Western Australia	Greenwood, EAN. et al.	1995
236	Habitat Analysis Of Scotophilus Heathiihorsfield, 1831 In Northwestern Parts Of Pakistan	Rahman, FU. et al.	2015
237	Habitat suitability of soils from a topographic gradient across the Fitzgerald River National Park for invasion by Phytophthora cinnamomi	Shearer, BL. et al.	2011
238	Habitats and littoral zone fish community structure of two natural lakes in southeast brazil	Vono, V. et al.	2001
239	Hawaiian native forest conserves water relative to timber plantation: Species and stand traits influence water use	Kagawa, A. et al.	2009
240	How important is groundwater availability and stream perenniality to riparian and floodplain tree growth?	Pettit, NE. et al.	2018
241	How to Bloom the Green Desert: Eucalyptus Plantations and Native Forests in Uruguay beyond Black and White Perspectives	Pozo, P. et al.	2018
242	Hydrodynamic characteristics of the western Donana Region (area of El Abalario), Huelva, Spain	Trick, T. et al.	2004
243	Hydrogeological System Analyses Of The Lake Sibayi Catchment, North-Eastern South Africa	Weitz, J. et al.	2015
244	Hydrological and land use determinants of Eucalyptus camaldulensis occurrence in floodplain wetlands	Kath, J. et al.	2014
245	Hydrological and salinity impacts of a bio-drainage strategy application in the Yizre'el Valley, Israel	Gafni, A. et al.	2007
246	Hydrological Balance in a Eucalyptus Plantation Watershed in Minas Gerais (Brazil)	Ganba, OS. et al.	2016
247	Hydrological behaviour of first generation coppiced bluegum plantations in the Nilgiri sub-watersheds	Sharda, VN. et al.	1998
248	Hydrological effects of forest plantation clear-cut on water availability: Consequences for downstream water users	Garcia, LG. et al.	2018
249	Hydrological impacts of reforestation with eucalypts and indigenous species: a case study in southern China	Zhou, GY. et al.	2002
250	Hydrological indicators of flow in headwaters for assessing farm management impacts: Streamside forestry management case study	Smethurst, PJ. et al.	2019
251	Hydrological Prediction in a Tropical Watershed Dominated by Oxisols Using a Distributed Hydrological Model	Beskow, S. et al.	2013
252	Hydrological processes and eco-hydrological effects of farmland-forest-desert transition zone in the middle reaches of Heihe River Basin, Gansu, China	Yi, J. et al.	2015
253	Hydrological simulation in a basin of typical tropical climate and soil using the SWAT Model Part II: Simulation of hydrological variables and soil use scenarios	Pereira, DD. et al.	2016
254	Hydrological simulation of a small forested catchment under different land use and forest management	Oliveira, LT. et al.	2020
255	Hypoxia, Blackwater and Fish Kills: Experimental Lethal Oxygen Thresholds in Juvenile Predatory Lowland River Fishes	Small, K. et al.	2014
256	Hypoxic blackwater event severely impacts Murray crayfish (Euastacus armatus) populations in the Murray River, Australia	McCarthy, B. et al.	2014
257	Identifying multiple factors limiting long-term success in environmental watering	Lester, RE. et al.	2020
258	Identifying Sources Of Sediment Production In A Hillside Catchment Area	Miguel, P. et al.	2014
259	Identifying water sources used by alpine riparian plants in a restoration zone on the Qinghai-Tibet Plateau: Evidence from stable isotopes	Wu, HW. et al.	2019
260	Impact of a eucalyptus (Eucalyptus globulus Labill.) plantation on the nutrient content and dynamics of coarse particulate organic matter (CPOM) in a small dytrsm	Molinerio, J. et al.	2004
261	Impact of flooding on the water use of semi-arid riparian eucalypts	Akeroyd, MD. et al.	1998

continuação

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
262	Impact of land use changes and management practices on groundwater resources in Kolar district, Southern India	Garg, KK. et al.	2020
263	Impact of Soil Conservation and Eucalyptus on Hydrology and Soil Loss in the Ethiopian Highlands	Mhired, DA. et al.	2019
264	Impacts of alien plant invasions on water resources and yields from the Western Cape Water Supply System (WCWSS)	Le Maitre, D. et al.	2019
265	Impacts of an Invasive N-2-Fixing Tree on Hawaiian Stream Water Quality	Wiegner, TN. et al.	2013
266	Impacts of clearing invasive alien plants from 1995 to 2005 on vegetation structure, invasion intensity and ground cover in a temperate to subtropical riparian ecosystem	Beater, MMT. et al.	2008
267	Impacts of eucalyptus (<i>Eucalyptus exserta</i>) plantation on sediment yield in Guangdong Province, Southern China - a kinetic energy approach	Zhou, GY. et al.	2002
268	Impacts of <i>Eucalyptus globulus</i> plantations on Atlantic streams: changes in invertebrate density and shredder traits	Larranaga, A. et al.	2009
269	Impacts of <i>Eucalyptus globulus</i> Plantations on Physiology and Population Densities of Invertebrates Inhabiting Iberian Atlantic Streams	Larranaga, A. et al.	2009
270	Impacts of feral horses and deer on an endangered woodland of Kosciuszko National Park	Ward-Jones, J. et al.	2019
271	Impacts of Land-use Changes on the Hydrology of the Grande River Basin Headwaters, Southeastern Brazil	Viola, MR. et al.	2014
272	Impacts of native forest harvesting on flows into the Murray-Darling Basin system	Bren, L. et al.	2013
273	Impacts of tree plantations on groundwater in south-eastern Australia	Benyon, RG. et al.	2006
274	Impacts of water resource development on hydrological connectivity of different floodplain habitats in a highly variable system	Higginson, W. et al.	2020
275	Improved Process Representation in the Simulation of the Hydrology of a Meso-Scale Semi-Arid Catchment	Okello, AMLS. et al.	2018
276	Increased inbreeding and inter-species gene flow in remnant populations of the rare <i>Eucalyptus benthamii</i>	Butcher, PA. et al.	2005
277	Inducing whole-assemblage change by experimental manipulation of habitat structure	Mac Nally, R. et al.	2007
278	Influence of <i>Eucalyptus globulus</i> plantation growth on water table levels and low flows in a small catchment	Rodriguez-Suarez, JA. et al.	2011
279	Influence of NaCl-salinity on Pb-uptake behavior and growth of River Red gum tree (<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.)	Nawaz, MF. et al.	2016
280	Inputs of particulate organic matter to streams with different riparian vegetation	Pozo, J. et al.	1997
281	Insect defoliation of mixed-species eucalypts in East Gippsland	Collett, NG. et al.	2010
282	Institutional impediments to conservation of freshwater dependent ecosystems	Spring, DA. et al.	2018
283	Integrated environmental assessment of BKME discharged to a Mediterranean river	Ferreira, RCF. et al.	2002
284	Interdependent effects of climate variability and forest cover change on streamflow dynamics: a case study in the Upper Umvoti River Basin, South Africa	Lebek, K. et al.	2019
285	Intraspecific variation in the growth and survival of juvenile fish exposed to <i>Eucalyptus</i> leachate	Morrongiello, JR. et al.	2013
286	Introduced and Invasive Species in Novel Rangeland Ecosystems: Friends or Foes?	Belnap, J. et al.	2012
287	Introducing irrigation efficiencies: prospects for flood-dependent biodiversity in a rice agro-ecosystem	McIntyre, S. et al.	2011
288	Inundation of a floodplain lake woodlands system: nutritional profiling and benefit to mature <i>Eucalyptus largiflorens</i> (Black Box) trees	Fernando, DR. et al.	2018
289	Inundation requirements for persistence and recovery of river red gums (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) in semi-arid Australia	Catelotti, K. et al.	2015
290	Invasive alien trees and water resources in South Africa: case studies of the costs and benefits of management	Le Maitre, DC. et al.	2002
291	Invasive alien trees reduce bird species richness and abundance of mutualistic frugivores and nectarivores; a bird's eye view on a conflict of interest species in riparian habitats	Mangachena, JR. et al.	2017
292	Invasive <i>Salix fragilis</i> : altered metabolic patterns in Australian streams	McInerney, PJ. et al.	2016
293	Invertebrate and microbial colonisation in native and exotic leaf litter species in a mountain stream	Sampaio, A. et al.	2001
294	Investigate the possible reduction of mine water ingress by introducing tree plantations: Case study of Cooke 4 mine (South Africa)	Dennis, R. et al.	2020
295	Is the field water use of <i>Eucalyptus largiflorens</i> F. Muell affected by short-term flooding?	Jolly, ID. et al.	1996
296	Isolation of <i>Cryptococcus neoformans</i> from a Chestnut Tree (<i>Castanea sativa</i>), Denizli, Turkey	Sengul, M. et al.	2019
297	Isotopic composition of throughfall in pine plantation and native eucalyptus forest in South Australia	Xu, X. et al.	2014
298	Joint effects of climate warming and exotic litter (<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.) on stream detritivore fitness and litter breakdown	Correa-Araneda, F. et al.	2015
299	Key Variables To Determinate The Water Quality In Watersheds With <i>Eucalyptus</i> Plantations	Gardiman, BS. et al.	2018
300	Land Use And Occupation In The Hydrographic Sub-Basin Of Mao Forte Quente Stream, In The State Of Espírito Santo, Brazil	Fiorese, CHU. et al.	2020
301	Land use change in the geosystem coastal basin of the Boroa river (Chile) between 1994 and 2004	Pena-Cortes, F. et al.	2011

continuação

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
302	Land-Use Change Modelling in the Upper Blue Nile Basin	Yalew, SG. et al.	2016
303	Land-use changes and their impacts on soil degradation and surface runoff of two catchments of Northern Ethiopia	Gebresamuel, G. et al.	2010
304	Leachates of <i>Eucalyptus globulus</i> in intermittent streams affect water parameters and invertebrates	Canhoto, C. et al.	2007
305	Leaf bags and natural leaf packs: Two approaches to evaluate river functional characteristics	Braioni, MG. et al.	2001
306	Leaf decomposition and colonization by aquatic macroinvertebrates in two tropical microcatchments (Manizales, Colombia)	Gutierrez-Lopez, A. et al.	2016
307	Leaf dynamics and insect herbivory in a <i>Eucalyptus camaldulensis</i> forest under moisture stress	Stone, C. et al.	1995
308	Leaf traits induce the feeding preference of a shredder of the genus <i>Triplectides Kolenati</i> , 1859 (Trichoptera) in an Atlantic Forest stream, Brazil: a test with native and exotic leaves	Casotti, CG. et al.	2014
309	Leaf-litter application to a sandy soil modifies phosphorus leaching over the wet season of southwestern Australia	Qiu, S. et al.	2005
310	Leaf-litter leachate concentration promotes heterotrophy in freshwater biofilms: Understanding consequences of water scarcity	Martinez, A. et al.	2017
311	Leaf-Litter Processing Of Alder And <i>Eucalyptus</i> In The Aguera Stream System (North Spain) .1. Chemical-Changes	Pozo, J. et al.	1993
312	Leaf-Litter Processing Of Alder And <i>Eucalyptus</i> In The Aguera Stream System (Northern Spain) .2. Macroinvertebrates Associated	Basaguren, A. et al.	1994
313	Legacies, lags and long-term trends: Effective flow restoration in a changed and changing world	Thompson, RM. et al.	2018
314	Life cycle impacts of topsoil erosion on aquatic biota: case study on <i>Eucalyptus globulus</i> forest	Quinteiro, P. et al.	2017
315	Linking hydraulic conductivity and photosynthesis to water-source partitioning in trees versus seedlings	Drake, PL. et al.	2011
316	Litter breakdown in streams of the Aguera catchment: Influence of dissolved nutrients and land use	Molinero, J. et al.	1996
317	Litter decomposition is driven by microbes and is more influenced by litter quality than environmental conditions in oil palm streams with different riparian types	Chellaiah, D. et al.	2018
318	Litter processing along a stream gradient: the role of invertebrates and decomposers	Graca, MAS. et al.	2001
319	Litter processing and shredder distribution as indicators of riparian and catchment influences on ecological health of tropical streams	Masese, FO. et al.	2014
320	Litter retention in Tasmanian headwater streams after clear-fell logging	Watson, A. et al.	2010
321	Long term carbon and nutrient dynamics within two small radiata pine catchments	Turner, J. et al.	2017
322	Longer-term changes in streamflow following logging and mixed species eucalypt forest regeneration: The Karuah experiment	Webb, AA. et al.	2012
323	Longer-term effects of pine and eucalypt plantations on streamflow	Scott, DF. et al.	2008
324	Longer-term response to experimental manipulation of fallen timber on forest floors of floodplain forest in south-eastern Australia	Mac Nally, R. et al.	2006
325	Longer-term responses of a floodplain-dwelling marsupial to experimental manipulation of fallen timber loads	Mac Nally, R. et al.	2008
326	Long-term changes in water quality and solute exports in headwater streams of intensively managed radiata pine and natural eucalypt forest catchments in south-eastern Australia	Hopmans, P. et al.	2007
327	Long-term effects of exclusion of grazing stock on degraded herbaceous plant communities in a riparian <i>Eucalyptus camaldulensis</i> forest in south-eastern Australia	Lunt, ID. et al.	2007
328	Long-Term Implications For Streamflow Of Changes In Vegetation Cover And Stand Height In Regenerating Karri Stands In South-West Western-Australia	Borg, H. et al.	1991
329	Losses of nitrogen from an effluent-irrigated plantation	Smith, CJ. et al.	1999
330	Low flow and high flow responses to converting natural grassland into bluegum (<i>Eucalyptus globulus</i>) in Nilgiris watersheds of South India	Sikka, AK. et al.	2003
331	Lowering Of A Shallow, Saline Water-Table By Extensive Eucalypt Reforestation	Bari, MA. et al.	1992
332	Management Of Sandplain Seeps In The Wheat-Belt Of Western-Australia	George, RJ. et al.	1991
333	Management Systems In The Eucalyptus Forest Plantations And The Soil And Water Losses In Vale Do Rio Doce, Mg State	da Silva, MA. et al.	2011
334	Managing for water-use efficient wood production in <i>Eucalyptus globulus</i> plantations	White, DA. et al.	2014
335	Managing forest plantation landscapes for water conservation	Ferraz, SFB. et al.	2013
336	Managing nutrient regimes improves seedling root- growth potential of framework banksia-woodland species	Griffiths, E. et al.	2013
337	Managing watershed services of tropical forests and plantations: Can meta-analyses help?	Locatelli, B. et al.	2009
338	Mapping headwater systems using a HS-GIS model. An application to landscape structure and land use planning in Portugal	Pena, SB. et al.	2018
339	Mapping LULC types in the Cerrado-Atlantic Forest ecotone region using a Landsat time series and object-based image approach: A case study of the Prata River Basin, Mato Grosso do Sul, Brazil	da Cunha, ER. et al.	2020
340	Medium-term vegetation recovery after removal of invasive <i>Eucalyptus camaldulensis</i> stands along a South African river	Ruwanza, S. et al.	2018
341	Mercury and plants in contaminated soils: 1. Uptake, partitioning, and emission to the atmosphere	Leonard, TL. et al.	1998
	continuação		

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
342	Mercury and plants in contaminated soils: 2. Environmental and physiological factors governing mercury flux to the atmosphere	Leonard, TL. et al.	1998
343	Microwave extraction-isotope ratio infrared spectroscopy (ME-IRIS): a novel technique for rapid extraction and in-line analysis of delta O-18 and delta H-2 values of water in plants, soils and insects	Munksgaard, NC. et al.	2014
344	Modeling Of Water Infiltration In Soil Cultivated With Eucalyptus And Pasture	de Almeida, AQ. et al.	2014
345	Modeling the effect of three soil and water conservation practices in Tigray, Ethiopia	Hengsdijk, H. et al.	2005
346	Modeling the water balance and soil water fluxes in a fast growing Eucalyptus plantation in Brazil	Soares, JV. et al.	2001
347	Modelling blackwater: Predicting water quality during flooding of lowland river forests	Howitt, JA. et al.	2007
348	Modelling canopy and litter interception in commercial forest plantations in South Africa using the Variable Storage Gash model and idealised drying curves	Bulcock, HH. et al.	2012
349	Modelling diurnal and seasonal hysteresis phenomena of canopy conductance in an oasis forest ecosystem	Bai, Y. et al.	2017
350	Modelling irrigated Eucalyptus for salinity control on shallow watertables	Paydar, Z. et al.	2005
351	Modelling the distribution of enhanced soil shear strength beneath riparian trees of south-eastern Australia	Docker, BB. et al.	2009
352	Modelling the water balance of effluent-irrigated trees	Snow, VO. et al.	1999
353	Modelling vegetation health from the interaction of saline groundwater and flooding on the Chowilla floodplain, South Australia	Overton, IC. et al.	2006
354	More microbial activity, not abrasive flow or shredder abundance, accelerates breakdown of labile leaf litter in urban streams	Imberger, SJ. et al.	2008
355	Mortality of developing floodplain forests subjected to a drying climate and water extraction	Horner, GJ. et al.	2009
356	Multiple rotation yields for intensively managed plantations in the Amazon basin	McNabb, KL. et al.	1999
357	Needs and opportunities for using a process-based productivity model as a practical tool in Eucalyptus plantations	Almeida, AC. et al.	2004
358	Net Precipitation And Recharge Of Groundwater In Riacho Fundo Watershed, Felixlandia-Mg	Carvalho, APV. et al.	2016
359	Net woody vegetation increase confined to seasonally inundated lowlands in an Australian tropical savanna, Victoria River District, Northern Territory	Sharp, BR. et al.	2004
360	Nitrate-nitrogen reduction by established tree and pasture buffer strips associated with a cattle feedlot effluent disposal area near Armidale, NSW Australia	Wang, LM. et al.	2012
361	Nutrient addition does not enhance leaf decomposition in a Southeastern Brazilian stream (Espinhaco mountain range)	Abelho, M. et al.	2010
362	Nutrient and sediment losses to streams after intervention of Eucalyptus plantations	Cuevas, JG. et al.	2018
363	Nutrient exports under different harvesting regimes in fast-growing forest plantations in southern Europe	Merino, A. et al.	2005
364	Observations of evapotranspiration in a break of slope plantation susceptible to periodic drought stress	McJannet, DL. et al.	2000
365	Occurrence patterns of black water and its impact on fish in cutover areas of Eucalyptus plantations	Yang, GR. et al.	2019
366	Opportunities For Woody Crop Production Using Treated Wastewater In Egypt. I. Afforestation Strategies	Zalesny, RS. et al.	2011
367	Organic matter, nitrogen and phosphorus fluxes associated with leaf litter in two small streams with different riparian vegetation: a budget approach	Molinero, J. et al.	2006
368	Origin of planted Eucalyptus benthamii trees in Camden NSW: checking the effectiveness of circa situm conservation measures using molecular markers	Han, LD. et al.	2020
369	Overstorey growth response to thinning, burning and fertiliser in 10-13-year-old rehabilitated jarrah (Eucalyptus marginata) forest after bauxite mining in south-western Australia	Grigg, AH. et al.	2009
370	Paired Eucalyptus forest catchment study of prescribed fire effects on suspended sediment and nutrient exports in south-eastern Australia	Smith, HG. et al.	2010
371	Parameterisation of 3-PG model for fast-growing Eucalyptus grandis plantations	Almeida, AC. et al.	2004
372	Partitioning of soil water among canopy trees in a seasonally dry tropical forest	Meinzer, FC. et al.	1999
373	Pattern of carbon and nutrient cycling in a small Eucalyptus forest catchment, NSW	Turner, J. et al.	2016
374	Patterns of long-term woody vegetation change in a sandstone-plateau savanna woodland, Northern Territory, Australia	Sharp, BR. et al.	2004
375	Performance of grass and eucalyptus riparian buffers in a pasture catchment, Western Australia, part 1: riparian hydrology	McKergow, LA. et al.	2006
376	Phosphorus dynamics in an ephemeral wetland ecosystem after re-flooding	Knowles, L. et al.	2012
377	Phosphorus speciation and dynamics in river sediments, floodplain soils and leaf litter from the Lower Murray River region	Watson, FT. et al.	2019
378	Phosphorus transfer at a small catchment in southeastern Brazil: distributed modelling in different land use scenarios	Bispo, DFA. et al.	2017
379	Photodegradation, interaction with iron oxides and bioavailability of dissolved organic matter from forested floodplain sources	Howitt, JA. et al.	2008
380	Photosynthetic capacity of Eucalyptus globulus is higher when grown in mixture with Acacia mearnsii	Forrester, DI. et al.	2012

continuação

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
381	Photosynthetic Carbon Fixation Capacity Of Black Locust In Rapid Response To Plantation Thinning On The Semiarid Loess Plateau In China	Zheng, Y. et al.	2019
382	Physical And Hydrological Properties Of Peat As Proxies For Degradation Of South African Peatlands: Implications For Conservation And Restoration	Gabriel, M. et al.	2018
383	Physical, Chemical And Biological Soil Properties Of Gully Environments In Lavras - Mg	Gomide, PHO. et al.	2011
384	Physiological regulation of productivity and water use in Eucalyptus: a review	Whitehead, D. et al.	2004
385	Physiological responses of Eucalyptus nitens x nitens under experimentally imposed water stress	Mokotedi, MEO. et al.	2010
386	Planning for the conservation and sustainable use of urban forestry in Addis Ababa, Ethiopia	Fetene, A. et al.	2013
387	Plant source and soil interact to determine characteristics of dissolved organic matter leached into waterways from riparian leaf litter	Franklin, HM. et al.	2020
388	Positive interactions between Pinus massoniana and Castanopsis hystrix species in the uneven-aged mixed plantations can produce more ecosystem carbon in subtropical China	You, YM. et al.	2018
389	Post-wildfire seedling colonisation patterns in a Eucalyptus delegatensis (Myrtaceae) windthrow site at Snowy River National Park, Victoria	Florentine, SK. et al.	2008
390	Potential Implications for Expansion of Freeze-Tolerant Eucalyptus Plantations on Water Resources in the Southern United States	Vose, JM. et al.	2015
391	Potential of Eucalyptus camaldulensis for phytostabilization and biomonitoring of traceelement contaminated soils	Madejon, P. et al.	2017
392	Predicting Eucalyptus spp. stand volume in Zululand, South Africa: an analysis using a stochastic gradient boosting regression ensemble with multi-source data sets	Dube, T. et al.	2015
393	Producing biochars with enhanced surface activity through alkaline pretreatment of feedstocks	Hina, K. et al.	2010
394	Proteins are a major component of dissolved organic nitrogen (DON) leached from terrestrially aged Eucalyptus camaldulensis leaves	Harris, CW. et al.	2016
395	Provisioning of bioavailable carbon between the wet and dry phases in a semi-arid floodplain	Baldwin, DS. et al.	2013
396	Quantification of hillslope runoff and erosion processes before and after wildfire in a wet Eucalyptus forest	Sheridan, GJ. et al.	2007
397	Quantification of sediment source contributions in two paired catchments of the Brazilian Pampa using conventional and alternative fingerprinting approaches	Valente, ML. et al.	2020
398	Quantifying potential water savings from clearing invasive alien Eucalyptus camaldulensis using in situ and high resolution remote sensing data in the Berg River Catchment, Western Cape, South Africa	Dzikiti, S. et al.	2016
399	Quantifying root-reinforcement of river bank soils by four Australian tree species	Docker, BB. et al.	2008
400	Quantifying the effects of Eucalyptus plantations and management on water resources at plot and catchment scales	Almeida, AC. et al.	2016
401	Quantifying the impact of soil water repellency on overland flow generation and erosion: a new approach using rainfall simulation and wetting agent on in situ soil	Leighton-Boyce, G. et al.	2007
402	Quantifying water requirements of riparian river red gum (Eucalyptus camaldulensis) in the Murray-Darling Basin, Australia - implications for the management of environmental flows	Doody, TM. et al.	2015
403	Quantitative assessment of stand condition and its relationship to physiological stress in stands of Eucalyptus camaldulensis (Myrtaceae)	Cunningham, SC. et al.	2007
404	Rainbow Trout diets and macroinvertebrates assemblages responses from watersheds dominated by native and exotic plantations	Fierro, P. et al.	2016
405	Rainfall interception in different forest formations in the southern region of Brazil	Sari, V. et al.	2016
406	Ralstonia solanacearum and R. pseudosolanacearum on Eucalyptus: Opportunists or Primary Pathogens?	Coutinho, TA. et al.	2017
407	Rapid tree water transport and residence times in a Pennsylvania catchment	Gaines, KP. et al.	2016
408	Recovery Of An Oxisol Degraded By The Construction Of A Hydroelectric Power Plant	de Carvalho, JCB. et al.	2015
409	Recruitment of a keystone tree species must concurrently manage flooding and browsing	Horner, GJ. et al.	2016
410	Reforestation and Recovery of Soil Chemical and Physical Attributes	Rocha, JHT. et al.	2015
411	Reforesting degraded agricultural landscapes with Eucalypts: Effects on carbon storage and soil fertility after 26 years	Harper, RJ. et al.	2012
412	Relating Demographic Characteristics of a Small Mammal to Remotely Sensed Forest-Stand Condition	Lada, H. et al.	2014
413	Relating plant diversity to biomass and soil erosion in a cultivated landscape of the eastern seaboard region of Thailand	Shrestha, RP. et al.	2010
414	Relating upstream forest management to stream ecosystem condition in middle catchment reaches in Tasmania	Davies, PE. et al.	2016
415	Relationships Between Riparian Buffer Widths And The Effects Of Logging On Stream Habitat, Invertebrate Community Composition And Fish Abundance	Davies, PE. et al.	1994
416	Relationships Between Terrestrial Vertebrate Diversity, Abundance And Availability Of Coarse Woody Debris On South-Eastern Australian Floodplains	Mac Nally, R. et al.	2001
417	Relationships Between Water Availability And Eucalyptus-Camaldulensis Growth In A Riparian Forest	Bacon, PE. et al.	1993
418	Release And Bioavailability Of Dissolved Organic Matter From Floodplain Litter: Influence Of Origin And Oxygen Levels	O'Connell, M. et al.	2000
419	Reliance Of Creek-Side River Red Gums On Creek Water	Thorburn, PJ. et al.	1994

continuação

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
420	Remote Sensing Measures Restoration Successes, but Canopy Heights Lag in Restoring Floodplain Vegetation	Dawson, SK. et al.	2016
421	Repeated rainfall in summer induces prolonged high soil respiration in a semi-arid floodplain woodland	Sun, QQ. et al.	2018
422	Resilience of Invaded Riparian Landscapes: The Potential Role of Soil-Stored Seed Banks	Tererai, F. et al.	2015
423	Resource quality controls detritivore consumption, growth, survival and body condition recovery of reproducing females	Larranaga, A. et al.	2014
424	Response of Eucalyptus largiflorens to floodplain salinisation	Akeroyd, MD. et al.	2003
425	Response of phreatophytes to short-term groundwater pumping in a semiarid region: Field experiments and numerical simulations	Yin, LH. et al.	2018
426	Response of Populus euphratica Oliv. sap flow to environmental variables for a desert riparian forest in the Heihe River Basin, Northwest China	Li, W. et al.	2016
427	Responses of Aquatic Hyphomycetes to Temperature and Nutrient Availability: a Cross-transplantation Experiment	Perez, J. et al.	2018
428	Responses of clonal river red gum (Eucalyptus camaldulensis) to waterlogging by fresh and salt water	Akilan, K. et al.	1997
429	Responses of nitrous oxide emissions to nitrogen and phosphorus additions in two tropical plantations with N-fixing vs. non-N-fixing tree species	Zhang, W. et al.	2014
430	Restoration of catchment water balance: Responses of clonal river red gum (Eucalyptus camaldulensis) to waterlogging	Akilan, K. et al.	1997
431	Restoring dissolved organic carbon subsidies from floodplains to lowland river food webs: a role for environmental flows?	Baldwin, DS. et al.	2016
432	Rewetting and litter addition influence mineralisation and microbial communities in soils from a semi-arid intermittent stream	McIntyre, RES. et al.	2009
433	Riparian plant material inputs to the Murray River, Australia: Composition, reactivity, and role of nutrients	Esslemont, G. et al.	2007
434	Riparian vegetation removal alters consumer-resource stoichiometry in an Australian lowland stream	Giling, DP. et al.	2012
435	River red gum and white cypress forests in south-western New South Wales, Australia: Ecological history and implications for conservation of grassy woodlands	Jurskis, V. et al.	2009
436	Root distribution of Eucalyptus grandis and Corymbia maculata in degraded saline soils of south-eastern Australia	Falkiner, RA. et al.	2006
437	Root xylem CO ₂ flux: an important but unaccounted-for component of root respiration	Bloemen, J. et al.	2016
438	Rubber and pulp plantations represent a double threat to Hainan's natural tropical forests	Zhai, DL. et al.	2012
439	Runoff Agroforestry In Arid Lands	Lovenstein, HM. et al.	1991
440	Runoff and sediment yield from forested catchments under varying management intensities: Insights from a subtropical region of Brazil	Ogasawara, MEK. et al.	2021
441	Runoff generation and re-distribution in logged eucalyptus forests, south-eastern Australia	Croke, J. et al.	1999
442	Runoff generation from logged and burnt convergent hillslopes: rainfall simulation and modelling	Lane, PNJ. et al.	2004
443	Runoff responses to forest thinning at plot and catchment scales in a headwater catchment draining Japanese cypress forest	Dung, BX. et al.	2012
444	Salt Accumulation In Semiarid Floodplain Soils With Implications For Forest Health	Jolly, ID. et al.	1993
445	Salt-tolerant reed plants contain lower Na ⁺ and higher K than salt-sensitive reed plants	Takahashi, R. et al.	2007
446	Scientific Basis for Sustainable Management of Eucalyptus and Populus as Short-Rotation Woody Crops in the US	Vance, ED. et al.	2014
447	Screening of Native and Exotic Tree Species in Chile for Element Absorption from Dairy Slurry	Cuevas, JG. et al.	2019
448	Seasonal differences in green leaf breakdown and nutrient content of deciduous and evergreen tree species and grass in a granitic headwater stream	Lopez, ES. et al.	2001
449	Seasonal variation in water sources of the riparian tree species Acer negundo and Betula nigra, southern Appalachian foothills, USA	White, JC. et al.	2015
450	Sediment yield estimation due to changes in land use and cover	Galharte, CA. et al.	2014
451	Seed Bank Of Natural Forest Remnants And Reforestation Areas In A Mogi-Guacu River Floodplain, Luiz Antonio County, Sao Paulo State, Brazil	da Nobrega, AMF. et al.	2009
452	Seed longevity of Eucalyptus victrix in grassland in the floodplain of the Fortescue River, Pilbara, Western Australia	Florentine, SK. et al.	2002
453	Separating effects of vegetation change and climate variability using hydrological modelling and sensitivity-based approaches	Li, HY. et al.	2012
454	Seven decades of stand development in mixed and pure stands of conifers and nitrogen-fixing red alder	Binkley, D. et al.	2003
455	SGS Water Theme: influence of soil, pasture type and management on water use in grazing systems across the high rainfall zone of southern Australia	White, RE. et al.	2003
456	Short-term changes in zooplankton density and community structure in response to different sources of dissolved organic carbon in an unconstrained lowland river: evidence for food web support	Mitrovic, SM. et al.	2014
457	Short-term effects of a prolonged blackwater event on aquatic fauna in the Murray River, Australia: considerations for future events continuação	King, AJ. et al.	2012

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
458	Simple model of evapotranspiration by Eucalyptus plantations for data poor areas and tested using water balance data from a small catchment in Guangxi, China	Ren, S. et al.	2019
459	Simultaneous removal of ammonia and phosphate using green synthesized iron oxide nanoparticles dispersed onto zeolite	Xu, QY. et al.	2020
460	Social Forestry In Environmentally Degraded Regions Of India - Case-Study Of The Mayurakshi Basin	Chatterjee, N. et al.	1995
461	Soil And Physiographic Representativeness Of Native Forest Fragments In Eucalyptus Plantation Areas	Sarcinelli, TS. et al.	2012
462	Soil carbon isotope ratios in forest-grassland toposequences to identify vegetation changes in southern Brazilian grasslands	Andriollo, DD. et al.	2017
463	Soil chemical properties, rather than landscape context, influence woodland fungal communities along an urban-rural gradient	Newbound, M. et al.	2012
464	Soil hydrological properties and sediment transport in two headwater catchments with different vegetative cover at the Coastal Mountain Range in southern Chile	Oyarzun, CE. et al.	2011
465	Soil loss assessment on unpaved forest roads at the Rio Doce Valley, Minas Gerais state, Brazil	de Oliveira, FP. et al.	2010
466	Soil organic carbon and water retention following conversion of grasslands to pine plantations in the Ecuadorian Andes	Farley, KA. et al.	2004
467	Soil organic carbon dynamics following afforestation of degraded pastures with eucalyptus in southeastern Brazil	Lima, AMN. et al.	2006
468	Soil Salinity and pH Drive Soil Bacterial Community Composition and Diversity Along a Lateritic Slope in the Avon River Critical Zone Observatory, Western Australia	O'Brien, FJM. et al.	2019
469	Soil water repellency in riparian systems invaded by Eucalyptus camaldulensis: A restoration perspective from the Western Cape Province, South Africa	Ruwanza, S. et al.	2013
470	Sources Of Water Used By Riparian Eucalyptus-Camaldulensis Overlying Highly Saline Groundwater	Mensforth, LJ. et al.	1994
471	Spatial Assessment of Water Use in an Environmentally Sensitive Wetland	Khan, S. et al.	2009
472	Spatial distribution of the potential and current soil erosion for the Sapucaí River Basin, MG, Brazil	Duraes, MF. et al.	2016
473	Spatial pattern of infiltration rate and its effect on hydrological processes in a small headwater catchment	Miyata, S. et al.	2010
474	Spatial patterns of boom and bust forestry investment development: A case study from Western Australia	Nery, T. et al.	2019
475	Spatial variation of deuterium enrichment in bulk water of snowgum leaves	Santrucek, J. et al.	2007
476	Spatiotemporal analysis of the effects of forest covers on water yield in the Western Ghats of peninsular India	Singh, S. et al.	2012
477	Stable Isotopic Analysis on Water Utilization of Two Xerophytic Shrubs in a Revegetated Desert Area: Tengger Desert, China	Huang, L. et al.	2015
478	Stand-scale transpiration of a Eucalyptus urophylla/Eucalyptus grandis plantation and its potential hydrological implication	Ouyang, L. et al.	2018
479	Stream acidification and base cation losses with grassland afforestation	Farley, KA. et al.	2008
480	Stream flow unaffected by Eucalyptus plantation harvesting implicates water use by the native forest streamside reserve	Smethurst, PJ. et al.	2015
481	Streamflow responses to afforestation with Eucalyptus grandis and Pinus patula and to felling in the Mokobulaan experimental catchments, South Africa	Scott, DF. et al.	1997
482	Structural and functional measures of leaf-associated invertebrates and fungi as predictors of stream eutrophication	Pereira, A. et al.	2016
483	Studies of the impact of forests on peak flows and baseflows: a European perspective	Robinson, M. et al.	2003
484	Sulfluramid use in Brazilian agriculture: A source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) to the environment	Nascimento, RA. et al.	2018
485	Surface and subsurface flow in eucalyptus plantations in north-central Portugal	Boulet, AK. et al.	2015
486	Surface runoff and soil erosion under eucalyptus and oak canopy	Thompson, A. et al.	2016
487	Susceptibility Of Plant-Species In Eucalyptus-Marginata Forest To Infection By Phytophthora Cinnamomi	Shearer, BL. et al.	1995
488	Susceptibility to erosion in the Corrego Guariroba watershed, Campo Grande, Mato Grosso do Sul	Capoane, V. et al.	2019
489	Sustaining recovery in red gum, black box and lignum in the Murray River Valley: clues from natural phenological cycles to guide environmental watering	Jensen, AE. et al.	2017
490	Temporary increases in suspended sediment yields following selective eucalypt forest harvesting	Webb, AA. et al.	2012
491	Testing of a GIS model of Eucalyptus largiflorens health on a semiarid, saline floodplain	Taylor, PJ. et al.	1996
492	Testing wastewater treatment plant effluent effects on microbial and detritivore performance: A combined field and laboratory experiment	Solagaistua, L. et al.	2018
493	The absence of keystone indigenous trees inhibits bird recovery up to a decade after invasive tree removal from riparian habitats	Mangachena, JR. et al.	2019
494	The breakdown of Blue Gum (Eucalyptus globulus Labill.) bark in a Portuguese stream	Goncalves, AL. et al.	2007
495	The chemical constraints upon leaf decay rates: Taphonomic implications among leaf species in Australian terrestrial and aquatic environments	Stear, DC. et al.	2009

continuação

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
496	The conservation value of mesic gullies in dry forest landscapes: avian assemblages in the box-ironbark ecosystem of southern Australia	Mac Nally, R. et al.	2000
497	The demise of swidden-fallow agriculture in an Atlantic Rainforest region: Implications for farmers' livelihood and conservation	Fantini, AC. et al.	2017
498	The distribution and strength of riparian tree roots in relation to riverbank reinforcement	Abernethy, B. et al.	2001
499	The dynamics of carbon accumulation in Eucalyptus and Acacia plantations in the Pearl River delta region	Zhang, H. et al.	2018
500	The effect of flooding and flood timing on leaf litter breakdown rates and nutrient dynamics in a river red gum (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) forest	Glazebrook, HS. et al.	1999
501	The effect of hydrologic process changes on NDVI in the desert-oasis ecotone of the Hexi Corridor	Zhao, WZ. et al.	2014
502	The effect of riparian tree roots on the mass-stability of riverbanks	Abernethy, B. et al.	2000
503	The effect of short-term socio-economic and demographic change on landuse dynamics and its corresponding geomorphic response with relation to water erosion in a tropical mountainous catchment, Ecuador	Vanacker, V. et al.	2003
504	The effect of temperature on leaching and subsequent decomposition of dissolved carbon from inundated floodplain litter: implications for the generation of hypoxic blackwater in lowland floodplain rivers	Whitworth, KL. et al.	2014
505	The effective hydrological neighborhood: A new concept to formulate harvest area constraints	Gimenez, JC. et al.	2019
506	The effects caused by the replacement of native riparian forest with <i>Eucalyptus</i> sp. on the benthic macro-invertebrate community	Remor, MB. et al.	2013
507	The effects of eucalypt plantations on plant litter decomposition and macroinvertebrate communities in Iberian streams	Ferreira, V. et al.	2015
508	The effects of flooding and livestock on post-dispersal seed predation in river red gum habitats	Meeson, N. et al.	2002
509	The effects of rainfall and irrigation on cherry root water uptake under drip irrigation	Cao, XQ. et al.	2018
510	The Effects of Spatial Scale on Breakdown of Leaves in a Tropical Watershed	Rezende, RS. et al.	2014
511	The effects of topography and forest management on water storage in catchments in south-central Chile	Barrientos, G. et al.	2018
512	The effects of willow and eucalypt leaves on feeding preference and growth of some Australian aquatic macroinvertebrates	Yeates, LV. et al.	1999
513	The germinable soil seedbank of <i>Eucalyptus victrix</i> grassy woodlands at Roy Hill Station, Pilbara District, Western Australia	Graham, RA. et al.	2004
514	The Hydrological Effects Of Fire In South-African Mountain Catchments	Scott, DF. et al.	1993
515	The Impact of a Warming Micro-Climate on Muooni Farmers of Kenya	Luwesi, CN. et al.	2017
516	The impact of eucalypt on the leaf-associated aquatic hyphomycetes in Spanish streams	Chauvet, E. et al.	1997
517	The Impact of Land Use Changes on Soil Erosion in the River Basin of Miocki Potok, Montenegro	Spalevic, V. et al.	2020
518	The Impacts of Native Forests and Forest Plantations on Water Supply in Chile	Alvarez-Garreton, C. et al.	2019
519	The Importance of Catchments to Mine-pit Lakes: Implications for Closure	Lund, M. et al.	2020
520	The influence of flood frequency, geomorphic setting and grazing on plant communities and plant biomass on a large dryland floodplain	Reid, MA. et al.	2011
521	The influence of leaf litter on zooplankton in floodplain wetlands: changes resulting from river regulation	Watkins, SC. et al.	2011
522	The Influence On Groundwater Levels And Salinity Of A Multi-Specied Tree Plantation In The 500 Mm Rainfall Region Of South-Western Australia	Greenwood, ean. et al.	1994
523	The irreversible cattle-driven transformation of a seasonally flooded Australian savanna	Sharp, BR. et al.	2003
524	The long-term water balance (1972-2004) of upland forestry and grassland at Plynlimon, mid-Wales	Marc, V. et al.	2007
525	The marked flooding tolerance of seedlings of a threatened swamp gum: implications for the restoration of critical wetland forests	Greet, J. et al.	2015
526	The Morning Glory Project: A Papua New Guinea-Queensland Australia Undersea Freshwater Pipeline	Finkl, CW. et al.	2011
527	The Muni-Pomadze Ramsar site	Gordon, C. et al.	2000
528	The ongoing naturalisation of <i>Eucalyptus</i> spp. in the Mediterranean Basin: new threats to native species and habitats	Badalamenti, E. et al.	2018
529	The Potential of Tree Rings in <i>Eucalyptus pauciflora</i> for Climatological and Hydrological Reconstruction	Brookhouse, M. et al.	2008
530	The potential of <i>Vachellia kosiensis</i> (<i>Acacia kosiensis</i>) as a dryland forestry species in terms of its water use, growth rates and resultant water-use efficiency	Gush, MB. et al.	2017
531	The red gum condition index: a multi-variable tree condition index for visually assessed river red gum (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) trees	Souter, NJ. et al.	2019
532	The replacement of native plants by exotic species may affect the colonization and reproduction of aquatic hyphomycetes	Gomes, PP. et al.	2016
533	The resilience of a floodplain vegetation landscape	Shilpakar, RL. et al.	2021
534	The response in water yield to the thinning of <i>Pinus radiata</i>, <i>Pinus patula</i> and <i>Eucalyptus grandis</i> plantations continuação	Lesch, W. et al.	1997

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
535	The role of seedbanks in restoration of floodplain woodlands	Jensen, AE. et al.	2008
536	The transpiration response by four topographically distributed Eucalyptus species, to rainfall occurring during drought in south eastern Australia	Eberbach, PL. et al.	2006
537	The use of natural forests in Venezuela	Plonczak, M. et al.	1997
538	The water balance and water sources of a Eucalyptus plantation over shallow saline groundwater	Feikema, PM. et al.	2010
539	The Water Balance In Watershed With Commercial Plantation Of Eucalyptus Grandis X Urophylla In Eastern Minas Gerais, Brazil	Almeida, AQ. et al.	2013
540	Throughfall enrichment and stream nutrient chemistry in small headwater catchments with different land cover in southern Chile	Herve-Fernandez, P. et al.	2016
541	Time series analysis of the long-term hydrologic impacts of afforestation in the Agueda watershed of north-central Portugal	Hawtree, D. et al.	2015
542	Tolerance of Hybrid Poplar (Populus) Trees Irrigated with Varied Levels of Salt, Selenium, and Boron	Shannon, MC. et al.	1999
543	Tolerance of salinized floodplain conditions in a naturally occurring Eucalyptus hybrid related to lowered plant water potential	Zubrinich, TM. et al.	2000
544	Toxic potential of some indigenous plant oils against the rice weevil, Sitophilus oryzae (Linnaeus)	Khan, HAA. et al.	2019
545	Transcriptome and defence response in Eucalyptus camaldulensis leaves to feeding by Glycaspis brimblecombei Moore (Hemiptera: Aphalaridae): a stealthy psyllid does not go unnoticed	Patton, MF. et al.	2018
546	Transpiration along an age series of Eucalyptus globulus plantations in southeastern Australia	Forrester, DI. et al.	2010
547	Transpiration alters the contribution of autotrophic and heterotrophic components of soil CO ₂ efflux	Grossiord, C. et al.	2012
548	Transpiration and early growth of tree plantations established on degraded cropland over shallow saline groundwater table in northwest Uzbekistan	Khamzina, A. et al.	2009
549	Tree health and regeneration response of Black Box (Eucalyptus largiflorens) to recent flooding	Moxham, C. et al.	2018
550	Tree Invasion Of An Intermittent Wetland In Relation To Changes In The Flooding Frequency Of The River Murray, Australia	Bren, LJ. et al.	1992
551	Tree type and forest management effects on the structure of stream wood following wildfires	Vaz, PG. et al.	2011
552	Tree water sources over shallow, saline groundwater in the lower River Murray, south-eastern Australia: implications for groundwater recharge mechanisms	Holland, KL. et al.	2006
553	Trees outside forests: agro-, community, and urban forestry	Long, AJ. et al.	1999
554	Underground water use by Eucalyptus trees in an arid climate	Cohen, Y. et al.	1997
555	Understanding patterns of vegetation degradation at meaningful scales within saline landscapes	Callow, JN. et al.	2011
556	Urban catchment hydrology overwhelms reach scale effects of riparian vegetation on organic matter dynamics	Imberger, SJ. et al.	2011
557	Using a Bayesian network model to assess ecological responses to hydrological factor interactions	Kath, JM. et al.	2016
558	Using stable isotopes to quantify water sources for trees and shrubs in a riparian cottonwood ecosystem in flood and drought years	Flanagan, LB. et al.	2019
559	Validation of plantation transpiration in south-eastern Australia estimated using the 3PG+forest growth model	Feikema, PM. et al.	2010
560	Variability in allometric relationships for temperate woodland Eucalyptus trees	Taylor, JE. et al.	2016
561	Variation in performance of Eucalyptus tereticornis provenances at Michafutene, Mozambique	Chamshama, SAO. et al.	1999
562	Variation in susceptibility to Phytophthora cinnamomi infection within the genus Lambertia	Shearer, BL. et al.	2010
563	Variation of evapotranspiration with stand age and climate in a small Japanese forested catchment	Murakami, S. et al.	2000
564	Variations In Stream Water-Uptake By Eucalyptus-Camaldulensis With Differing Access To Stream Water	Thorburn, PJ. et al.	1994
565	Vegetation changes in a semiarid tropical savanna, northern Australia: 1973-2002	Bastin, GN. et al.	2003
566	Vegetative characteristics and biomass production of two hybrid Poplar clones in relation to the environmental conditions in the Velino river hydrographic basin (central Italy)	Orlandi, F. et al.	2017
567	Voices of the drought: farmers, mediators and public authorities in the face of drought in the semi-arid region of Jequitinhonha Mineiro	Galizoni, FM. et al.	2020
568	Water balance in paired watersheds with eucalyptus and degraded grassland in Pampa biome	Reichert, JM. et al.	2017
569	Water balance model and eucalyptus growth simulation in the rio doce basin, Brazil	da Silva, WCM. et al.	2013
570	Water balance of tropical eucalypt plantations in south-eastern China	Lane, PNJ. et al.	2004
571	Water consumption of a six-year-old river red gum plantation in the Southern Zagros Mountains, Iran	Edraki, M. et al.	2007
572	Water Erosion in Oxisols under Coffee Cultivation	Mendes, H. et al.	2018
573	Water erosion modeling in the watersheds of the rivers Lontra and Manoel Alves Pequeno, Tocantins State, Brazil	Barros, END. et al.	2018

continuação

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de Publicação
574	Water Erosion Post-Planting In Eucalyptus Forests In The Parana River Basin, In The Eastern Mato Grosso Do Sul	Candido, BM. et al.	2014
575	Water erosion vulnerability and sediment delivery rate in upper Iguacu river basin - Parana	Duraes, MF. et al.	2016
576	Water quality and composition of aquatic macroinvertebrates in the subwatershed of river Chinchina, Colombia	Meza, AM. et al.	2012
577	Water relations of Eucalyptus nitens x Eucalyptus grandis: is there interclonal variation in response to experimentally imposed water stress?	Mokotedi, MEO. et al.	2013
578	Water relations of riparian plants from warm desert regions	Smith, SD. et al.	1998
579	Water source utilization under differing surface flow regimes in the riparian species Liquidambar styraciflua, in the southern Appalachian foothills, USA	White, JC. et al.	2020
580	Water sources accessed by arid zone riparian trees in highly saline environments, Australia	Costelloe, JF. et al.	2008
581	Water sources used by riparian trees varies among stream types on the San Pedro River, Arizona	Snyder, KA. et al.	2000
582	Water uptake by saltcedar (Tamarix ramosissima) in a desert riparian forest: responses to intra-annual water table fluctuation	Sun, ZY. et al.	2016
583	Water uptake by two river red gum (Eucalyptus camaldulensis) clones in a discharge site plantation in the western Australian wheatbelt	Marshall, JK. et al.	1997
584	Water use by Eucalyptus tereticornis stands of differing density in Southern India	Kallarackal, J. et al.	1997
585	Water use by short rotation Eucalyptus woodlots in southern Rwanda	Mugunga, CP. et al.	2015
586	Water use sources of desert riparian Populus euphratica forests	Si, JH. et al.	2014
587	Water, Wind, Wood, and Trees: Interactions, Spatial Variations, Temporal Dynamics, and their Potential Role in River Rehabilitation	Erskine, WD. et al.	2012
588	Water-Quality In Mountain Ash Forests - Separating The Impacts Of Roads From Those Of Logging Operations	Grayson, RB. et al.	1993
589	Water-Use Of Agricultural And Native Plants In A Western Australian Wheat-Belt Catchment	Farrington, P. et al.	1992
590	Water-Use Of Plantation Eucalyptus-Camaldulensis Estimated By Groundwater Hydrograph Separation Techniques And Heat Pulse Method	Salama, RB. et al.	1994
591	Whole-tree sap flow responses to soil water and weather variables for Pinus radiata and three indigenous species in a southern afrotemperate forest region	Mapeto, T. et al.	2018
592	Whole-tree transpiration and water-use partitioning between Eucalyptus nitens and Acacia dealbata weeds in a short-rotation plantation in northeastern Tasmania	Hunt, MA. et al.	1998
593	Why is the Arkavathy River drying? A multiple-hypothesis approach in a data-scarce region	Srinivasan, V. et al.	2015
594	Wide-area estimates of evapotranspiration by red gum (Eucalyptus camaldulensis) and associated vegetation in the Murray-Darling River Basin, Australia	Nagler, PL. et al.	2016
595	Wildfire impacts on freshwater detrital food webs depend on runoff load, exposure time and burnt forest type	Carvalho, F. et al.	2019
596	Wood properties of Eucalyptus globulus at three sites in Western Australia: effects of fertiliser and plantation stocking	Downes, G. et al.	2014

conclusão