

# DEFINIÇÃO DA ZONA RIBEIRINHA/VEGETAÇÃO RIBEIRINHA: PRINCÍPIOS E RECOMENDAÇÕES

Data: Versão 1, Março 2019

Data da Tradução PT (Versão 1): Junho 2020



## Resumo

A vegetação ribeirinha, ripícola ou ripária corresponde a toda a vegetação que se encontra ao longo da rede hidrográfica, independentemente da sua fisionomia ou origem, e que se encontra funcionalmente relacionada com outras componentes do sistema fluvial e da sua área envolvente. Esta vegetação pertence à zona ribeirinha, ripícola ou ripária, que se trata de uma unidade de paisagem aberta (a fluxos de e para os sistemas fluviais e zonas terrestres adjacentes) e co-construída (i.e. influenciada por processos naturais e sociais). O espaço ao longo dos sistemas fluviais influencia e é influenciado pelo rio e pelos processos que lhe estão associados. A estrutura e funcionamento ecológico das comunidades bióticas nesta zona são variáveis ao longo das quatro dimensões do sistema fluvial (longitudinal, lateral, vertical e temporal). Esta variabilidade é principalmente impulsionada pelas condições bioclimáticas, geomorfológicas e de ocupação do solo, que se alteram com o tempo sob a influência de ações antropogénicas e naturais. Esta variabilidade influencia a forma como a vegetação ribeirinha é identificada, denominada, delimitada e estudada. De um ponto de vista funcional, a sua delimitação necessita de se adequar às funções visadas. Assim, uma delimitação não adequada ou demasiado restrita pode fazer com que algumas funções associadas à vegetação ribeirinha sejam excluídas. Pelo contrário, uma delimitação ampla poderá ajudar a considerar e gerir a zona ribeirinha através de um sistema realmente integrativo, capaz de combinar a maior parte das problemáticas relacionadas com a vegetação ribeirinha e os seus intervenientes.

### Principais recomendações:

1. Reconhecer as zonas ribeirinhas como sistemas socio-ecológicos co-construídos, impulsionados por processos naturais e humanos, que seguem trajetórias complexas ao longo do tempo.
2. Considerar a vegetação ribeirinha como um sistema aberto (i) relacionado com o canal fluvial, a área envolvente, a bacia hidrográfica a montante, a atmosfera e o substrato e (ii) conectado a todos estes componentes através de fluxos bidirecionais.
3. Promover o uso de uma definição/delimitação que integre e maximize todas as funções dentro do sistema socio-ecológico (i.e., os serviços de ecossistema de suporte, aprovisionamento, regulação e culturais).
4. Desenvolver exemplos e ferramentas para promover boas práticas na delimitação de zonas ribeirinhas.
5. Clarificar qual é o conhecimento específico de cada local e o conhecimento que é transferível (ex. largura mínima da zona ribeirinha necessária para uma determinada função, eficácia de um determinado índice topográfico para a delimitação da zona ribeirinha).

Autores: Simon Dufour<sup>1</sup> e Patricia María Rodríguez-González<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Rennes 2, CNRS UMR LETG

<sup>2</sup>Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

Tradução: Maria Helena Alves<sup>a</sup>, Teresa Álvares<sup>b</sup>, Inês Catarina Gomes Marques<sup>c</sup>, Patricia María Rodríguez-González<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Administração de Região Hidrográfica do Tejo e Oeste, Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

<sup>b</sup> Departamento do Litoral e Proteção Costeira, Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

<sup>c</sup> Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

### Agradecimentos:

- Daniel Bruno-Collados, Diego García de Jalón, Tímea Kiss, Roberto Martínez, Rob Francis, Nicola Clerici.
- Este relatório tem por base o trabalho realizado na Ação COST “KNOWLEDGE CONVERSION FOR ENHANCING MANAGEMENT OF EUROPEAN RIPARIAN ECOSYSTEMS E SERVICES” (CONVERGES) CA16208 suportado pela COST (European Cooperation in Science e Technology; [www.cost.eu](http://www.cost.eu)). COST é uma agência europeia de financiamento de redes de investigação e inovação. As Ações COST auxiliam na interligação de iniciativas de investigação na Europa e permitem aos

cientistas envolvidos o desenvolvimento das suas ideias ao partilhá-las com os seus pares, impulsionando a sua investigação, carreira e inovação.

- Financiado pelo Programa Horizonte 2020 da União Europeia
- Patricia M Rodríguez-González é financiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, através do programa Investigador FCT (IF/00059/2015)

Este relatório não é uma revisão exaustiva do tópico em questão, mas sim um documento em progresso para a Ação COST “KNOWLEDGE CONVERSION FOR ENHANCING MANAGEMENT OF EUROPEAN RIPARIAN ECOSYSTEMS *E* SERVICES” (CONVERGES) CA16208. Queira direcionar quaisquer comentários ou questões para Simon Dufour ([simon.dufour@univ-rennes2.fr](mailto:simon.dufour@univ-rennes2.fr)).

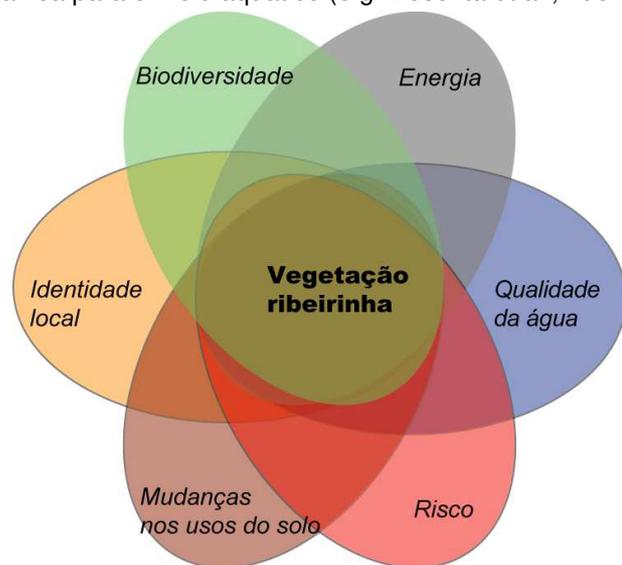
Citação: Dufour S., Rodríguez-González P.M. (2019). DEFINIÇÃO DA ZONA RIBEIRINHA/VEGETAÇÃO RIBEIRINHA: PRINCÍPIOS E RECOMENDAÇÕES. Report, COST Action CA16208 CONVERGES, 23 pp. Tradução por Alves, M.H., Álvares, T., Gomes Marques, I.C., Rodríguez González, P.M.  
(<https://converges.eu/resources/riparian-zone-riparian-vegetation-definition-principles-e-recommendations/>)

## Índice

Definição de Zona ribeirinha/Vegetação ribeirinha: Princípios e Recomendações .....	1
1. Introdução – Vegetação Rbeirinha: uma componente crucial dos sistemas fluviais .....	5
2. Objetivo do Relatório .....	6
3. Caraterísticas comuns da zona ribeirinha/vegetação ribeirinha .....	6
4. Fontes de variabilidade na identificação da zona ribeirinha e da vegetação ribeirinha .....	12
4.1. Variabilidade no objecto .....	13
4.2. Variabilidade da representação.....	16
5. Delimitação da zona ribeirinha.....	16
Conclusão - recomendação .....	20
Referências.....	20

# 1. INTRODUÇÃO – VEGETAÇÃO RIBEIRINHA: UMA COMPONENTE CRUCIAL DOS SISTEMAS FLUVIAIS

A vegetação ribeirinha é uma componente crucial dos sistemas fluviais e serve múltiplos objetivos socio-ecológicos (Malanson, 1993; National Research Council, 2002; Naiman *et al.*, 2005) (Fig.1). Fisicamente, a vegetação ribeirinha dos rios altera o escoamento superficial e os processos sedimentares através da proteção das margens, colonização de depósitos sedimentares, fornecimento de materiais lenhosos de grandes dimensões, etc. (Gurnell e Gregory, 1995; Piégay e Gurnell, 1997; Tabacchi *et al.*, 1998; Gurnell e Petts, 2006; Corenblit *et al.*, 2007; Gurnell, 2014). De uma perspectiva morfológica, esta influência ser suficientemente forte para alterar a morfologia do rio (Tal *et al.*, 2004). Quimicamente, a vegetação ribeirinha suporta os ciclos biogeoquímicos dos sistemas fluviais. Por exemplo, o seu efeito tampão melhora a qualidade da água nas bacias hidrográficas predominantemente agrícolas, afetadas por fontes de poluição difusa (Sabater *et al.*, 2003; Mander *et al.*, 2005). Biologicamente, a vegetação ribeirinha apresenta riqueza específica elevada e aumenta a biodiversidade regional (e.g. Tabacchi, 1992; Naiman, *et al.*, 1993; Pautou *et al.*, 1997; Jobin *et al.*, 2004; Sabo *et al.*, 2005; Schintzler-Lenoble, 2007). Este papel biológico está também relacionado com as suas funções de habitat e de corredor ecológico (e.g. Décamps *et al.*, 1987; Rosenberg *et al.*, 1997; Seymour e Simmons, 2008; Schnitzler-Lenoble, 2007; Roshan *et al.*, 2017, de la Fuente *et al.*, 2018) e com a influência da vegetação ribeirinha nos sistemas aquáticos, por exemplo na regulação temperatura ou através dos *inputs* de matéria orgânica para o meio aquático (e.g. Beschta *et al.*, 1987; Maridet, 1994; Hill *et al.*, 2001; Ferreira *et al.*, 2016; Miura e Urabe, 2015; Astudillo *et al.*, 2016; Wawrzyniak *et al.*, 2017; Dugdale *et al.*, 2018). Algumas destas funções foram identificadas como sendo críticas para a mitigação dos efeitos das alterações climáticas a nível local, como seja a regulação térmica dos cursos de água (Kristensen *et al.*, 2015; Trimmel *et al.*, 2018). Socialmente, a vegetação ribeirinha contribui para a identidade da paisagem à qual pertence, contribuindo assim para os serviços culturais (e.g. recreio, espiritualidade, inspiração).



**Figura 1. A vegetação ribeirinha como um componente crucial de vários temas socio-ecológicos**

Muitas destas funções são consideradas positivas porque melhoram o bem-estar humano, através do providenciamento de muitos serviços de ecossistema, tais como áreas de recreio, matérias-primas (e.g. madeira, energia) e melhoria da qualidade da água (Gren *et al.*, 1995; Kenwick *et al.*, 2009; Recchia *et al.*, 2010; Flores-Díaz *et al.*, 2014). No entanto, a vegetação ribeirinha também está associada a várias limitações (desserviços) que podem gerar uma perceção mais negativa, principalmente relacionada com a ocorrência de eventos hidrológicos extremos. Durante períodos de baixo caudal, a vegetação ribeirinha ensombra o canal, o que diminui a evaporação; no entanto esta também consome água (Pivec, 2002; Lamontagne *et al.*, 2005; Salemi *et al.*, 2012; Irmak *et al.*, 2013; Flanagan *et al.*, 2017), mesmo que esta dependa do tipo de vegetação; por exemplo as espécies nativas consomem menos água que espécies exóticas (Ehrenfeld, 2003), o que compete com as necessidades sociais. Durante as cheias, a vegetação ribeirinha pode ter efeitos contraditórios no risco de cheias. Localmente, através do aumento da rugosidade, a vegetação ribeirinha tem um efeito atenuador das cheias desde o canal até à planície de inundação (i.e. reduz a velocidade da água, a erosão e os danos nas infraestruturas humanas), mas também pode aumentar o nível de água para um determinado caudal. A jusante, a

vegetação ribeirinha produz detritos lenhosos que podem aumentar o impacto das cheias, mas que, por outro lado, podem diminuir os picos de cheias ao favorecerem o armazenamento de água a montante. Uma percepção potencialmente negativa por parte dos habitantes na zona ribeirinha está associada ao desenvolvimento da vegetação resultante de alterações ao uso do solo (i.e. eliminação do pastoreio ou agricultura), que modificam a paisagem cultural e, por consequência, a identidade do local (Schnitzler e Génot, 2012).

Tendo em conta todos os papéis socio-ecológicos realizados pelos sistemas fluviais, a vegetação ribeirinha é considerada um objeto de estudo quer do ponto de vista científico, quer do ponto de vista técnico, sendo abordado em muitos documentos de gestão e de investigação científica. No entanto, são muito os nomes dados na literatura à vegetação que coloniza as margens dos rios: “alluvial swamp forests”, “gallery forests”, “floodplain forests”, etc. em Inglês, “ripisylve”, “forêt alluviale”, “boisement riverain”, etc. em Francês e “bosque de ribera”, “bosque ribereño”, “Soto”, “bosque en galería”, etc. em Espanhol. Em inglês, Fischer *et al.* (2001) listaram mais de 30 termos para a vegetação situada perto de sistemas aquáticos. Para além desta diversidade, existe também alguma confusão pois o mesmo objeto pode ter várias designações e a mesma designação pode identificar vários objetos (Clerici *et al.*, 2011). Esta diversidade e confusão de termos pode gerar algum equívoco e tensão entre os intervenientes.

## 2. OBJETIVO DO RELATÓRIO

Este relatório tem como objetivo proporcionar elementos para clarificar a identificação da zona ribeirinha e da vegetação ribeirinha dos sistemas fluviais. Considera-se como “identificação,” a definição e delimitação deste objeto complexo, o que por si só são dois processos diferentes. A delimitação implica a capacidade de desenhar um mapa capaz de indicar claramente o que está dentro e o que está fora da zona ribeirinha, o que pode ter implicações legais. De forma a alcançar este objetivo, apresentam-se primeiro as características comuns da vegetação/zona ribeirinha e de seguida as fontes de variabilidade na sua definição.

*Alguns elementos relevantes de revisão podem ser encontrados em National Research Council (2002), Verry et al. (2004), Naiman et al. (2005), Clerici et al. (2011) e Dufour et al. (2019) para definições, em Clerici et al. (2013) e de Sosa et al. (2017) para delimitação.*

## 3. CARATERÍSTICAS COMUNS DA ZONA RIBEIRINHA/VEGETAÇÃO RIBEIRINHA

Apesar da diversidade de termos utilizados para designar a vegetação que coloniza as margens dos rios, existem algumas características comuns.

1. **O solo ao longo do sistema fluvial influencia o rio e é influenciado por ele** através de relações físicas, biológicas, químicas, etc. (Fig. 2).
  - O vetor das interações é principalmente a água, através do escoamento lateral, cheias e dinâmica das águas subterrâneas.
  - Nesta faixa verifica-se a presença de vegetação específica, principalmente influenciada pela perturbação provocada pelas cheias (Fig. 3a), pelo *stress* gerado pelas condições anóxicas provocadas pelo alagamento (Fig. 3b) e/ou pela disponibilidade hídrica, maior do que nas áreas terrestres, devido ao nível freático mais elevado.

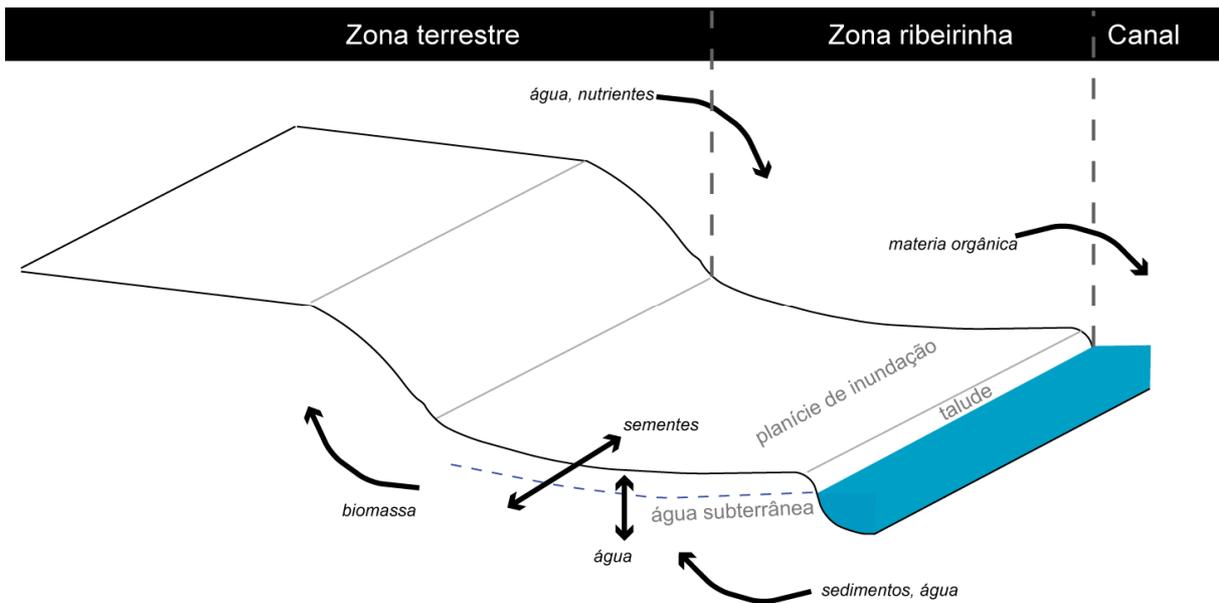


Figura 2. Secção transversal de uma zona ribeirinha teórica. As setas indicam fluxos de matéria, energia, água e informação (os exemplos não são exaustivos).

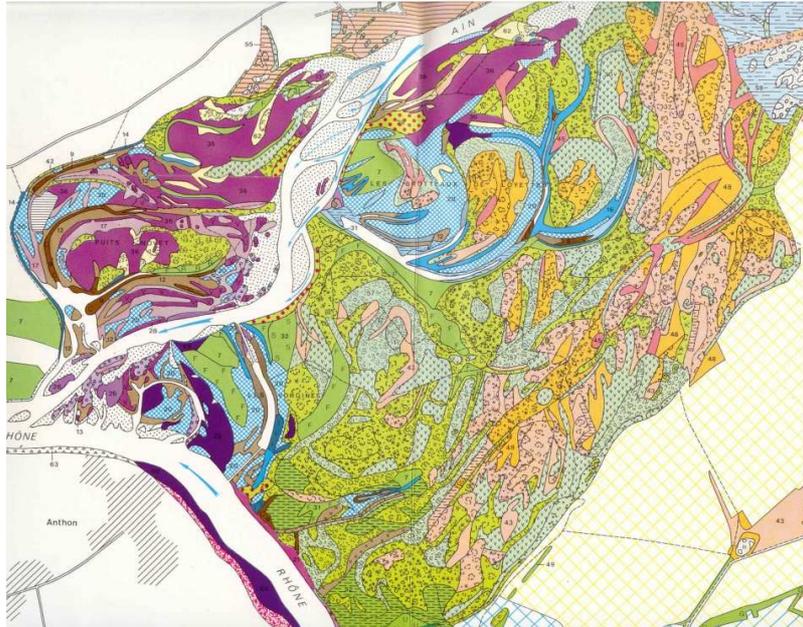


Figura 3. Vegetação específica relacionada com (esquerda) perturbação do regime num banco de areia colonizada por *Salix* sp. (Ain Rio Ain, France) e (direita) condições anóxicas na parte inferior da margem do rio (*Alnus* sp., Rio Doulon, França).

2. A vegetação ribeirinha é o **complexo de comunidades vegetais presentes na zona ribeirinha**.
- Faz parte das zonas ribeirinhas, que foram definidas como sendo zonas de “transição entre ecossistemas terrestres e aquáticos e... distinguidas por gradientes das condições biofísicas, processos ecológicos e biota. São áreas que através do escoamento superficial e subsuperficial ligam as massas de água com as zonas terrestres adjacentes. Incluem as áreas de ecossistemas terrestres que influenciam significativamente as trocas de energia

e matéria com os ecossistemas aquáticos (i.e. uma zona de influência)” (National Research Council, 2002). O termo “zona” às vezes é substituído por “área”, “ecótono”, “sistema” ou “espaço” (Tabela 1), devido ao facto do termo “zona” poder ser associado a uma ampla zona climática e não à característica local dominante de uma área ribeirinha.

- Constitui um mosaico de manchas de vegetação que podem ter fisionomia, estrutura e composição diferentes devido à variabilidade local das condições físicas (por exemplo, velocidade do escoamento durante as cheias, elevação sobre o nível da água, substrato), na idade das formas fluviais e uso do solo (por exemplo, pastoreio, silvicultura) (Fig. 4).



**Figura 4. Mapa de unidades de vegetação na confluência dos Rios Ain e Rhone (Fonte: Girel, 1986). Cada cor representa uma diferente comunidade vegetal.**

- Inclui comunidades vegetais significativamente diferentes das comunidades vegetais terrestres, contribuindo para o aumento da riqueza regional em todo o planeta (Sabo *et al.*, 2005).
- Pode ser simplificada através da utilização de uma abordagem discreta que agrupa comunidades de plantas com base no processo de dinâmica fluvial dominante. Para diversos contextos bioclimáticos em toda a Europa, Gurnell *et al.* (2016) distinguem quatro faixas na zona ribeirinha, respetivamente, desde o leito do curso de água até às áreas terrestres: uma primeira “faixa onde domina a perturbação fluvial (“*fluvial disturbance*”), com erosão e deposição de sedimentos grosseiros”, uma segunda “faixa onde domina a perturbação fluvial, com a deposição de sedimentos finos”, uma “faixa dominada pelas inundações”, e uma faixa dominada por um “regime de humidade do solo” (Fig. 5).

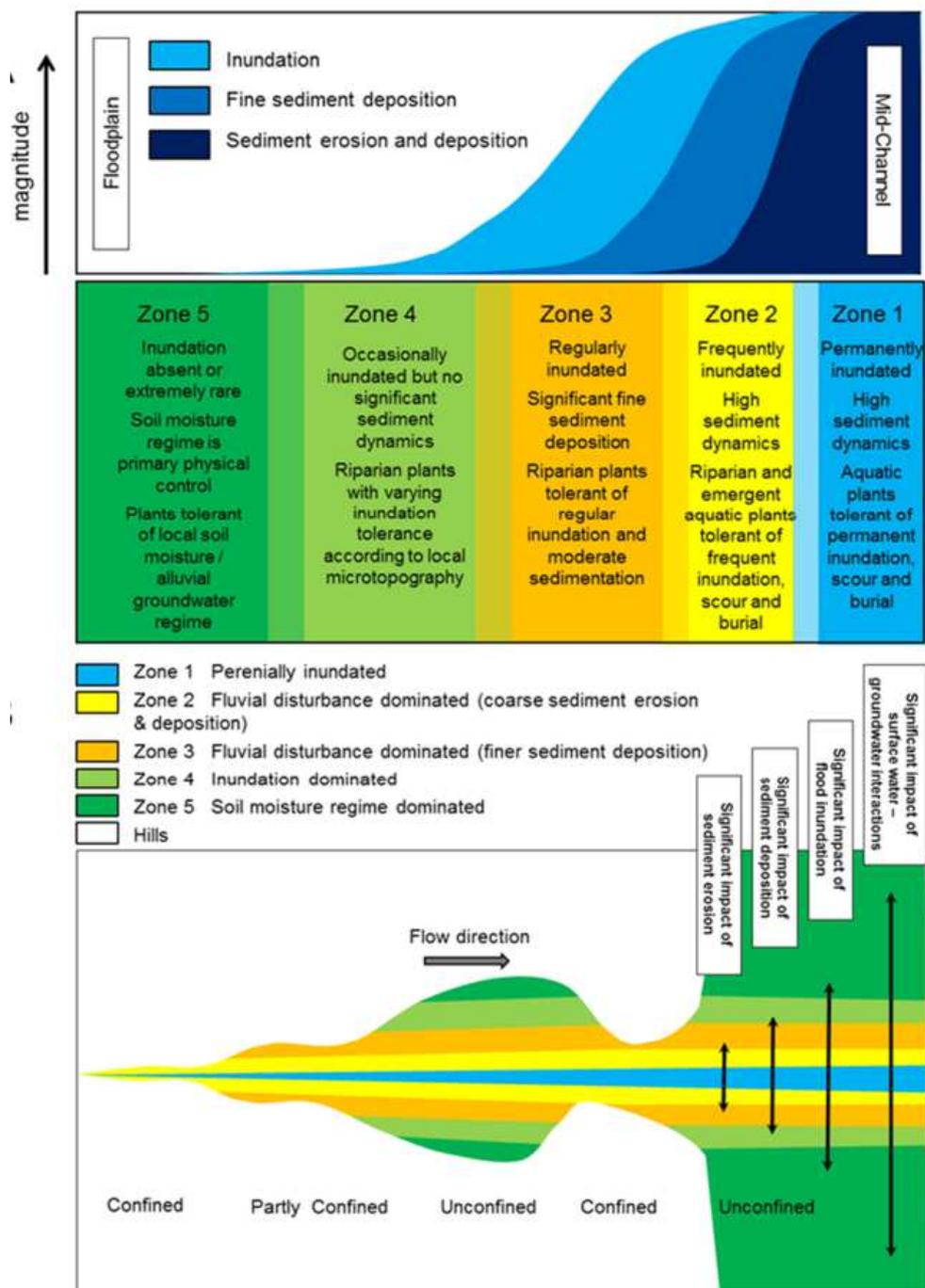


Figura 5. Zonamento lateral da zona ribeirinha ao longo da rede hidrográfica; as zonas são dominadas por diferentes processos hidrogeomorfológicos (Fonte: Gurnell *et al.*, 2016)

3. A maioria das definições de zona ribeirinha e de vegetação ribeirinha utiliza uma abordagem funcional que evidencia os fluxos **bidirecionais entre os sistemas aquáticos e terrestres**, dos processos hidrológicos, morfológicos, químicos e biológicos (Tabela 1).

Tabela 1. Seleção de definições da zona ribeirinha e unidades de vegetação relacionadas. Tipo da definição: (F = Funcional e E = Estrutural); Abordagem principal da definição: (Flu = processos fluviais, Geo = limites topográficos/geográficos, Soi = características do solo, Bio = comunidades biológicas)

Expressão	Definição	Tipo	Abordagem principal	Fonte
Zona ribeirinha/ripícola/ripária (ou área ou ecótono ou espaço ou sistema)				
Zona ribeirinha/ ripícola/ ripária ( <i>riparian zone</i> )	Zona de interação direta entre os ambientes terrestres e aquáticos A vegetação, hidrologia e topografia determinam o tipo, magnitude e direção das relações funcionais, sendo que os sistemas terrestres podem afetar os sistemas aquáticos e vice-versa.	F	Flu	Swanson <i>et al.</i> , 1982
	Zona tridimensional de interação direta entre os ecossistemas terrestres e aquáticos. Os limites da zona ribeirinha estendem-se longitudinalmente até ao limite do leito de cheia e na vertical, acima da copa da vegetação ribeirinha.	F	Flu	Gregory <i>et al.</i> , 1991
	Área contígua a um curso de água, claramente influenciada por essa proximidade	F/E	Flu/Geo	Bren, 1993
	Abrange a zona entre o leito maior e o leito menor e a parte terrestre lateral ao leito maior até onde a vegetação pode ser influenciada por lençóis freáticos elevados ou cheias e pela capacidade dos solos reterem água. [...] Vegetação fora da zona que não é influenciada pelas condições hidrológicas, mas que contribui com matéria orgânica para o canal ou planície aluvial, ou que influencia o regime físico do canal ou planície de cheia por ensombramento, pode ser considerada parte da zona ribeirinha.	F	Flu	Naiman e Décamps, 1997
	Transição entre os ecossistemas terrestres e aquáticos, diferenciada por gradientes nas condições biofísicas, processos ecológicos e biota. As massas de água e as zonas terrestres adjacentes estão conectadas através do escoamento superficial e subsuperficial.	F	Flu	National Research Council, 2002
	Termo ecológico referente à área da paisagem fluvial inundada ou saturada pelos caudais de cheia; abrange o leito ativo do curso de água até à planície de inundação, incluindo canais, bancos de areia, terraços aluviais, e formas fluviais relacionadas, como sejam os meandros, leitos abandonados, depressões e diques naturais. Particularmente em ambientes áridos e semiáridos (deficientes em água), a zona ribeirinha pode abrigar plantas e outro biota não presentes nas áreas terrestres adjacentes, mais secas.	F	Flu	Osterkamp, 2008
	Áreas semi-terrestres situadas na interface do ambiente terrestre e aquático. São frequentemente influenciadas por eventos de cheias. O ambiente terrestre e o ambiente aquático estão conectados através do escoamento superficial e subsuperficiais.	F	Flu	Vidon <i>et al.</i> , 2010
	Área entre o limite do leito do curso de água e a zona característica de transição entre solos orgânicos e minerais. [...] Esta definição, baseada nas características do solo, possui também dimensões topográficas e biológicas. A zona transição do tipo de solo acima mencionada é geralmente acompanhada pelo aumento do declive do terreno e por mudanças na vegetação.	E	Soi	Ledesma <i>et al.</i> , 2018
	Área de fronteira ou margens de um curso de água. Embora o termo "zona ribeirinha" seja por vezes utilizado em alternativa à designação "planície de inundação", esta é geralmente	E	Flu	<a href="http://medwet.org/aboutwetlands/wetland-terminology/">http://medwet.org/aboutwetlands/wetland-terminology/</a>

	mais estreita que a planície de inundação. A duração das cheias numa zona ribeirinha é geralmente muito menor, e o seu período de ocorrência menos previsível do que numa planície de inundação fluvial.			
Área ribeirinha/ Ripícola/ Ripária ( <i>Riparian area</i> )	Ecótono tridimensional de interação que inclui ecossistemas terrestres e aquáticos que se prolongam em profundidade até às águas subterrâneas, e em altura, acima da copa da vegetação ribeirinha, prolongando-se transversalmente através da planície de inundação, até às encostas adjacentes que drenam ao curso fluvial, e lateralmente até aos ecossistemas terrestres e ao longo do curso de água a uma largura variável.	F	Flu	Ilhardt <i>et al.</i> , 2000
Ecótono ribeirinho/ Ripícola/ Ripário ( <i>Riparian ecotone</i> )	Espaço tridimensional de interação que inclui ecossistemas terrestres e aquáticos que se prolongam em profundidade até às águas subterrâneas, e em altura, acima da copa da vegetação ribeirinha, transversalmente através da planície de inundação, até às encostas adjacentes que drenam ao curso fluvial, e lateralmente até aos ecossistemas terrestres e ao longo do curso de água a uma largura variável.	F/E	Flu	Verry <i>et al.</i> , 2004
Sistemas ribeirinhos/ Ripícolas/ Ripários ( <i>Riparian systems</i> )	Áreas semi-terrestres de transição regularmente influenciadas por água doce, estendendo-se geralmente das margens dos cursos de água até as margens das comunidades terrestres.	F	Flu/Bio	Naiman e Décamps, 2005
Terreno ribeirinho/ ripícola/ ripário ( <i>Riparian land</i> )	Uma parcela de terreno adjacente a uma massa de água, que a influencia diretamente ou é influenciada por esta	F	Geo	Lovett e Price, 1999
Formações ribeirinhas/ripícolas/ripárias*				
Pradaria húmida* ( <i>Alluvial meadow</i> )	Pastagem que cresce em sedimentos depositados pelo rio As pradarias são caracterizadas por cheias regulares e pelo impacto que estas provocam	E	Bio	Eriksson, 2008
Florestas aluviais / ribeirinhas/ ripárias/ ripícolas* ( <i>Riparian forest</i> )	Vegetação de planície ou vegetação marginal de cursos de água. A floresta ribeirinha que se estende lateralmente ao leito principal do curso de água e inclui a planície de cheia ativa e terraços fluviais	E	Bio	Naiman <i>et al.</i> , 1998
Matos ribeirinhos* ( <i>Riparian thickets</i> )	Mato que cresce ao longo dos rios.	E	Bio	Davies <i>et al.</i> , 2004
Comunidade (semi) aquática ( <i>Semi</i> )-aquatic community	Leitos abandonados com vegetação herbácea aquática e / ou hidrofílica.	E	Bio	Marston <i>et al.</i> , 1995
Outros				
Floresta aluvial ( <i>Alluvial forest</i> )	Ecossistemas de floresta associados às águas subterrâneas, regularmente ou raramente inundados.	E	Bio/Flu	Pautou, 1984
Corredor ribeirinho/ Ripícola/ Ripário ( <i>Riparian corridor</i> )	O leito do curso de água e a parte da paisagem terrestre, desde o limite do leito maior até à zona terrestre, onde a vegetação pode ser influenciada pelo nível freático elevados ou pelas cheias, assim como pela capacidade dos solos reterem água. <i>Nota: a influência da vegetação do curso de água é explicitamente mencionada</i>	F	Flu	Naiman <i>et al.</i> , 1993

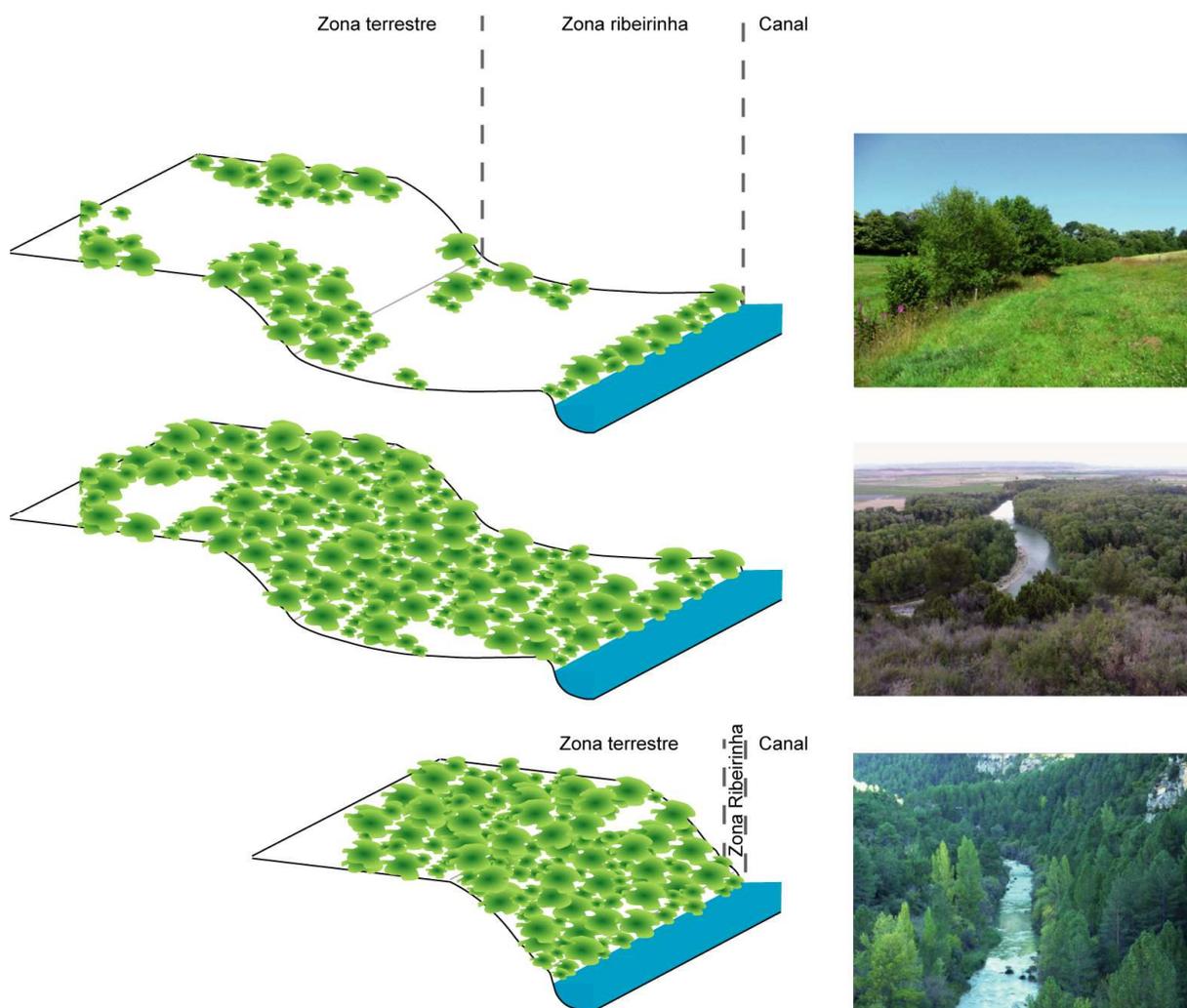
Vegetação ribeirinha/ Ripícola/ Ripária ( <i>Riparian vegetation</i> )	Vegetação hidrofílica que cresce nas imediações de um rio [...] próximo o suficiente para que a evapotranspiração anual influencie o regime [...] hidrológico.	E	Bio	<a href="http://medwet.org/aboutwetlands/wetland-terminology/">http://medwet.org/aboutwetlands/wetland-terminology/</a>
Ecosistema ribeirinho/ Ripícola/ Ripária ( <i>Riparian ecosystem</i> )	Conjunto complexo de organismos e respetivo ambiente, adjacentes ou próximos da água corrente Sem limites definidos, pode incluir as margens dos cursos de água, as planícies fluviais e as zonas húmidas, bem como locais com influência das águas subterrâneas, constituindo uma zona de transição entre o meio terrestre e o meio aquático. Essencialmente lineares, em forma e extensão, são caracterizados por uma corrente lateral de água que sobe e desce pelo menos uma vez por estação de crescimento	E	Bio	Lowrance <i>et al.</i> , 1985
Florestas-galerias* ( <i>Gallery forest</i> )	Faixa estreita de floresta associada a cursos de água, em áreas em que de outra forma não existiria.	E	Bio	Veneklaas <i>et al.</i> , 2005
Florestas aluviais ( <i>Floodplain forest</i> )	Ecossistemas florestais que colonizam a planície de cheia. A planície de cheia pode ser definida em termos hidrológicos como a superfície é inundada [...] ou em termos geomorfológicos como a superfície aluvial construída pelo rio sob as atuais condições ambientais	E	Bio/Flu	Bendix et Hupp, 2000

\* Termos usados na lista da Diretiva Europeia 92/43/EEC relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e flora selvagens

4. O terreno marginal dos sistemas fluviais influencia e é influenciado pelo curso de água e processos associados, mas também está **aberto às zonas terrestres adjacentes** (por exemplo, encostas, planaltos) através de fluxos físicos (por exemplo, escoamento superficial), biológicos (por exemplo, mobilidade de espécies) e processos humanos (por exemplo, remoção de biomassa através do cultivo).
5. As zonas ripícolas são **sistemas híbridos porque resultam da co-construção de processos de origem humana e origem natural**. Isto significa que atividades humanas como o uso do solo e a gestão fluvial são fatores determinantes que modelam grandemente a vegetação ribeirinha (ver, por exemplo, Piégay *et al.*, 2003; Kondolf *et al.*, 2007; Dufour *et al.*, 2015; Brown *et al.*, 2018). Isto implica incorporar na definição da zona ripícola a forma como as populações humanas usam e valorizam esta área, fatores ainda não considerados na literatura (Tabela 1).

#### 4. FONTES DE VARIABILIDADE NA IDENTIFICAÇÃO DA ZONA RIBEIRINHA E DA VEGETAÇÃO RIBEIRINHA

Além das características comuns da zona ripária e da vegetação dos sistemas fluviais, a literatura científica e aplicada pode ser confusa devido à variedade de termos utilizados. Essa variedade está fortemente relacionada com a inerente variabilidade do objeto. Por exemplo, a vegetação ribeirinha tanto pode corresponder a uma faixa estreita de árvores num campo ou matriz agrícola (Fig. 6A), como a uma extensa floresta na planície aluvial (Fig. 6B) ou a uma floresta que colonizou os depósitos coluviais de declive acentuado (Fig. 6C). Mas essa variedade também está relacionada com a variabilidade com que os cientistas e gestores a representam.



**Figura 6. Variabilidade da zona ribeirinha e da vegetação; A:** pequeno curso de água em meio rural com uma zona ripária dominada por pastagens, com uma estreita faixa de árvores ao longo do curso de água (Normandia, França); **B:** planície de inundação florestada (rio Aragão, bacia do Ebro, Espanha); **C:** zona ribeirinha estreita no troço de montante de um curso de água, com margens e encostas florestadas (troço superior do rio Tejo, Espanha).

#### 4.1. VARIABILIDADE NO OBJETO

A primeira fonte de variabilidade utilizada para identificar a zona ribeirinha e a vegetação ribeirinha é sua variabilidade intrínseca. De facto, sua estrutura e funcionamento ecológico variam de um contexto geográfico para outro (figuras 7 e 8). Globalmente, os principais fatores subjacentes à variação na estrutura e no funcionamento da zona ribeirinha são os seguintes:

- **Regime bioclimático**, que determina, por exemplo, a disponibilidade de água, em termos de quantidade e tempo de ocorrência, perturbações causadas pelas cheias e tempos de recuperação pós- perturbação (Bendix e Stella, 2013).
- **Padrão morfológico**, que cria um modelo físico 3D para colonização e crescimento da vegetação e determina o regime de perturbação e *stress* (Corenblit *et al.*, 2015).
- **Contexto de uso do solo**, através de influências diretas (ex. corte de vegetação) e indiretas (ex. captação de água, regularização de caudais) na vegetação.

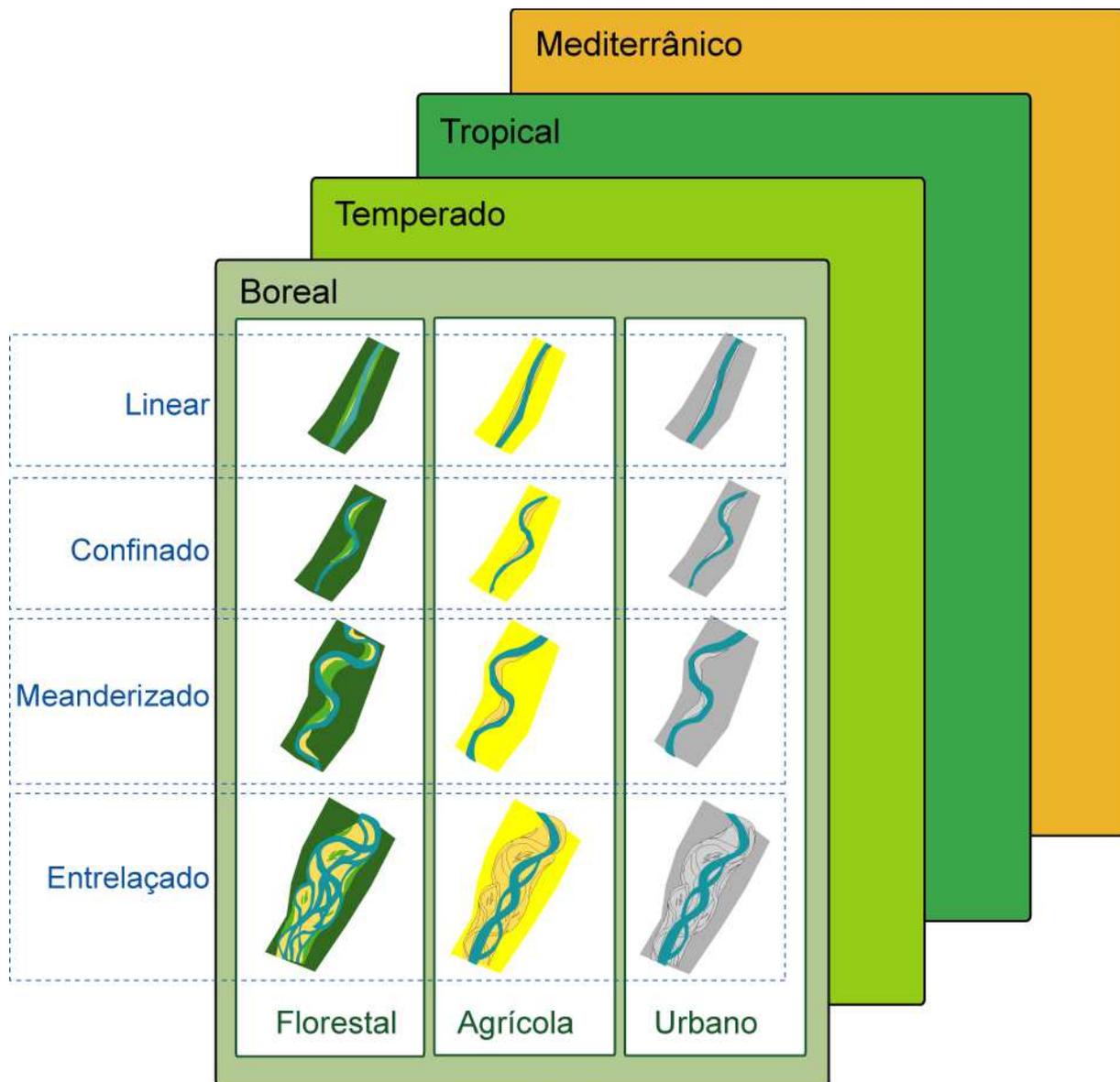


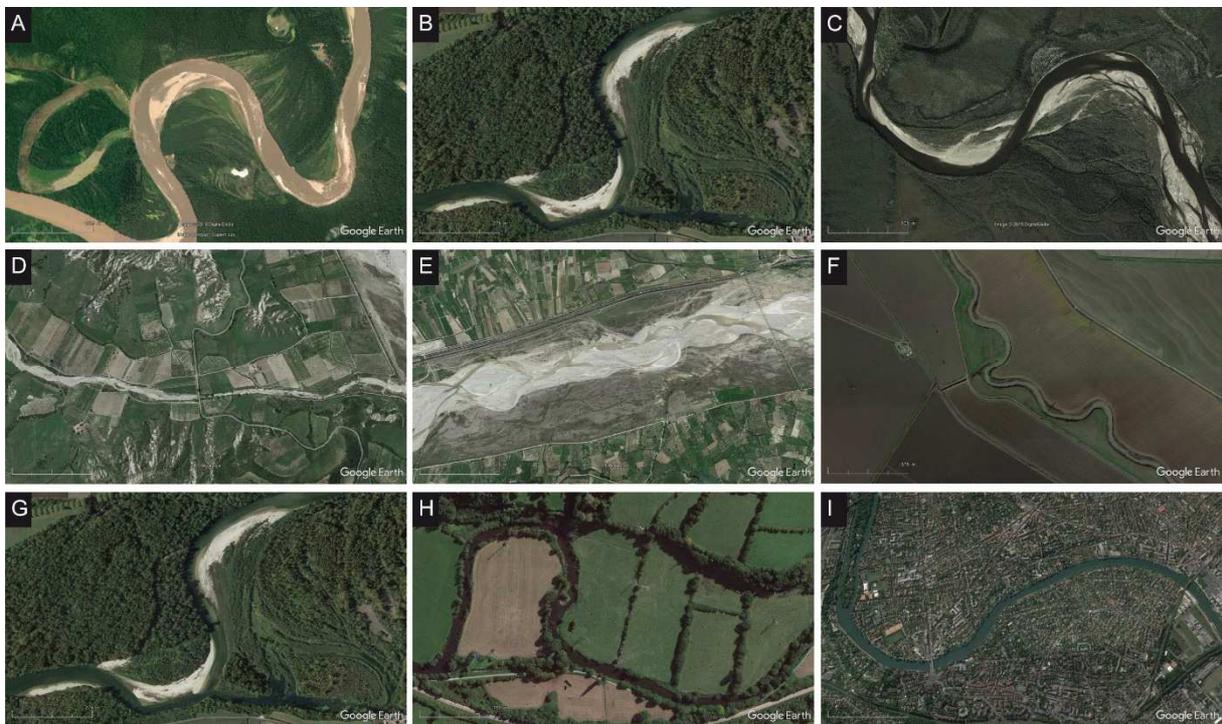
Figura 7. Fontes de variabilidade na estrutura e funcionamento da vegetação ribeirinha, mostrando exemplos de regiões bioclimáticas, cada uma abrindo diferentes tipos biogeomorfológicos fluviais e matrizes de uso do solo (por exemplo, florestal, agrícola, urbano). Note-se que nem todas as situações estão listadas (por exemplo, clima árido) e nem todas as combinações são necessariamente possíveis. O tempo não é representado, mas cada trecho segue uma trajetória e pode passar de um estado para outro ao longo do tempo. Além disso, cada situação pode referir-se a várias sub-situações correspondentes a diferentes graus de conservação (por exemplo, espontânea ou plantada, no caso de uma paisagem florestal).

Na maioria das ecorregiões, as últimas fases da sucessão são dominadas por árvores, pelo que, de um modo geral, os termos referem-se a unidades florestais: florestas de fundo de vale (“*bottomland forest*”), floresta ribeirinha/ripícola/ripária, floresta aluvial (Tabela 1). Em ecorregiões de clima mais severo (ou seja, mais frias e mais secas) os matos, arbustos e prados podem dominar.

A variabilidade no contexto também influencia a priorização das questões práticas suscitadas e o modo como a vegetação ribeirinha é estudada. Por exemplo, de uma perspectiva hidrológica, o fornecimento de água a partir do escoamento superficial nas encostas tende a dominar os fluxos em zonas de cabeceira e em vales estreitos, enquanto o fornecimento de água desde o canal tende a dominar os

fluxos a jusante, em vales mais largos. Assim, o estudo de grandes sistemas pode utilizar o termo “floresta aluvial” e enfatizar o papel das cheias e da água subterrânea (ex. Pautou, 1984), enquanto os estudos sobre as zonas de cabeceira focam-se mais no papel da vegetação no canal (ex. Swanson *et al.*, 1982).

O bioclima, a morfologia e o uso do solo são modificados pelas atividades humanas numa ampla gama de magnitudes, dependendo do contexto social, cultural e económico. Assim, a zona ribeirinha e a vegetação são sistemas sócio-ecológicos co-construídos que seguem trajetórias complexas. As zonas ribeirinhas, por razões biofísicas (ex. dinâmica fluvial) e antropogénicas (ex. pastoreio, plantações), constituem frequentemente um mosaico complexo de diferentes tipos de coberto vegetal e de ecossistemas (ex. prados, florestas) (Fig. 7 e 8G, H e I). À escala da paisagem este mosaico pode formar um corredor (Malanson, 1993). Por exemplo, num contexto mais seco, os ecossistemas ribeirinhos podem ser particularmente visíveis na paisagem como uma faixa de vegetação mais verde; neste caso, o termo "galeria ribeirinha" é às vezes utilizado.



**Figura 8.** Exemplos de troços de rios em diferentes regiões bioclimáticas, tipos biogeomorfológicos fluviais e usos do solo, conforme ilustrado na Fig. 1. A, B e C são troços de rio meanderizados e florestados em diferentes climas. A: contexto tropical na bacia amazónica (Brasil), B: contexto temperado na bacia do Ródano (França), C: contexto boreal no Alasca (EUA); D, E e F são troços de rio em áreas agrícolas mediterrânicas em diferentes contextos morfológicos. D: troço de rio confinado na bacia do Douro (Espanha), E: troço de rio ramificado na bacia do Douro (Espanha), F: troço de rio sinuoso na bacia do Sacramento (EUA), G, H e I são troços de rio meanderizados em climas temperados com diferentes usos de solo. G: florestado na bacia do Ródano (França), H: agrícola na bacia do Sena (França), I: urbano na bacia do Sena (França). Imagens tiradas do *Google Earth*.

## 4.2. VARIABILIDADE DA REPRESENTAÇÃO

A segunda fonte de variabilidade na identificação da zona ribeirinha e da vegetação ribeirinha está relacionada com a variabilidade no modo como os cientistas e gestores as percebem e representam. Por exemplo, a confusão pode começar com o adjetivo "ripário/ribeirinho/ripícola". Em inglês, "riparian" apareceu apenas em 1873, após os adjetivos "riparious", "riparial" e "ripicolous" em 1656, 1846 e 1859, respectivamente (The Oxford English Dictionary, [www.oed.com](http://www.oed.com)). Significa "de, relativo a, ou situado em, margens de um rio", mas a definição de "margens" pode incluir apenas o declive ou também o topo do declive, que pode se estender à maior parte da planície de inundação.

Essa variabilidade na representação pode advir do objetivo do estudo, da função ribeirinha que é analisada, da base científica dos autores, etc. Por exemplo, a zona ribeirinha foi definida das seguintes formas:

- a "área entre a margem do curso de água e a transição característica entre solos orgânicos e minerais" (perspetiva pedológica de Ledesma *et al.*, 2018)
- "parte da paisagem fluvial, inundada ou saturada pelos caudais de cheia [que] consiste em todas as superfícies de formas fluviais ativas na planície aluvial, incluindo o canal, zonas de deposição de sedimentos, terraços fluviais e características ribeirinhas com elas relacionadas" (perspetiva hidromorfológica de Osterkamp (2008))
- "...onde a vegetação pode ser influenciada por lençóis freáticos elevados... e pela capacidade dos solos de reter a água [e a] vegetação ... que contribui com matéria orgânica para a planície fluvial ou para o canal ou que influencia o regime físico da planície fluvial ou o canal por sombreamento "(abordagem mais orientada biologicamente de Naiman e Décamps (1997))

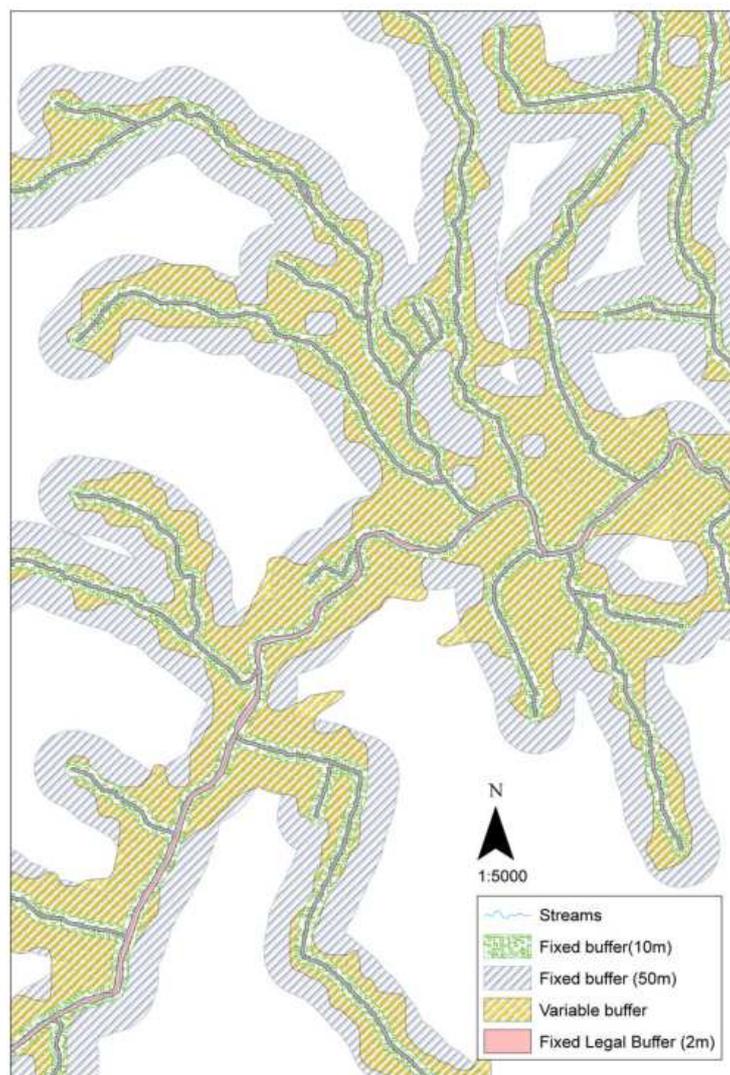
## 5. DELIMITAÇÃO DA ZONA RIBEIRINHA

A natureza transitória da zona ribeirinha dificulta a definição de uma abordagem fácil e universal para a sua delimitação (Clerici *et al.*, 2013; de Sosa *et al.*, 2017). Existem duas abordagens principais para resolver esse problema.

Uma abordagem consiste na definição de uma distância ao canal, que pode ser ponderada pela dimensão do rio. Esta abordagem apresenta como vantagem poder ser adotada como uma regra definida na legislação para preservar a zona ripária (ex.: autorização para corte de vegetação), como se verifica em vários países (ex. EUA, Brasil, Eslovênia). Nesta abordagem, a definição da distância deve ter por base a literatura científica e deve permitir a produção de um (ou mais) serviço (s) de ecossistema (ex. estabilização de margens, remoção de azoto). Por exemplo, de acordo com a revisão efetuada por Castelle *et al.* (1994), deve ser considerado um *buffer* ("zona tampão") de, pelo menos, 15m para garantir a proteção das zonas húmidas e dos cursos de água na maior parte das situações. Como a distância apropriada depende do serviço de ecossistema (ou conjunto de serviços de ecossistema, ver de Sosa *et al.*, 2017), esta abordagem pode gerar uma variedade de valores: Castelle *et al.* (1994) indicam uma faixa com uma largura de 3-200m. Quando essa distância fixa tem uma dimensão legal, esta resulta frequentemente de um compromisso político entre os vários interesses e intervenientes. Pelo que, em muitos casos, a distância é baseada numa decisão com pouca ou nenhuma evidência científica, e frequentemente insuficiente para abranger todas as funções da zona ribeirinha. Por outro lado, uma distância fixa não considera as características específicas do local, como seja a morfologia e/ou os processos fluviais relevantes, cruciais para entender o funcionamento da zona ribeirinha e, portanto, permitir a sua gestão adequada. Uma distância fixa pode ser considerada um

requisito mínimo, mas do ponto de vista da sustentabilidade, está longe de ser a abordagem mais adequada porque não se baseia no funcionamento socio ecológico de uma zona ribeirinha.

Como alternativa, pode-se delinear a zona ribeirinha usando abordagens estruturais, funcionais ou mistas (para uma comparação de abordagens, ver por exemplo, de Sosa *et al.* (2017) e Fig. 9). De facto, o delineamento formal de zonas ribeirinhas utiliza geralmente alguns parâmetros estruturais, principalmente a cobertura do solo e características topográficas. Por exemplo, Thomas *et al.* (1979) delineararam a zona ribeirinha, identificando a vegetação que requer água corrente ou condições de humidade superiores à média. A composição de espécies vegetais (Hagan *et al.*, 2006), mas também de animais, como anfíbios (Perkins e Hunter, 2006), pode ser utilizada. O uso de diferentes grupos biológicos, no entanto, pode resultar em diferentes delimitações: Hagan *et al.* (2006) não foram capazes de definir a zona ribeirinha de pequenos cursos de água de cabeceira com base em espécies arbóreas e arbustivas, mas encontraram comunidades herbáceas na zona ribeirinha com uma composição específica diferente das áreas circundantes. Além disso, obtiveram uma largura mais estreita da zona ribeirinha do que Perkins e Hunter (2006), que utilizaram anfíbios. Por outro lado, esta abordagem é difícil de aplicar a grandes escalas.



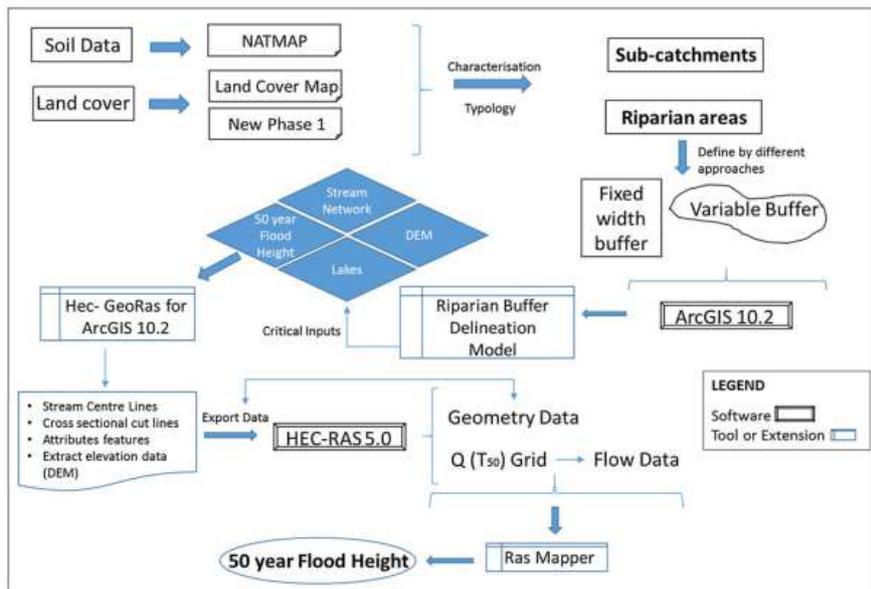
**Figura 9. Exemplo de comparação de abordagens para delinear buffers ribeirinhos (Fonte: de Sosa *et al.*, 2017).**

Para grandes escalas é utilizada uma abordagem estrutural principalmente baseada em características topográficas. Por exemplo, Ilhardt *et al.* (2000) e Verry (2004) desenvolveram abordagens baseadas

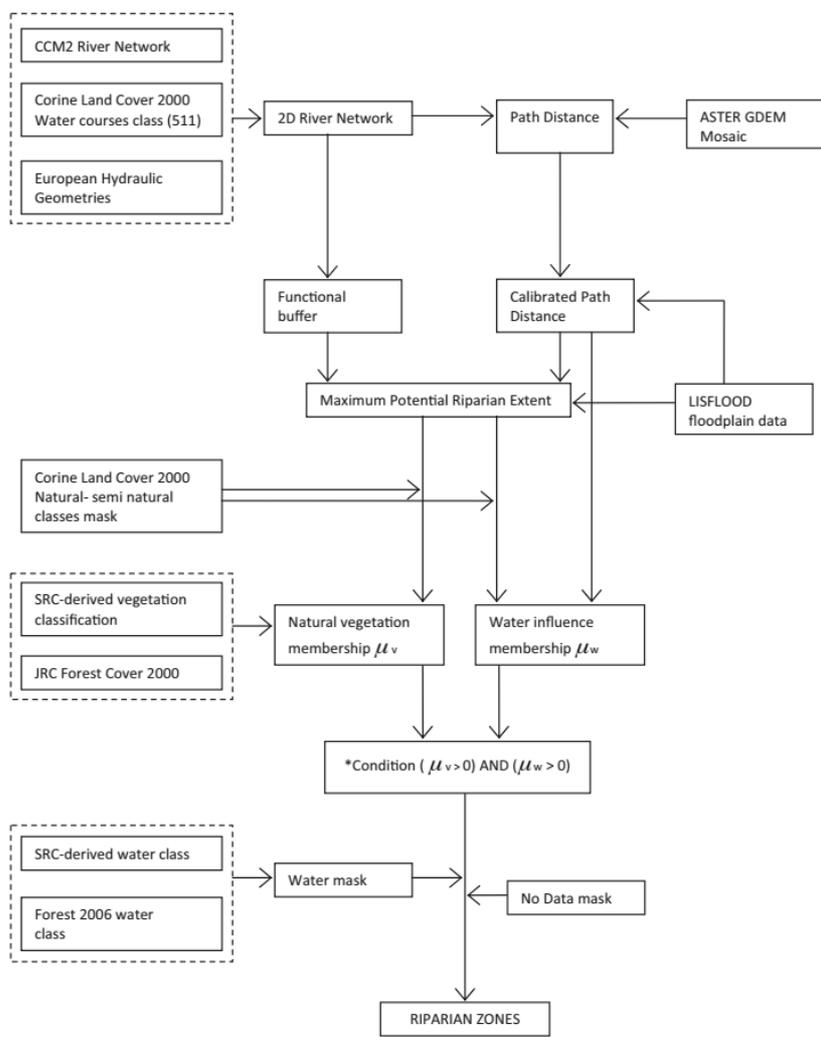
nas características topográficas e na forma do vale. Esta abordagem é particularmente útil para a identificação em grande escala e o processo de mapeamento pode ser regularmente melhorado com recurso a ferramentas de deteção remota, em permanente desenvolvimento (especialmente para pequenos cursos de água). No entanto, possui algumas limitações, principalmente para cursos de água com pouco gradiente e sem fundo de vale.

Obviamente, as abordagens estruturais pretendem captar a dimensão funcional da zona ribeirinha, sendo possível desenvolver abordagens mais dinâmicas, principalmente através da utilização de critérios hidráulicos. Por exemplo, considerando que a maioria das sementes ribeirinhas necessita de um evento de cheias para germinar e se desenvolver, a zona ribeirinha pode ser delimitada pelos requisitos temporais de uma população sustentável de uma espécie ripária- alvo. Se as espécies-alvo forem plantas herbáceas anuais ou perenes, as sementes necessitam de uma cheia com um período de retorno entre 2 a 3 anos, mas se forem espécies lenhosas (ex. salgueiros, choupos, amieiros), com um ciclo de vida mais longo, as sementes poderão apenas precisar de uma cheia com um período de retorno entre 10 a 20 anos. Ou seja, a largura da zona ribeirinha deve ser definida pela área inundada para um caudal de cheia com um período de retorno de 10 a 20 anos. Essa delimitação corresponde aproximadamente à Zona 4 de Gurnell *et al.* (2016) (Fig. 5), que ocasionalmente é inundada, mas que não apresenta dinâmica de sedimentos. Essa abordagem tem três limitações principais. Primeiro, requer um modelo de elevação de cheias. Segundo, fornece larguras diferentes da zona ribeirinha, dependendo das espécies-alvo. Por fim, a zona mais seca no modelo conceitual de Gurnell *et al.* (2016) (ou seja, inundações ausentes ou extremamente raras, mas em que a humidade do solo é permanente, pois o nível de água freático é elevado ao longo de todo o ano) é difícil de modelar e, na maioria dos casos, precisa de trabalho de campo para ser identificada.

Os recentes desenvolvimentos em bases de dados disponíveis e recursos de computação permitem que sejam desenvolvidas abordagens mistas em grandes escalas (de Sosa *et al.*, 2017; Fig. 10). Por exemplo, à escala europeia, uma abordagem desenvolvida pelo *European Commission Joint Research Centre (JRC)* combina uma variedade de informação: um índice de forma do vale calculado com um modelo digital do terreno (MDT), um modelo de elevação de inundação (quando disponível) e uma distância mínima fixa do *buffer* de 40 m de distância do curso de água com base na literatura científica (Clerici *et al.*, 2011; Clerici *et al.*, 2013). Combinar uma distância fixa de *buffer* e critérios de inundação (ou *proxies* topográficos) é uma maneira de considerar tanto a influência da zona ribeirinha no sistema fluvial como a influência da dinâmica fluvial na zona ribeirinha; sendo a única maneira de obter informação coerente e relevante para a implementação das diretivas comunitárias que abrangem as zonas ribeirinhas (i.e. Diretiva Habitats, Diretiva Quadro da Água e Diretiva Nitratos). O Programa Copernicus, Programa de Observação da Terra da União Europeia, com base em imagens de satélite e dados *in situ* (não espaciais), fornece três conjuntos de dados dedicados às zonas ribeirinhas (cobertura da terra / uso do solo, delimitação de zonas ribeirinhas e elementos lineares verdes; veja <https://land.copernicus.eu/local/riparian-zones> e Weissteiner *et al.*, 2016).



**A**



**B**

Figura 10. Exemplos de fluxogramas para a delimitação da zona ribeirinha (A) à escala da bacia hidrográfica em de Sosa *et al.* (2017) e (B) à escala europeia em Clerici *et al.* (2013). Este último combina uma largura fixa (“buffer funcional”)

com a modelação hidráulica (“LISFLOOD”, ou seja, áreas inundadas para um período de retorno de 50 anos), topografia (“ASTER GDEM Mosaic”) e dados de ocupação do solo (“Corine Land Cover 2000”).

## CONCLUSÃO - RECOMENDAÇÃO

Para concluir, consideramos a vegetação ribeirinha nos sistemas fluviais como um complexo co-construído de unidades de vegetação ao longo da rede fluvial, independentemente da fisionomia ou origem, que está funcionalmente relacionado com os outros componentes do sistema fluvial e com as zonas terrestres adjacentes. Faz parte da zona ribeirinha, que é uma paisagem híbrida e aberta: híbrida porque resulta da co-construção impulsionada por processos humanos e naturais e aberta porque o território ao longo dos sistemas fluviais influencia e é influenciado pelo rio e pelos processos associados. Assim, a estrutura e o funcionamento ecológico das comunidades bióticas nessa área variam ao longo das quatro dimensões do ecossistema a fluvial (incluindo o tempo). Essa variabilidade é impulsionada principalmente pelas condições bioclimáticas, geomorfológicas e uso do solo, que variam ao longo do tempo sob a influência de fatores naturais e humanos. Essa variabilidade influencia claramente como a vegetação ribeirinha é estudada. Além disso, o facto de essa variabilidade estar relacionada com um contexto particular impõe contingências significativas que criam dificuldades para a generalização e transferência de conhecimento.

Para concluir, as principais recomendações para melhorar a integração da vegetação ribeirinha na gestão da paisagem fluvial são as seguintes:

1. Reconhecer as zonas ribeirinhas como sistemas sócio-ecológicos co-construídos, impulsionados por processos naturais e humanos que seguem trajetórias complexas ao longo do tempo
2. Considerar a vegetação ribeirinha como um sistema aberto (i) relacionado com o canal, a zona terrestre adjacente, a bacia hidrográfica a montante, a atmosfera e o substrato e (ii) conectado a esses componentes através de fluxos bidirecionais
3. Promover a utilização de uma definição / delimitação que integre e maximize todas as funções do sistema socio-ecológico (ou seja, os vários tipos de serviços de ecossistemas: suporte, provisionamento, regulação e culturais)
4. Desenvolver exemplos e ferramentas para promover boas práticas na aplicação da delimitação da zona ribeirinha
5. Clarificar qual é o conhecimento que é específico de um dado local e aquele que pode ser transferido (ex. largura mínima da zona ribeirinha necessária para uma determinada função, eficácia de um determinado índice topográfico para a delimitação da zona ribeirinha)

## REFERÊNCIAS

- Astudillo, M.R., Novelo-Gutiérrez, R., Vázquez, G., García-Franco, J.G., Ramírez, A., 2016. Relationships between land cover, riparian vegetation, stream characteristics, and aquatic insects in cloud forest streams, Mexico. *Hydrobiologia* 768, 167–181. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2545-1>
- Bendix, J., Hupp, C.R., 2000. Hydrological and geomorphological impacts on riparian plant communities. *Hydrological Processes* 14, 2977–2990. [https://doi.org/10.1002/1099-1085\(200011/12\)14:16/17<2977::AID-HYP130>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/1099-1085(200011/12)14:16/17<2977::AID-HYP130>3.0.CO;2-4)
- Bendix, J., Stella, J.C., 2013. Riparian Vegetation and the Fluvial Environment: A Biogeographic Perspective, in: *Treatise on Geomorphology*. Elsevier, pp. 53–74. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00322-5>
- Beschta, R.L., Bilby, R.E., Brown, G.W., Holtby, L.B., Hofstra, T.D., 1987. Stream Temperature and Aquatic Habitat: Fisheries and Forestry Interactions, in: *Streamside Management: Forestry and Fishery Interactions*. Salo, E.O., Cundy, T.W., Seattle, pp. 191–232.
- Bren, L.J., 1993. Riparian zone, stream, and floodplain issues: a review. *Journal of Hydrology* 150, 277–299. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(93\)90113-N](https://doi.org/10.1016/0022-1694(93)90113-N)

- Brown, A.G., Lespez, L., Sear, D.A., Macaire, J.-J., Houben, P., Klimek, K., Brazier, R.E., Van Oost, K., Pears, B., 2018. Natural vs anthropogenic streams in Europe: History, ecology and implications for restoration, river-rewilding and riverine ecosystem services. *Earth-Science Reviews* 180, 185–205. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.02.001>
- Castelle, A.J., Johnson, A.W., Conolly, C., 1994. Wetland and Stream Buffer Size Requirements—A Review. *Journal of Environment Quality* 23, 878. <https://doi.org/10.2134/jeq1994.00472425002300050004x>
- Clerici, N., Weissteiner, C.J., Paracchini, M.L., Boschetti, L., Baraldi, A., Strobl, P., 2013. Pan-European distribution modelling of stream riparian zones based on multi-source Earth Observation data. *Ecological Indicators* 24, 211–223. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.06.002>
- Clerici, N., Weissteiner, C.J., Paracchini, M.L., Strobl, P., 2011. Riparian zones: where green and blue networks meet Pan-European zonation modelling based on remote sensing and GIS (EUR – Scientific and Technical Research series). JRC.
- Corenblit, D., Baas, A., Balke, T., Bouma, T., Fromard, F., Garófano-Gómez, V., González, E., Gurnell, A.M., Hortobágyi, B., Julien, F., Kim, D., Lambs, L., Stallins, J.A., Steiger, J., Tabacchi, E., Walcker, R., 2015. Engineer pioneer plants respond to and affect geomorphic constraints similarly along water-terrestrial interfaces world-wide: Biogeomorphic feedbacks along water-terrestrial interfaces. *Global Ecology and Biogeography* 24, 1363–1376. <https://doi.org/10.1111/geb.12373>
- Corenblit, D., Tabacchi, E., Steiger, J., Gurnell, A.M., 2007. Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches. *Earth-Science Reviews* 84, 56–86.
- Davies, C.E., Moss, D., O'Hill, M., 2004. EUNIS habitat classification report. EEA.
- de la Fuente, B., Mateo-Sánchez, M.C., Rodríguez, G., Gastón, A., Pérez de Ayala, R., Colomina-Pérez, D., Melero, M., Saura, S., 2018. Natura 2000 sites, public forests and riparian corridors: The connectivity backbone of forest green infrastructure. *Land Use Policy* 75, 429–441. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.002>
- de Sosa, L.L., Glanville, H.C., Marshall, M.R., Abood, S.A., Williams, A.P., Jones, D.L., 2018. Delineating and mapping riparian areas for ecosystem service assessment. *Ecohydrology* 11, e1928. <https://doi.org/10.1002/eco.1928>
- Decamps, H., Joachim, J., Lauga, J., 1987. The importance for birds of the riparian woodlands within the alluvial corridor of the river garonne, S.W. France. *Regulated Rivers: Research & Management* 1, 301–316. <https://doi.org/10.1002/rrr.3450010403>
- Dufour, S., Rinaldi, M., Piégay, H., Michalon, A., 2015. How do river dynamics and human influences affect the landscape pattern of fluvial corridors? Lessons from the Magra River, Central–Northern Italy. *Landscape and Urban Planning* 134, 107–118. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.007>
- Dufour, S., Rodríguez-González, P.M., Laslier, M., 2019. Tracing the scientific trajectory of riparian vegetation studies: Main topics, approaches and needs in a globally changing world. *Science of The Total Environment* 653, 1168–1185. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.383>
- Dugdale, S.J., Malcolm, I.A., Kantola, K., Hannah, D.M., 2018. Stream temperature under contrasting riparian forest cover: Understanding thermal dynamics and heat exchange processes. *Science of The Total Environment* 610–611, 1375–1389. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.198>
- Ehrenfeld, J.G., 2003. Effects of Exotic Plant Invasions on Soil Nutrient Cycling Processes. *Ecosystems* 6, 503–523.
- Eriksson, M.O.G., 2008. Management of Natura 2000 habitats. 6450 Northern Boreal alluvial meadows. European Commission.
- Ferreira, V., Castela, J., Rosa, P., Tonin, A.M., Boyero, L., Graça, M.A.S., 2016. Aquatic hyphomycetes, benthic macroinvertebrates and leaf litter decomposition in streams naturally differing in riparian vegetation. *Aquatic Ecology* 50, 711–725. <https://doi.org/10.1007/s10452-016-9588-x>
- Fischer, R.A., Martin, C.O., Ratti, J.T., Guidice, J., 2001. Riparian Terminology: Confusion and Clarification.
- Flanagan, L.B., Orchard, T.E., Logie, G.S.J., Coburn, C.A., Rood, S.B., 2017. Water use in a riparian cottonwood ecosystem: Eddy covariance measurements and scaling along a river corridor. *Agricultural and Forest Meteorology* 232, 332–348. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.08.024>
- Flores-Díaz, A.C., Castillo, A., Sánchez-Matías, M., Maass, M., 2014. Local values and decisions: views and constraints for riparian management in western Mexico. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 06. <https://doi.org/10.1051/kmae/2014017>
- Girel, J., 1986. Télédétection et cartographie à grande échelle de la végétation alluviale : exemple de la basse plaine de l'Ain. *Documents de cartographie écologique* 28, 45–74.
- Gregory, S.V., Swanson, F.J., McKee, W.A., Cummins, K.W., 1991. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience* 41, 540–551.
- Gren, I.-M., Groth, K.-H., Sylvén, M., 1995. Economic Values of Danube Floodplains. *Journal of Environmental Management* 45, 333–345. <https://doi.org/10.1006/jema.1995.0080>
- Gurnell, A., 2014. Plants as river system engineers. *Earth Surface Processes and Landforms* 39, 4–25. <https://doi.org/10.1002/esp.3397>
- Gurnell, A., Petts, G., 2006. Trees as riparian engineers: the Tagliamento river, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms* 31, 1558–1574. <https://doi.org/10.1002/esp.1342>
- Gurnell, A.M., Corenblit, D., García de Jalón, D., González del Tánago, M., Grabowski, R.C., O'Hare, M.T., Szweczyk, M., 2016. A Conceptual Model of Vegetation-hydrogeomorphology Interactions Within River Corridors. *River Research and Applications* 32, 142–163. <https://doi.org/10.1002/rra.2928>

- Gurnell, A.M., Gregory, K.J., 1995. Interactions between semi-natural vegetation and hydrogeomorphological processes. *Geomorphology* 13, 49–69. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(95\)00030-9](https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00030-9)
- Hagan, J.M., Pealer, S., Whitman, A.A., 2006. Do small headwater streams have a riparian zone defined by plant communities? *Canadian Journal of Forest Research* 36, 2131–2140. <https://doi.org/10.1139/x06-114>
- Hill, W.R., Mulholland, P.J., Marzolf, E.R., 2001. Stream ecosystem responses to forest leaf emergence in spring. *Ecology* 82, 2306–2319. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[2306:SERTFL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[2306:SERTFL]2.0.CO;2)
- Illhardt, B.L., Verry, E.S., Palik, B.J., 2000. Defining riparian areas, in: *Riparian Management in Forests of the Continental Eastern United States*. Verry, E.S., New York, NY, pp. 23–42.
- Irmak, S., Kabenge, I., Rudnick, D., Knezevic, S., Woodward, D., Moravek, M., 2013. Evapotranspiration crop coefficients for mixed riparian plant community and transpiration crop coefficients for Common reed, Cottonwood and Peach-leaf willow in the Platte River Basin, Nebraska-USA. *Journal of Hydrology* 481, 177–190. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.12.032>
- Jobin, B., Bélanger, L., Boutin, C., Maisonneuve, C., 2004. Conservation value of agricultural riparian strips in the Boyer River watershed, Québec (Canada). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103, 413–423. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.12.014>
- Kenwick, R.A., Shammin, M.R., Sullivan, W.C., 2009. Preferences for riparian buffers. *Landscape and Urban Planning* 91, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.12.005>
- Kondolf, G.M., Piégay, H., Landon, N., 2007. Changes in the riparian zone of the lower Eygues River, France, since 1830. *Landscape Ecology* 22, 367–384. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-9033-y>
- Kristensen, P., Kristensen, E., Riis, T., Anette, A., Larsen, S., Verdonshot, P., Baattrup-Pedersen, A., 2015. Riparian forest as a management tool for moderating future thermal conditions of lowland temperate streams. *Inland Waters* 5, 27–38. <https://doi.org/10.5268/IW-5.1.751>
- Lamontagne, S., Cook, P.G., O’Grady, A., Eamus, D., 2005. Groundwater use by vegetation in a tropical savanna riparian zone (Daly River, Australia). *Journal of Hydrology* 310, 280–293. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.01.009>
- Ledesma, J.L.J., Futter, M.N., Blackburn, M., Lidman, F., Grabs, T., Sponseller, R.A., Laudon, H., Bishop, K.H., Köhler, S.J., 2018. Towards an Improved Conceptualization of Riparian Zones in Boreal Forest Headwaters. *Ecosystems* 21, 297–315. <https://doi.org/10.1007/s10021-017-0149-5>
- Lovett, S., Price, P., 1999. Riparian land management technical guidelines. Land and Water Resources Research and Development Corp. (LWRRDC), Canberra.
- Lowrance, R., Leonard, R., Sheridan, J., 1985. Managing riparian ecosystems to control nonpoint pollution. *Journal of Soil and Water Conservation* 40, 87–91.
- Malanson, G.P., 1993. *Riparian landscapes*, Cambridge studies in ecology. Cambridge University Press, Cambridge ; New York.
- Mander, Ü., Hayakawa, Y., Kuusemets, V., 2005. Purification processes, ecological functions, planning and design of riparian buffer zones in agricultural watersheds. *Ecological Engineering* 24, 421–432. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.01.015>
- Maridet, L., 1994. La végétation rivulaire, facteur de contrôle du fonctionnement écologique des cours d’eau : influence sur les communautés benthiques et hyporhéiques et sur les peuplements de poissons dans trois cours d’eau du Massif Central (Thèse de Doctorat). Université de Lyon, Lyon.
- Marston, R.A., Girel, J., Pautou, G., Piegay, H., Bravard, J.-P., Arneson, C., 1995. Channel metamorphosis, floodplain disturbance, and vegetation development: Ain River, France. *Geomorphology* 13, 121–131. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(95\)00066-E](https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00066-E)
- Miura, A., Urabe, J., 2015. Riparian land cover and land use effects on riverine epilithic fungal communities. *Ecological Research* 30, 1047–1055. <https://doi.org/10.1007/s11284-015-1303-1>
- Naiman, R.J., Décamps, H., 1997. The ecology of interfaces : Riparian Zones. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28, 621–658. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621>
- Naiman, R.J., Décamps, H., McClain, M.E., 2005. *Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities*, Aquatic ecology series. Elsevier, Academic Press, Amsterdam.
- Naiman, R.J., Decamps, H., Pollock, M., 1993. The Role of Riparian Corridors in Maintaining Regional Biodiversity. *Ecological Applications* 3, 209–212. <https://doi.org/10.2307/1941822>
- Naiman, R.J., Fetherston, K.L., McKay, S., Chen, J., 1998. Riparian forests, in: *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion*. R. J. Naiman and R. E. Bilby, New York, pp. 289–323.
- National Research Council, 2002. *Riparian Areas: Functions and Strategies for Management*. National Academies Press, Washington, D.C. <https://doi.org/10.17226/10327>
- Osterkamp, W.R., 2008. *Annotated Definitions of Selected Geomorphic Terms and Related Terms of Hydrology, Sedimentology, Soil Science and Ecology*. USGS, Reston, Virginia.
- Pautou, G., 1984. L’organisation des forêts alluviales dans l’axe rhodanien entre Genève et Lyon ; comparaison avec d’autres systèmes fluviaux. *Documents de cartographie écologique* 27, 43–64.
- Pautou, G., Ponsero, A., Jouannaud, P., 1997. Les changements de biodiversité dans les interfaces alluviales. Application à la plaine d’inondation du Rhône entre Genève et Lyon et à la réserve naturelle du marais de lavours. *Revue d’Ecologie Alpine* IV, 35–63.
- Perkins, D.W., Hunter, Jr., M.L., 2006. Use of amphibians to define riparian zones of headwater streams. *Canadian Journal of Forest Research* 36, 2124–2130. <https://doi.org/10.1139/x06-111>

- Piégay, H., Gurnell, A.M., 1997. Large woody debris and river geomorphological pattern: examples from S.E. France and S. England. *Geomorphology* 19, 99–116.
- Piégay, H., Pautou, G., Ruffinoni, C., 2003a. Les forêts riveraines des cours d'eau: écologie, fonctions et gestion. IDF, Institut pour le développement forestier, Paris.
- Pivec, J., 2002. A short-term response of floodplain and spruce forests to evaporation requirements in Moravia in different years. *Journal of Forest Science* 48, 320–327.
- Recchia, L., Cini, E., Corsi, S., 2010. Multicriteria analysis to evaluate the energetic reuse of riparian vegetation. *Applied Energy* 87, 310–319. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.08.034>
- Rosenberg, D.K., Noon, B.R., Meslow, E.C., 1997. Biological Corridors: Form, Function, and Efficacy. *BioScience* 47, 677–687. <https://doi.org/10.2307/1313208>
- Roshan, Z.S., Anushiravani, S., Karimi, S., Moradi, H.V., Salmanmahini, A.R., 2017. The importance of various stages of succession in preservation of biodiversity among riparian birds in northern Iran. *Environmental Monitoring and Assessment* 189. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5778-9>
- Sabater, S., Butturini, A., Clement, J.-C., Burt, T., Dowrick, D., Hefting, M., Matre, V., Pinay, G., Postolache, C., Rzepecki, M., Sabater, F., 2003. Nitrogen Removal by Riparian Buffers along a European Climatic Gradient: Patterns and Factors of Variation. *Ecosystems* 6, 0020–0030. <https://doi.org/10.1007/s10021-002-0183-8>
- Sabo, J.L., Sponseller, R., Dixon, M., Gade, K., Harms, T., Heffernan, J., Jani, A., Katz, G., Soykan, C., Watts, J., Welter, J., 2005. Riparian zones increase regional species richness by harboring different, not more, species. *Ecology* 86, 56–62. <https://doi.org/10.1890/04-0668>
- Salemi, L.F., Groppo, J.D., Trevisan, R., Marcos de Moraes, J., de Paula Lima, W., Martinelli, L.A., 2012. Riparian vegetation and water yield: A synthesis. *Journal of Hydrology* 454–455, 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.061>
- Schnitzler, A., Génot, J.-C. (Eds.), 2012. La France des friches: de la ruralité à la féralité, Matière à débattre et à décider. Éditions Quae, Versailles.
- Schnitzler-Lenoble, A., 2007. Forêts alluviales d'Europe: écologie, biogéographie, valeur intrinsèque. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- Seymour, C.L., Simmons, R.E., 2008. Can severely fragmented patches of riparian vegetation still be important for arid-land bird diversity? *Journal of Arid Environments* 72, 2275–2281. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.07.014>
- Swanson, F.J., Gregory, S.V., Sedell, J.R., 1982. Land-water interactions: the riparian zone, in: *Analysis of Coniferous Forest Ecosystems in the Western United States*, US International Biological Program Synthesis Serial 14. Edmonds, RL, New York, pp. 267–291.
- Tabacchi, E., 1992. Variabilité des peuplements riverains de l'Adour. Influence de la dynamique fluviale à différentes échelles d'espace et de temps. (Thèse doctorat). Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Tabacchi, E., Correll, D.L., Hauer, R., Pinay, G., Planty-Tabacchi, A.-M., Wissmar, R.C., 1998. Development, maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape. *Freshwater Biology* 40, 497–516. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00381.x>
- Tal, M., Gran, K., Murray, A.B., Paola, C., Hicks, D.M., 2004. Riparian vegetation as a primary control on channel characteristics in multi-thread rivers, in: Bennett, S.J., Simon, A. (Eds.), *Water Science and Application*. American Geophysical Union, Washington, D. C., pp. 43–58. <https://doi.org/10.1029/008WSA04>
- Thomas, J.W., Maser, C., Rodiek, J.E., 1979. Wildlife habitats in managed rangelands—the Great Basin of southeastern Oregon, riparian zones, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. USDA Forest Service, Portland, OR.
- Trimmel, H., Weihs, P., Leidinger, D., Formayer, H., Kalny, G., Melcher, A., 2018. Can riparian vegetation shade mitigate the expected rise in stream temperatures due to climate change during heat waves in a human-impacted pre-alpine river? *Hydrology and Earth System Sciences* 22, 437–461. <https://doi.org/10.5194/hess-22-437-2018>
- Veneklaas, E.J., Fajardo, A., Obregon†, S., Lozano, J., 2005. Gallery forest types and their environmental correlates in a Colombian savanna landscape. *Ecography* 28, 236–252. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2005.03934.x>
- Verry, E.S., Dolloff, C.A., Manning, M.E., 2004. Riparian ecotone: a functional definition and delineation for resource assessment. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* 4, 67–94.
- Vidon, P., Allan, C., Burns, D., Duval, T.P., Gurwick, N., Inamdar, S., Lowrance, R., Okay, J., Scott, D., Sebestyen, S., 2010. Hot Spots and Hot Moments in Riparian Zones: Potential for Improved Water Quality Management. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 46, 278–298. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2010.00420.x>
- Wawrzyniak, V., Allemand, P., Bailly, S., Lejot, J., Piégay, H., 2017. Coupling LiDAR and thermal imagery to model the effects of riparian vegetation shade and groundwater inputs on summer river temperature. *Science of The Total Environment* 592, 616–626. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.019>
- Weissteiner, C., Ickerott, M., Ott, H., Probeck, M., Ramminger, G., Clerici, N., Dufourmont, H., de Sousa, A., 2016. Europe's Green Arteries—A Continental Dataset of Riparian Zones. *Remote Sensing* 8, 925. <https://doi.org/10.3390/rs8110925>