7. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DO BRASIL ASSOCIADA AO ATUAL CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL

Giselle Ferreira Borges[1], Neiva Barbalho de Morais[2], Ana Camila Silva[3], Leonardo dos Santos Pereira[4] & Sarah Lawall[5]

[1] Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG/ UFRJ) e Mediadora em Geomorfologia Geral pela Fundação CECIERJ (CEDERJ); borges.geografiaa@gmail.com

[2] Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG/ UFRJ) e Professora da Rede Estadual de Educação do Estado do Rio de Janeiro (SEEDUC/ RIO); barbalhomorais@gmail.com

[3] Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG/ UFRJ) e Professora da Rede Privada de Ensino; camilainhan@gmail.com

[4] Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG/ UFRJ) e Professor da Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro (SME/ RIO); leospgeo@gmail.com

[5] Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG/ UFRJ), Professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - campus Nova Iguaçu; sarahgeoprof@gmail.com.

Resumo: Diante da diversidade conceitual sobre a Geomorfologia Fluvial e suas intervenções sociogeomorfológicas, torna-se importante compreender os principais mecanismos e interações de ordem física e estrutural que configuram os sistemas ambientais e os retroalimentam. Desse modo, ressalta-se a relevância da compreensão do papel da morfologia nas formas, dos processos dos canais e como esses sistemas podem ser transformados pelas ações antropogênicas, uma vez que a bacia hidrográfica representa uma unidade de análise geográfica que incorpora toda a complexidade sócio-econômica-ambiental dentro do mesmo local, além de se reconfigurar diante das mudanças sofridas. Com isso, insere-se uma nova perspectiva de análise dos sistemas fluviais, denominando-os rios transescalares, visto que ultrapassam as fronteiras e os limites administrativos, reverberando suas influências a outras espacialidades tanto por vias terrestres, quanto aéreas. Portanto, é imperativo compreender a bacia hidrográfica como um espaço interconectado e complexo, ou seja, como um geossistema, incorporando os elementos que a integram. Nessa perspectiva, observa-se como o Pagamento por Serviços Ambientais e a Economia Circular podem contribuir para que o sistema produtivo passe a valorizar água e sua manutenção, sem desassociar-se das relações sociais e dos padrões de consumo.

Palavras-Chave: Bacia Hidrográfica; Geossistema; Recarga Hídrica; Ações Antropogênicas; Morfologia, Hidrologia Fluvial.

Abstract: Given the conceptual diversity on Fluvial Geomorphology and its sociogeomorphological interventions, it is important to understand the main mechanisms and interactions of physical and structural order that shape the environmental systems and feed them back. In this way, we highlight the relevance of understanding the role of morphology in the forms, the processes of the channels and how these systems can be transformed by anthropogenic actions, since the watershed represents a unit of geographic analysis that incorporates all the socio-economic-environmental complexity within the same place, besides reconfiguring itself in face of the changes suffered. With this, a new perspective of analysis of the river systems is inserted, calling them trans-scalar rivers, since they go beyond the borders and administrative boundaries, reverberating their influences to other spatialities both by land and air. Therefore, it is important to understand the watershed as an interconnected and complex space, that is, as a geosystem, incorporating the elements that make it up. From this perspective, it is observed how the Payment for Environmental Services and Circular Economy can contribute to the productive system to value water and its maintenance, without disassociating it from social relations and consumption patterns.
Keywords: Hydrographic Basin; Geosystem; Water Recharge; Anthropogenic Actions; Morphology; River Hydrology.

Tema: Geomorfologia Fluvial

---

1. INTRODUÇÃO

A Geomorfologia Fluvial estuda os rios dentro de uma perspectiva dinâmica ligada à produção e à circulação de água na escala espaço-temporal. Embora seja um braço importante da Geomorfologia por produzir e modificar formas e processos no relevo, é considerada uma ciência de síntese, a qual envolve diferentes especificidades oriundas das Ciências Naturais e da Terra, das Engenharias (em especial da Hidrologia e Hidrometria) e, ainda, das Ciências Sociais, como apontam Stevaux e Latrubesse (2017).

Estudos clássicos da área estiveram à frente nos trabalhos de vanguarda que buscavam entender as formas e os processos fluviais relacionados aos condicionantes geológicos e geomorfológicos, bem como os mecanismos de funcionamento dos rios brasileiros nas mais diversas paisagens e múltiplas escalas. Dentre eles, eram colocados em foco as associações entre a dinâmica dos rios com a gênese e com as formas das paisagens tropicais, buscando a formulação de modelos conceituais (BIGARELLA, 2007), as aplicações de análises quantitativas voltadas aos parâmetros e índices morfométricos e morfológicos (CHRISTOFOLETTI, 1979; STEVAUX e LATRUBESSE, 2017), e, ainda, as relações entre precipitação e vazão, principalmente voltadas às estimativas de aproveitamento energético (TUCCI e CLARKE, 1997).

Com a crescente ocupação urbana e a alteração nos sistemas de plantio, os sistemas ambientais, para além do ambiental fluvial, têm sido alvo de questões ligadas à sua qualidade e à própria oferta de serviços para a sociedade através dos mecanismos de

funcionamento destes sistemas. Assim, o desafio atual da Geomorfologia Fluvial está vinculado ao entendimento das respostas múltiplas das relações desequilibradas entre sociedade e natureza, que alteram/modificam a dinâmica dos rios. Dentre os desequilíbrios, a partir das modificações no uso e na cobertura da terra, é possível dar ênfase ao manejo inadequado de terras rurais e grandes produções agrícolas, gerando erosão dos solos e, para ambientes urbanos, alterações no curso de leitos dos rios, como a retilinização e a impermeabilização a partir do uso de mantas asfálticas e concretos. Estes processos influenciam na produção de água, na recarga dos aquíferos, na manutenção da água no solo, e no volume e vazão dos canais fluviais (HORNBERGUER *et al*., 1998; MAO e CHERBKAUER, 2007).

O reconhecimento como país das águas, calcado na abundância e opulência de seu sistema fluvial, confere ao Brasil pouca atenção institucional na relação desequilibrada e impactada entre a água produzida e a água disponibilizada para manutenção das sociedades nas bacias hidrográficas. Dentre os múltiplos usos das águas no Brasil, ressalta-se a dependência energética nas hidrelétricas, fruto da opulência fluvial, a qual reforça o olhar para o atual cenário socioambiental na produção/oferta de água e na saúde ambiental dos sistemas fluviais. Não obstante, as hidrelétricas estão espalhadas tanto nos macro rios e sistemas, como no Amazonas, São Francisco e Paraná, quanto nos sistemas locais menores, na figura das pequenas centrais hidrelétricas, as quais hoje possuem destaque para os impactos negativos gerados através do represamento e de processos erosivos sofridos pelos assoreamentos que entulham as calhas.

Assim, é preciso que tenhamos, numa crescente, outras discussões dentro da Geomorfologia Fluvial que integrem cada vez mais a abordagem geossistêmica, envolvendo diferentes conjuntos de ações e objetos socioambientais para se entender a produção, a oferta e a disponibilidade de água no território nacional. Partindo do princípio de que a bacia hidrográfica, além de ser uma unidade geomorfológica, é um sistema aberto, com fluxos de entrada e saída por um ponto de convergência (DUNNE e LEOPOLD, 1978; SUMMERFIELD, 1991), é necessário atentar-se para o que acontece nas partes que integram a bacia hidrográfica, assim como para o próprio caminho que a água faz entre a precipitação e a foz ou exutório. Nestas partes estão as principais mudanças e imbróglios da relação entre sociedade e natureza, que tem despertado a atenção para o questionamento acerca da quantidade *versus* qualidade dos recursos naturais.

A água é um recurso natural vital, portanto, um serviço ecossistêmico que necessita de equilíbrio de ações para ofertar o próprio recurso (BERBEL *et al.,* 2017). Não é possível padronizar as ações para ambientes tão diferentes, na perspectiva de Brasil, onde rios possuem dimensões espaço-temporais distintas ou extremas. Como exemplo, vale considerar a bacia Amazônica e, na mesma faixa latitudinal, os rios intermitentes no Sertão Nordestino, mas considerar as especificidades e complexidades torna-se importante emergência para os novos estudos.

Neste sentido, o objetivo deste artigo é dialogar com o contexto atual das questões socioambientais no Brasil considerando os princípios e bases norteadoras da Geomorfologia Fluvial, a partir, principalmente, de uma abordagem geossistêmica, envolvendo as relações entre sociedade e natureza. Para tal, a subdivisão do texto está vinculada a uma abordagem inicial dos fatores ambientais que condicionam a dinâmica fluvial. Em seguida, aborda-se a produção de água nas encostas e as relações com tipo de uso e cobertura da terra, assim como os ajustes fluviais realizados. Avança-se para as diferentes relações das macrobacias nacionais com os sistemas de produção e, por fim, é feita uma reflexão acerca da função sistema dos rios para oferta de serviços ambientais e re-funcionalidades.

2. INTERAÇÕES GEOSSISTÊMICAS PARA A COMPREENSÃO DAS DINÂMICAS FLUVIAIS

2.1. Mecanismos que englobam os Ambientes Fluviais

Os canais fluviais são reflexos da interação de várias facetas da paisagem, desde aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, pluviométricos e biogeográficos, até sociais e econômicos. Portanto, entender, pensar e repensar a rede de drenagem perpassa a compreensão das inter-relações refletidas nesse elemento da paisagem. Em constantes processos de equilíbrio sistêmico (CHRISTOFOLETTI, 1979; CHARLTON, 2008; HUGGETT, 2011), os canais fluviais, enquanto sistemas abertos, trocam energia e matéria com vários componentes das paisagens. A forma, a geometria e a vazão do sistema fluvial são resultados desse processo.

A geologia vai definir os arranjos e os caminhos do canal fluvial na paisagem. Parte da contribuição hidrológica virá, além do regime pluviométrico, da interação da geomorfologia com a pedologia. As manutenções dos processos fluviais estarão diretamente relacionadas aos fatores biogeográficos e antrópicos. Os canais fluviais modelam a geomorfologia, e são modelados e remodelados pela mesma. É a partir dessa relação geossistêmica que os canais fluviais precisam ser pensados, ordenados, planejados e reordenados.

Neste item, temos como objetivo revisitar de forma geral alguns aspectos da paisagem que contribuem diretamente ou indiretamente para o processo de recarga hídrica. Os canais fluviais podem ser estudados em diversas escalas, desde a carga de fundo até os ambientes de deposição, inclusive entendendo cada escala como um todo dentro da totalidade, que é a bacia hidrográfica. Contudo, aqui não iremos nos aprofundar em detalhe, mas perpassar pelo perfil do canal.

2.1.1. Papel da Geologia e Geomorfologia na Estruturação dos Padrões de Drenagem

Os canais fluviais seguem padrões determinados pela estrutura geológica, ocupando, muitas vezes, zonas de fraquezas litológicas. Sendo assim, o fluxo hídrico que se concentra em feições propiciando sua acomodação e circulação pode ser, por exemplo, um sistema de falhas, fraturas e dobramentos. Como afirma Huggett (2011), a maioria

das redes de fluxo são adaptadas ao declive e às estruturas geológicas, associado principalmente às fraturas nas rochas subjacentes.

Os canais fluviais contam a história da evolução da paisagem. Logo, no aspecto geológico, a hierarquia dos canais pode nos indicar alguns processos de evolução e formação daquela estrutura morfológica. Lima (2006) aponta que os canais de ordem inferior funcionam como um importante indicador da movimentação neotectônica, diferente daqueles de ordem mais elevada, no qual as estruturas regionais são mais antigas.

O processo de erosão e dissecação do relevo será o resultado de inúmeros processos, dentre eles, a ação fluvial e a resistência do material litológico. Esses fatores, associados às condições climáticas e morfológicas, irão determinar o padrão do sistema de drenagem (CUNHA e GUERRA, 2001). Esses padrões irão basicamente apresentar a distribuição espacial dos canais em relação ao substrato rochoso.

Os padrões de canais fluviais são definidos por suas configurações em planta e representam o grau de ajustamento dos canais aos seus gradientes e às suas seções transversais (SUGUIO, 2003). Ainda segundo o autor, os canais retilíneos puros são raros, pois, em sua maioria, eles exibem uma sinuosidade, geralmente desprezível, devido ao desenvolvimento de barras laterais.

Os canais entrelaçados desenvolvem-se bem em ambientes de deposição, tais como em áreas de planícies, leques aluviais e deltaicos. São caracterizados por sucessivas divisões e reuniões de canais, que contornam barras arenosas ou cascalhosas de sedimentos aluviais. Os canais meandrantes apresentam sinuosidade maior de montante para jusante, estando isso associado a uma redução da declividade e à maior quantidade de sedimentos pelíticos na carga sedimentar (LEOPOLD e WOLMAN, 1957; SUGUIO, 2003)

Riccomini et al. (2009) apontam quatro principais padrões de drenagem no Brasil. O padrão dendrítico acontece quando o substrato rochoso é homogêneo. O segundo padrão se dá quando os canais principais desenvolvem-se com substrato orientado paralelamente ao terreno, típicos de regiões íngremes. Tem-se, ainda, o padrão radial, no qual a drenagem distribui-se em todas as direções a partir de um centro. Por fim, tem-se o padrão treliça, típico de regiões com substratos rochosos que apresentam faixas paralelas com diferentes resistências.

A drenagem dendrítica é comumente comparada a uma árvore com ramificações irregulares, as quais correspondem aos afluentes. Dessa forma, ocorre principalmente na horizontal e em estratos uniformemente resistentes, substratos em que não há controles estruturais. A drenagem paralela apresenta canais com um certo paralelismo, que desenvolvem-se em substratos que são uniformemente resistentes e nos quais a inclinação regional é marcada, ou onde há forte controle estrutural exercido por uma série de falhas espaçadas ou monoclinais. A drenagem da treliça está associada a bandas alternadas de imersão dura e suave, e/ou a camadas dobradas ou recentemente depositadas (HUGGETT, 2011). A drenagem radial flui para fora em todas as direções de um trato

elevado central. É encontrada em domos topográficos, como cones vulcânicos e outras colinas cônicas isoladas.

A morfologia do relevo é um dos aspectos da paisagem que irá influenciar diretamente nas características morfométricas do canal fluvial. Segundo o IBGE (2009), fatores como a geomorfologia, o clima, a litologia e seu arcabouço estrutural interferem nos padrões dos canais de uma rede de drenagem. A sinuosidade é um exemplo disso, uma vez que essa é resultado do fluxo hídrico, do gradiente do relevo, da capacidade e da competência sedimentar.

Podemos observar essas mudanças morfológicas também a partir do perfil longitudinal dos canais fluviais. À medida que a altimetria do relevo vai se alterando (da nascente à foz), as formas e a declividade do canal vão se alterando e se acomodando no relevo. Associado a essas mudanças no perfil do canal, modificações ocorrerão também na velocidade do fluxo hídrico, bem como na profundidade do mesmo. Os processos de erosão e sedimentação serão determinados, de modo geral, por essa velocidade heterogênea que se desenha ao longo do canal, impactando diretamente no modelado como um todo, nas suas margens e no balanço sedimentar.

Os canais fluviais podem depositar material em qualquer lugar ao longo do seu curso, mas depositam material principalmente em fundos de vale, onde os gradientes são baixos, em lugares onde os gradientes mudam repentinamente, ou onde o fluxo canalizado diverge, com uma redução na profundidade e velocidade (HUGGETT, 2011). Contudo, os processos de erosão e deposição serão reflexos da relação existente entre o fluxo hídrico e a capacidade de transporte da carga sedimentar.

De forma geral, uma das formas utilizadas de classificação dos sistemas fluviais é o processo de sedimentação. Para Summerfield (2013), os canais podem apresentar três zonas principais: uma zona de geração de sedimentos, uma zona de troca de sedimentos e uma zona de deposição de sedimentos. Essas zonas podem coexistir, mas sempre terá um processo predominante.

Machado e Torres (2012) dividem o perfil longitudinal dos canais em três grandes segmentos: trecho superior (alto curso), trecho médio e trecho inferior (baixo curso). Na porção do alto curso, os canais terão uma grande capacidade erosiva, com canais entalhados nas encostas, determinando o vale em forma de V. Na porção média, com a diminuição da declividade e da capacidade erosiva, o processo de deposição sedimentar de fundo aumenta, suavizando, assim, o formato do vale. Por fim, no baixo curso, o processo sedimentar será acentuado em consonância com uma menor velocidade e gradiente, refletindo, em alguns casos, na formação de meandros. Portanto, ao longo do seu percurso, o canal fluvial pode assumir várias formas, condicionadas por fatores hidráulicos, sedimentares, litológicos e morfológicos. Dentre essas formas, o canal fluvial pode ser retilíneo, em geral estando associado a um forte controle estrutural do relevo; anastomosado, associado a grandes volumes de carga de fundo, interligados muitas vezes a ambientes de leques; e, por fim, meandrante, sendo modelado pelos processos de erosão (margem côncava) e deposição (margem convexa) (IBGE, 2009).

2.1.2. O papel do Solo e do Relevo na Recarga Hídrica

O solo é um sistema aberto, local de desenvolvimento das plantas, ambiente de estocagem e circulação da água, de ciclagem de nutrientes e de amortização da degradação ambiental (VEZZANI e MIELNICZUK, 2011; VEZZANI, 2015). Portanto, o solo, assim como todos os outros elementos da paisagem, não se expressa de forma isolada. Ele está integrado tanto aos aspectos físicos como aos aspectos históricos e sociais que envolvem aquele ambiente. Sendo assim, é necessário investigar e compreender as interações que acontecem nesse corpo tridimensional e os seus respectivos desdobramentos e materialização, tanto no canal fluvial como na bacia hidrográfica.

É comum encontrar na paisagem brasileira descontinuidades correlacionadas, em muitos casos, com as intervaladas classes de solo. Resende *et al.* (2014) exemplificam inclusive o caso do Triângulo Mineiro, em que se observa transições nos canais fluviais, na cobertura vegetal e na tipologia do solo de forma associada.

O caminho que a água da chuva fará até abastecer o canal fluvial dependerá de inúmeros fatores, incluindo a intensidade da mesma, a tipologia da cobertura vegetal, as características físicas do solo, a morfometria do relevo, entre outros. Portanto, o fluxo do canal é resultado da configuração e da interação de todas as partes que compõem a paisagem (PEREIRA, 1997; DONADIO *et al.,* 2005; VANZELA *et al*., 2010), ou seja, a quantidade e a qualidade da água de uma bacia hidrográfica dependem da interrelação do solo com a vegetação, o clima, a biota e a sociedade.

Bigarella (2007) afirma que, de acordo com a vazão, os rios podem ser efêmeros, intermitentes ou perenes. Os rios efêmeros são aqueles que recebem água apenas por eventos pluviométricos, e, consequentemente, ficam secos a maior parte do ano. Intermitentes são os rios que alternam entre períodos com água e outros secos. Eles recebem fluxo a partir do lençol freático, enquanto este estiver alto. Os rios perenes são aqueles que mantêm permanentemente água no seu canal, sendo alimentados por fluxos oriundos do lençol freático.

De forma geral, em partes íngremes do relevo encontraremos solos mais rasos, pouco desenvolvidos, como, por exemplo, os litossolos. Consequentemente, o processo de infiltração e percolação da água nesse solo terá um limite associado ao contato solo/rocha, que, nessa situação, tende a ser de poucos centímetros. Com isso, existe uma grande chance de a água chegar ao canal fluvial em forma de enxurrada durante os eventos pluviométricos de maior intensidade. Nas regiões de solo levemente ondulados, o desenvolvimento do solo pode ter sido favorecido, principalmente se for uma região na qual a temperatura e o regime pluviométrico contribuam com a potencialização das reações químicas no solo, como é o caso dos nitossolos. Os canais nesse trecho da paisagem terão grandes chances, a depender do uso do solo, de serem abastecidos pelo lençol freático, inclusive durante os períodos de estiagem.

Nas regiões de topografia suave, como os planaltos, que compõem grande parte do território brasileiro, a tendência é encontrar solos bem desenvolvidos, antigos e intensamente lixiviados (KER, 1998), como é o caso do latossolo. Nessa paisagem, considerando os outros aspectos, esse solo tem grande potencial para infiltração, percolação (FERREIRA *et al.,* 1999) e abastecimento constante do canal fluvial. A relação solo-relevo está longe de ser uma relação simplista, portanto outros fatores precisam ser sempre considerados para uma análise mais minuciosa da paisagem, inclusive no que tange às características físico-químicas do perfil do solo e aos aspectos bioclimáticos. Nessa perspectiva, discutiremos em que medida as propriedades físicas do solo interferem na recarga do canal fluvial.

A porosidade do solo é uma propriedade que pode potencializar ou limitar a movimentação da água no solo. Portanto, a circulação da água do solo para o canal fluvial também está relacionada com as propriedades físicas do solo, como a porosidade e a permeabilidade. Essas duas características dependem, entre outras coisas, da formação de grumos no solo a partir de materiais cimentantes como as argilas e os óxidos de ferro. No Brasil, é muito comum encontrar esses condicionantes nos latossolos que recobrem grande parte dos nossos planaltos, o que explica, em parte, o grande potencial de fluxo hídrico encontrados nas nossas bacias hidrográficas.

A água é armazenada por capilaridade na matriz do solo e no interior de rochas porosas ou diaclasadas, de modo que parte desta percola e parte se perde por evapotranspiração. O fluxo e a retenção de água no solo dependem da profundidade, textura, estrutura, porosidade e pedoforma (RESENDE, *et al.,* 2014).

A matéria orgânica é importante para os diversos processos físicos, químicos e biológicos do solo (ROSCOE, *et al.*, 2006; NASCIMENTO, *et. al.,* 2010), contribuindo para a formação dos grumos no solo e para a retenção de umidade no solo (BAYER, 2000; ROSCOE, *et al.*, 2006; BRADY e WEIL, 2013), além de estar diretamente relacionada com a manutenção da flora e o aumento da resistência à erosão (GUERRA, 1990; GUIMARÃES, 2015). Por conseguinte, nas regiões recobertas por vegetação, o processo recarga do lençol freático tenderá a ser mais eficiente do ponto de vista de manutenção da vazão dos canais fluviais.

O solo, assim como os outros elementos da ecosfera, troca energia e matéria de forma contínua e dinâmica com os canais fluviais e, por conseguinte, com toda a bacia hidrográfica. Portanto, entender os processos que se materializam no canal perpassa por uma investigação do processo de recarga e drenagem dos solos. O canal fluvial não pode ser entendido como um elemento isolado na natureza, e, dessa maneira, a compreensão de toda sua complexidade e seu funcionamento deve ser sistêmica.

2.2. Ações e Dinâmicas dos Ambientes Fluviais

2.2.1. Dinâmicas dos Ambientes Fluviais: processos e formas correspondentes

É impossível compreender as forças exercidas e praticadas ao longo das formas, a configuração dos materiais de leitos e margens, a largura e profundidade dos canais, o

comprimento de onda dos meandros, o gradiente dos trechos e toda a complexidade do perfil longitudinal sem assimilarmos a noção de sistemas.

As paisagens e os processos que as formam são considerados premissa básica por Hack (1960), pois estão incorporados em um sistema aberto onde encontram-se os níveis de matéria e energia em estado estável. Com isso, o autor considera que, independente do tempo, um sistema de paisagem está em direção a um estado de equilíbrio dinâmico e estável. Nesta perspectiva, o observador que se propõe a estudar elementos de um sistema fluvial se depara com sua complexidade ao lidar com a hierarquia de dependência das variáveis que o compõem. Ainda, caso sejam ultrapassados os limiares ou limites referentes ao volume e à frequência no acréscimo ou retirada de energia e matéria que mantêm os elementos em estabilidade, há a consequente possibilidade de se alterar em definitivo e irremediavelmente o sistema (SCHUMM e LICHTY, 1965; CHISTOFOLETTI, 1979; STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

Os sistemas fluviais podem ser analisados a partir de dois níveis escalares hierárquicos (POOLE, 2002). Marçal e Lima (2016) organizam estes níveis em: (i) bacia em escala regional, para entendimento sobre a estrutura da rede de drenagem a partir dos elementos de controle, tais como o perfil longitudinal do canal, os parâmetros morfométricos, a análise do regime hidrológico e a caracterização ambiental regional quanto às características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, topográficas, climáticas e de uso e cobertura da terra (NEWSON e NEWSON, 2000); e (ii) escala do canal (local, nível de detalhe), para a caracterização e distinção dos ambientes fluviais e o estabelecimento dos limites nos quais eles operam. Na escala de canal é possível levantar informações sobre as características do vale fluvial, as feições morfológicas no canal, sua forma em planta e o material do leito (BISSON e MONTGOMERY, 1996).

As mudanças morfológicas na paisagem sofrem influência direta da água, a qual figura como a principal responsável por sua evolução (BIGARELLA, 2007). O papel da ação pluviométrica no relevo e seu processo de movimentação e transporte já têm destaque nos trabalhos pioneiros de Horton na década de 1930, sendo traduzidos por uma variedade de mecanismos associados aos diferentes ambientes. Dentre tais mecanismos, dois clássicos modelos hidrológicos conceituais se legitimam: um na explicação de fluxos gerados em áreas de baixa permeabilidade, caracterizando a saturação por excesso de infiltração da água pelo solo ou Hortoniano (HORTON, 1933), e outro em áreas de alta permeabilidade, onde as condições específicas do relevo favorecem o escoamento por saturação.

A geração de escoamento superficial hortoniano possui como determinante a condição do solo na superfície, responsável pela distribuição da água para infiltração ou escoamento superficial (HORTON, 1933; DUNNE e LEOPOLD, 1978; MANNING, 1992). No entanto, Dunne e Black (1970a e 1970b) afirmam que, em ambientes úmidos, condições associadas à vegetação e à condutividade hidráulica do solo influem na capacidade de infiltração, e, portanto, o escoamento direto não se explica da mesma forma. Nestes casos, os fluxos de subsuperfície dominam a geração do escoamento, e a

água infiltrada no solo flui lateralmente através de macroporos ou sobre superfícies de baixa condutividade, como a base do contato solo-rocha (DUNNE e LEOPOLD, 1978; MONTGOMERY *et al*., 2002; SANTOS, 2009). Desta forma, a superfície freática pode ser modificada, já que sua posição pode coincidir com as características do topo do solo em condições topográficas específicas, como encostas côncavas com fundo de vale plano (HEWLETT e HIBBERT, 1967). Portanto, a precipitação direta em ambientes saturados e o afloramento freático na superfície corrobora o processo de escoamento (DUNNE e BLACK, 1970a e 1970b).

O processo de escoamento controla o quanto de água atinge e flui pelo canal de drenagem da bacia em um período específico de tempo. Isto está diretamente relacionado às interações dos componentes hidrológicos, que sujeitam o fluxo de água desde sua origem até o leito do rio (TUCCI, 2001; BEVEN, 2001). Mas como podemos caracterizar o início da formação de um rio? A iniciação de canais fluviais pode ser caracterizada como resultante da interação de uma série de processos erosivos em superfície e em subsuperfície. A erosividade do fluxo hortoniano segue uma linha de evolução. A microtopografia da vertente, sua inclinação, seu comprimento e sua forma garantem a transformação do fluxo em lençol em fluxo concentrado, o que passa a delinear um caminho de fluxo preferencial no relevo, dando forma a sulcos e ravinas (MORGAN, 1995; GUERRA, 2007). Nesse sentido, o mecanismo de saturação por excesso de infiltração fornece uma estrutura razoável para entender a gênese dos canais em ambientes áridos e semiáridos (SUMMERFIELD, 2013).

Em ambientes úmidos, a origem de canais relaciona-se ao ponto no relevo em que haja convergência de fluxo em superfície junto a mecanismos em subsuperfície, como a presença de fluxo em fraturas em rochas subjacentes, a remoção subterrânea por eluviação (formação de *pipes*), a evolução de *pipes* ou a dissolução em ambiente cárstico, que podem levar ao colapso do terreno, como em voçorocamentos, geralmente de grande porte (AVELAR e COELHO NETTO, 1992; FERNANDES *et al.,* 1994; STEVAUX e LATRUBESSE, 2017). A coalescência de lagoas (FORTES *et al.*, 2005; GUERREIRO *et al.,* 2013) e os movimentos de massa (DIETRICH *et al.*, 1986; FERNANDES *et al.*, 2001) também são responsáveis pela abertura de canais fluviais no relevo. A partir daí, a água passa a correr livremente, impulsionada pela força da gravidade e por fricção, produto da resistência do escoamento entre as próprias moléculas de água, entre a água e as paredes do canal, e entre a água e o ar (HORNBERGER *et al.*, 1998; SUMMERFIELD, 2013; STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

Ao longo de seu trajeto, o trabalho executado pelos rios, através de sua energia, relaciona-se ao transporte, à erosão e à deposição de sedimentos, desde o ponto mais alto de uma bacia hidrográfica, considerando o nível escalar hierárquico regional no qual se insere (POOLE, 2002), até o ponto final de deposição desta partícula, em um lago ou oceano. A complexidade de processos geomorfológicos, hidrológicos e bióticos, operando sobre múltiplas escalas espaciais e temporais, produzem notável diversidade de

ambientes ribeirinhos (HUANG e NANSON 1997; POOLE, 2002; MARÇAL e LIMA, 2016).

Em um sistema fluvial, a morfologia do canal e o padrão de drenagem são resultados de uma série de variáveis, como a velocidade de transporte da água, a erodibilidade do material do banco (maior ou menor resistência à erosão) (HICKIN e NANSON, 1975; 1984), o tamanho da partícula transportada (KNIGHTON, 1998), a continuidade do fluxo e a resistência entre fluxo e substrato (HUANG e NANSON, 2000). Stevaux e Latrubesse (2017), após análise das divisões tradicionais dos padrões dos canais e das limitações que estes sistemas se deparam na inclusão e caracterização de grande parte dos sistemas fluviais, sugerem uma classificação bidimensional (morfologia plana), descritiva, simples e que permite uma rápida identificação. Desta forma, seria possível classificar os canais de drenagem, morfologicamente, em dois padrões dominantes: canal único (reto, meandrante ou entrelaçado) e multicanal.

O trabalho de transporte, erosão e sedimentação, as planícies aluviais, as unidades geomorfológicas formadas pelo canal e sua respectiva planície de inundação (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017) refletem o ajuste de um rio na busca de seu equilíbrio. As planícies aluviais acumulam feições, os terraços fluviais, formados pela incisão do canal nos depósitos da planície ou sobre rochas (SUMMERFIELD, 2013), e que, em algum momento, corresponderam ao próprio leito do rio. As planícies aluviais têm suas formas associadas à dinâmica fluvial, ou seja, aos processos relacionados aos períodos glaciais e interglaciais, às mudanças no nível do mar, a tectonismos, entre outros (WARD e STANFORD, 1995). Assim, os terraços fluviais e as planícies de inundação são ambientes de acumulação sedimentar que registram os processos evolutivos do canal e das condições ambientais ao longo do tempo geológico (SALLUN e SUGUIO, 2006; GIBBARD e LEWIN, 2009; VALEZIO e FILHO, 2015)

Naturalmente, o ambiente fluvial está sempre dotado de alguma mudança. As interações entre gravidade, água e sedimentos promovem uma constante transformação na morfologia e no funcionamento de seu sistema (STEVAUX, 2017). Em sistemas fluviais, a sua capacidade de ajuste é dada pela oscilação e extensão dos ajustes geomorfológicos e o tipo de resposta proveniente de suas variáveis dependentes frente às condicionantes intrínsecas e extrínsecas ao sistema, que se propagam ao longo de um rio (BRIERE e FRYIRS, 2005). As mudanças nos ambientes fluviais ocorrem quando um segmento do rio apresenta alterações em relação às formas e aos processos estabelecidos (SCHUMM, 1969), podendo ser induzidas por perturbações de ordem natural ou antrópica.

2.2.2. Os Ajustes em Ambientes Fluviais frente às Interferências Antrópicas

A interpretação da natureza pelo homem enquanto recurso resultou da alteração intensa e, por vezes, irreversível dos elementos naturais. Park (1981) e Knighton (1998) apontam dois conjuntos de alterações antropogênicas nos ambientes fluviais. O primeiro conjunto refere-se às intervenções diretas com o objetivo de controle de vazões,

contenção e estabilização de margens, prevenção de enchentes, alargamento ou estreitamento de canal, retificação do canal, e aquelas intervenções que alteram a sua seção transversal, o perfil longitudinal e o padrão do canal. Já o segundo conjunto diz respeito às alterações indiretas, que ocorrem fora da área do canal mas em sua área de contribuição, contribuindo para a produção de sedimentos, bem como interferindo na descarga hídrica do canal. Dentre essas alterações, podemos citar atividades não conservacionistas, impermeabilização do solo, retirada da cobertura vegetal, entre outras. Desta forma, as condições de sensibilidade do sistema fluvial o tornarão mais ou menos propenso a responder às mudanças externas. Caso esteja próximo a um limiar, eventos relativamente pequenos podem reconfigurar o sistema, transformando-o (SCHAEFFER *et al.,* 2001).

Alguns distúrbios causados por intervenções humanas nos sistemas fluviais podem forçá-lo além de sua capacidade de manter ou recuperar a sua forma. Nestes casos, o sistema se ajusta e uma nova configuração é formada, na qual eventos podem deixar uma impressão persistente sobre a paisagem (BRUNSDEN e THORNES, 1979; MARÇAL e LIMA, 2016). As construções de barragens, por exemplo, afetam o sistema como um todo: tanto na alteração dos fluxos de água em escala temporal, podendo reverter o padrão natural de escoamento e ocasionar, possivelmente, a transformação de rios sazonais em rios perenes (PETTS, 1995), quanto na retenção da carga de sedimentos transportados desde a cabeceira de drenagem, reduzindo a turbidez do rio a jusante e alterando a dinâmica ecológica do sistema (GRIMSHAW e LEWIN, 1980; PETTS e GURNELL, 2005).

Outra resposta típica a jusante do represamento é a recomposição, pelo rio, de sua carga de sedimentos (suspensa e de fundo), erodindo os depósitos do canal e da planície de inundação, vertical e lateralmente (LATRUBESSE *et al.,* 2005; STEVAUX e LATRUBESSE, 2017). A alteração dos fluxos de sedimentos transportados aos deltas e ambientes costeiros comprometem também a estabilidade da linha de costa (SOUZA e SUGUIO, 2003). Atividades relacionadas às mudanças de uso e cobertura da terra, tais como desmatamento, práticas agropecuárias e expansão urbana, influenciam o balanço de energia e hídrico através de mudanças dos processos de transpiração, interceptação e evaporação, desempenhados pelas plantas na superfície de bacias hidrográficas (DUNN e MACKEY, 1995; HORNBERGER *et al*., 1998; MAO e CHERKAUER, 2009).

Cabe ressaltar que quanto maior for a superfície foliar, maior será a retenção da água durante a precipitação, já que a parcela inicial da precipitação é retida na vegetação. A contribuição da interceptação para a resposta hidrológica se traduz em capacidade de redução da variação de vazão ao longo do ano, retardando e reduzindo o pico das cheias (TUCCI e CLARKE, 1997). Em escala de bacias hidrográficas, as alterações nos tipos de uso e cobertura modificam tanto a resposta da vazão dos canais de drenagem, de acordo com o volume de água infiltrado e escoado superficialmente, quanto o aporte de sedimentos transmitidos ao canal. O desmatamento resulta no aumento da amplitude das vazões máximas e mínimas, uma vez que aumenta o fluxo de água que chega ao canal

durante os eventos pluviométricos e reduz o fornecimento de água via lençol freático. (BRUIJNZEEL, 1990; SAHIN e HALL, 1996). Dessa forma, a substituição de espécies vegetais ou a completa retirada da mesma provoca instabilidade no sistema e, na maioria dos casos, aceleração da erosão e aumento no suprimento de sedimentos na rede de drenagem, gerando um sistema de retroalimentação positiva (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

Assim, quanto menor for a cobertura vegetal e a área foliar, maior será o contato direto das gotas de chuva com o solo e o ativamento dos processos de erosão (splash em lençol, sulcos, ravinamento e voçorocamento). Com a estrutura do solo alterada a partir do topo da cobertura pedológica removida, menor será a capacidade de infiltração da água, maior será o escoamento superficial, menor será o volume de água retido na bacia, e maior será o volume de águas fluindo pelos canais e erodindo suas margens. O aumento de aporte de sedimentos adicionado ao canal faz do processo de assoreamento dos canais a resposta mais comum nas transformações registradas em bacias hidrográficas. Nesse tipo de transformação, o canal perde grande parte de sua capacidade de transporte e aumento da carga suspensa, comprometendo a funcionalidade de seu sistema.

A urbanização, seguida de elevada densidade populacional nos grandes centros urbanos, acelera os processos de degradação dos ambientes fluviais, de modo que amplia as áreas de impermeabilização dos solos, a redução de áreas verdes e, consequentemente, o volume de interceptação das águas das chuvas (COELHO, 2001). Diante disso, a degradação cresce na proporção do aumento da concentração populacional. No processo de expansão urbana é possível registrar uma série de desequilíbrios ambientais nos sistemas fluviais, como a evolução de processos erosivos nas vertentes, atuando na intensa agradação dos canais fluviais (SANDER, 2003). As alterações previstas no uso e cobertura da terra elevam o volume escoado superficialmente, propiciando o aumento da densidade de drenagem e da relação largura/profundidade dos canais (SANDER, 2003; STEVAUX e LATRUBESSE, 2017), e a diminuição acentuada da disponibilidade de sedimentos, além da curta duração e do alto pico de descarga nos rios quando escoados por galerias pluviais (KNIGHTON, 1998).

A carga sedimentar controla a morfodinâmica no sistema fluvial, enquanto as morfologias fluviais se desenvolvem por processos de erosão e deposição. Sendo assim, pensando numa abordagem geossistêmica, as intervenções humanas, direta ou indiretamente, alteram os componentes dos sistemas fluviais. Estes, por sua vez, na busca por seus ajustes, possivelmente enfrentarão mudanças no padrão de canais em bacias hidrográficas e alterações nos ambientes de deposição, no equilíbrio ecológico e na recarga hídrica dos canais fluviais.

Embora projetos para a recuperação de sistemas fluviais já façam parte da realidade em alguns países europeus (DIJK *et al.,* 1995; ZÖCKLER, 2000), principalmente após a institucionalização do Centro Europeu para Restauração de Rios, projetos de recuperação dos rios urbanos no Brasil consistem, na verdade, em projetos de saneamento e retificação (STEVAUX *et al.,* 2009). Programas efetivos de manejo de bacias hidrográficas em nosso

país não são efetivamente implementados e, na maioria das vezes, quando existem, as decisões e recomendações não são implementadas pelos gestores do território. A realidade brasileira frente ao intenso e desregrado uso dos sistemas fluviais desafia as novas gerações de pesquisadores e gestores e, especialmente nas áreas urbanas, as intervenções seguem potencializando a ocorrência de processos causadores de riscos sócio-ambientais.

2.3. Geomorfologia Fluvial Brasileira: Conectividades Regionais e suas Relações Sociais

As atividades humanas, que remontam desde o Período Quaternário, usufruíram das funcionalidades dos recursos fluviais tanto para a subsistência de comunidades e populações, quanto para o desenvolvimento mais intensivo de práticas econômicas. O uso e manejo dos recursos ambientais, portanto, culmina em distintas transformações e reajustes nos sistemas fluviais, que se referem à sedimentação mais intensa de fundos de vales, às modificações de meandros, às perturbações na vazão de rios, entre outros.

Essas alterações podem estar relacionadas aos seguintes fatores: aos processos erosivos acelerados, aumentando os fluxos de partículas de solo das encostas para os canais, o que implica na diminuição do volume do leito do rio e em distintos problemas associados às cheias; à ocupação das planícies de inundação, potente agente poluidor que altera as propriedades físico-químicas da água; às alterações do clima, com índices pluviais menores a cada ano, o que reduz o abastecimento dos rios e lençóis freáticos, acentuando problemas de falta de água, que atingem áreas urbanas e rurais; e à intensa atividade industrial e mineradora, que podem influenciar em consequências negativas nos canais fluviais e desequilibrar as relações geodinâmicas de determinados sistemas.

A diminuição da mata ciliar, a ocupação dos leitos dos rios e o desmatamento das florestas são problemáticas existentes na Geomorfologia fluvial brasileira, culminando em extensas áreas degradadas, onde há processos erosivos intensos. Pimentel (2006) estima que a perda de solo acelerada no mundo é de até 40 vezes superior às taxas de formação do mesmo. Faria (2014) ressalta que a mobilização de detritos orgânicos que entram nos fundos de vales chega a 20 t/ano, comprometendo a dinâmica dos fluxos fluviais e a qualidade da água.

Nessa perspectiva, ressalta-se que a dinâmica fluvial se caracteriza por ser um sistema aberto, que sofre influência de diversos elementos ambientais e sociais. Sua dinâmica de ordem espacial também influencia diversas áreas, uma vez que os problemas a montante do rio interferem a jusante, ou seja, a propagação de danos ambientais fluviais pode ter seus impactos sentidos a quilômetros do seu local de origem, até alcançar a sua foz. Como exemplo, temos a poluição de rios de cidades sem planejamento, que desaguam seus contaminantes químicos e orgânicos nos oceanos.

Observa-se, desse modo, a influência do contexto socioambiental nas dinâmicas fluviais, visto que cada região conta com particularidades de uso e manejo de terras, água e áreas florestadas, que afetarão a distribuição e drenagem da água para os fundos de vale.

Assim, o desmatamento das florestas e a perda de biomas para monoculturas e agriculturas conservacionistas, o pastoreio, a mineração, o extrativismo e a urbanização são alguns exemplos de atividades econômicas históricas do Brasil que continuam impactando negativamente o ambiente e, por consequência, as funcionalidades dos sistemas fluviais.

Tais problemas de má gestão dos recursos ambientais também podem gerar desequilíbrios nos padrões do ciclo hidrológico, comprometendo a produção da água nas cabeceiras de drenagem, ou seja, comprometendo as nascentes d'água. Assim, sob uma ótica geossistêmica socioambiental, questiona-se: quais são as principais bacias hidrográficas do Brasil, suas características físicas e sua importância para o desenvolvimento regional? Quais foram os principais impactos humanos nas dinâmicas desses cursos fluviais? Como as populações estão sendo impactadas com os desequilíbrios da dinâmica fluvial? A partir das respostas para tais questões, são encontradas formas de mitigar problemas de degradação ambiental e almejar o planejamento e a organização socioambiental que tangencia a sustentabilidade.

2.3.1. Dinâmica Transescalar Fluvial Brasileira

A extensa dimensão territorial do Brasil abriga diversificadas bacias hidrográficas, com distintos processos de formação e organização social ao redor dos rios. As características biogeográficas ajudam a explicar essas diferenças, uma vez que cada região terá sua peculiaridade fluvial e de produção social do espaço, estabelecendo uma relação socioambiental própria.

Torna-se necessária, portanto, uma análise voltada para entender as múltiplas escalas socioambientais fluviais brasileiras, uma vez que estas perpassam por discussões do uso da água, acirrando conflitos de interesses territoriais. Considerando a grandeza espacial da dinâmica fluvial, observamos como a conectividade dos cursos de rios integram cidades, estados e países, influenciando nas relações econômicas e nas políticas de planejamento e ordenamento territorial entre esses agentes de poder.

2.3.1.1. O Rio Amazonas e suas conectividades Regionais

Analisar a geomorfologia fluvial da região norte representa compreender a dinâmica de uma das mais importantes bacias de drenagem do mundo, a bacia Amazônica, que possui aproximadamente 7.000.000 km² de área. A sua escala de análise foge dos seus limites territoriais regionais e nacionais, uma vez que sua nascente se origina nas águas que são drenadas das vertentes da cordilheira dos Andes, no Peru. O comprimento de seu canal principal, que forma o rio Amazonas, é o maior do planeta, com quase 7.000 km. Além disso, sua rede hidrográfica possui o maior fluxo de água transportado para o oceano, desaguando no Atlântico (MEADE, 2007; MARTINI et al., 2008; BICUDO, 2017).

A formação da extensa rede de drenagem da bacia do Amazonas remonta do tectonismo que culminou no soerguimento da cordilheira dos Andes, dando surgimento ao rio Solimões, com elevado volume de sedimento transportado pelas escapas do relevo

Peruano para a bacia amazônica. O rio Negro, contudo, origina sua nascente na Colômbia e, na sua coloração mais escura, concentra grande carga de substâncias húmicas da lixiviação dos solos da floresta. A convergência desses dois rios forma o famoso encontro das águas na cidade de Manaus-AM (FRANZINELLI e IGREJA, 2011 e 2012; SACEK, 2014).

Entre os rios tão caudalosos que formam esse complexo sistema fluvial se encontra a maior floresta tropical do mundo, a Floresta Amazônica, que representa um bioma importante para manter o equilíbrio da dinâmica dos rios e de todas as funções ecológicas da região. O elevado índice de vapor d'água dos rios e da evapotranspiração de sua densa floresta não só influencia o clima da sua área, mas também ajuda a manter o balanço térmico de outras regiões por meio do transporte da umidade para o centro-oeste, sul e sudeste do Brasil. Sendo assim, o regime pluviométrico dessas áreas sofre influência das massas de ar carregadas de umidades que se originam na Amazônia (NOBRE, 2014).

A Floresta Amazônica, em conjunto com a sua dinâmica fluvial, auxilia, portanto, no abastecimento de água de outras bacias hidrográficas brasileiras. Nobre (2014) salienta que a Amazônia libera, aproximadamente, 200 mil m³/s de vapor d'água para a atmosfera, ou seja, um fluxo similar à vazão de seu rio principal. O autor denomina esse fenômeno de rios aéreos, os quais são responsáveis por se conectarem às bacias hidrográficas de outras regiões, doando umidade para outras áreas receptoras. Assim, a Amazônia representaria "a cabeceira dos mananciais aéreos da maior parte das chuvas na América do Sul", sendo a principal referência transescalar fluvial brasileira e mundial.

Considerando seu contexto ambiental e suas características físicas, constata-se que a bacia hidrográfica do Amazonas foi fundamental para o desenvolvimento econômico-social de sua região. O modo de organização e produção do espaço se desenvolveu, historicamente, ao redor de seus rios volumosos, possibilitando a navegação de embarcações de grande porte para o transporte de mercadorias e pessoas. Observa-se, portanto, a importância da capilaridade da rede fluvial nos fluxos das distintas atividades sociais, culminando no processo de ocupação das margens dos rios para facilitar a locomoção entre as cidades (Figura 1A).

(A)

(B)

Figura 1. Organização social nas margens do rio Amazonas e um dos postos de gasolina em seu leito (A); registro da segunda maior cheia do rio Negro em 29 de maio de 2012 (29,97 m) (ANA, 2020) e ruas em palafitas para circulação na cidade (B). Fotos: Leonardo S. Pereira, 2012.

Contudo, a relação entre os sistemas fluviais e o uso/manejo dos solos de suas margens alavancam problemas socioambientais que desestabilizam a sua geodinâmica natural, resultando em assoreamento dos fundos de vale e em cheias mais intensas, que afetarão as cidades e comunidades que habitam no seu entorno (Figura 1B). Como exemplo, observa-se a cheia do rio Negro do dia 05 de junho de 2021, que foi a maior da história desde o início das medições em 1902, alcançando a cota de 30 metros (PORTO DE MANAUS, 2021).

Arnáez *et al.* (2015) ponderam que as taxas de perda de solo que provocam problemas de cunho social e ambiental, por exemplo, estão relacionadas ao uso do solo de modo convencional, sem práticas conservacionistas, que utilizam esse recurso natural em excesso, ultrapassando o limite de sua resiliência. Mesmo em áreas florestadas, os sedimentos transportados influenciam na dinâmica do canal fluvial, sendo um elemento modificador da paisagem.

Frota Filho e Pinto (2014; 2015), ao analisarem a hidrodinâmica do desenvolvimento do relevo da Costa do Arapapá, na margem esquerda do rio Solimões (afluente do rio Amazonas), relatam o aumento da mobilização e deposição de partículas sólidas (tanto orgânicas, quanto minerais) nos fundos de vales. Desse modo, a retirada da mata ciliar dos sistemas fluviais e as ondas geradas pelo intenso fluxo de embarcações influenciam na erosão acelerada das bordas dos rios. Como consequência desse intenso processo, os períodos de cheias, que fazem parte da dinâmica natural do rio Amazonas, se agravam e se estendem por um tempo maior, devido à diminuição do volume dos seus leitos em decorrência da sedimentação de seus canais (Figura 1B).

Nóbrega (2014) salienta como a perda de área florestada impacta na dinâmica dos fluxos dos rios. Segundo o autor, a taxa de desmatamento na Amazônia se intensifica anualmente, tendo desdobramento no aumento do volume de escoamento superficial dessas áreas. Dessa forma, a menor capacidade de armazenar a água no solo implica no aumento da erosão acelerada do topo de sua superfície. As modificações das características naturais desses sistemas ambientais alteram a dinâmica dos processos físicos do ciclo hidrológico, acarretando em menor evaporação.

Nessa perspectiva, a transformação da paisagem Amazônica, por meio do uso inapropriado das suas bacias hidrográficas, pode alterar o clima da região para um novo equilíbrio seco do sistema, e adaptar a vegetação para uma nova realidade de temperaturas mais elevadas e menor disponibilidade de água. Tais mudanças podem afetar diretamente o balanço hídrico de outras regiões brasileiras, diminuindo a vazão dos leitos de rios do centro-oeste, sul e sudeste, por exemplo, e agravando problemas atrelados à seca da região central do país, bem como problemas de abastecimento de bacias hidrográficas do sul e sudeste (NÓBREGA, 2014; SACEK, 2014).

2.3.1.2. O Rio Paraná e suas Influências na Dinâmica Socioambiental do Sul e Sudeste

A bacia hidrográfica do rio Paraná, que possui maior área situada ao Sul do país, representa o segundo maior rio presente no território brasileiro, possuindo, aproximadamente, 2.600.00 km² de área total. Desse modo, desponta como um dos

principais recursos ambientais para as atividades econômicas e de fluxos de pessoas da Região Sul e Sudeste, abrangendo mais de 10% do território brasileiro (ITAIPU, 2020).

Sua gênese remonta do Terciário, período geológico de intensas atividades tectônicas e surgimento de elevadas cadeias montanhosas, a exemplo da formação dos Andes. Suas complexas falhas geológicas consolidam a formação de vales, principalmente a montante, em seu alto curso, favorecendo a captação de água e o abastecimento de seus canais (AB'SABER, 1998; MMA, 2006).

Os principais afluentes de sua margem esquerda situam suas cabeceiras de drenagem nas rochas do embasamento cristalino da Serra do Mar. Contudo, sua margem direita situa-se entre as vertentes das serras de Maracaju e Caarapó (Mato Grosso do Sul). A montante sudeste de sua bacia observa-se as cabeceiras de drenagem e seus principais afluentes, tais como os rios Grande, Paranaíba e Tietê. As relações ambientais que integram esse sistema ganham dimensões espaciais maiores, ao passo que o rio Paraná segue seu curso de 4.880 km de extensão por outras paisagens das regiões e dos estados brasileiros. Sua transescalaridade perpassa por territórios da Argentina e do Paraguai, criando uma divisa natural entre o Brasil e esses países a oeste (SOUZA FILHO e STEVAUX 1997; LANGEANI *et al.,* 2007).

O relevo acidentado a leste e sudeste do Alto Paraná, visto à ocorrência de rochas do Escudo Cristalino Brasileiro, influencia no maior volume do escoamento da água de suas vertentes. Contudo, em seu médio curso, observa-se a ocorrência de relevo tabular ondulado, este associado às escarpas da Serra Geral, cuja formação rochosa se origina no Paraguai e corta o Estado do Paraná, com altitudes entre 500 e 1.000 m (SOUZA FILHO e STEVAUX 1997; MMA, 2006).

Nessa perspectiva, o sistema de drenagem do rio Paraná percorre diversos ecossistemas presentes no Sudeste e Centro-Oeste, até desaguar no Sul do Brasil, na foz do rio da Prata. Esse caminho, que compreende de sua nascente até à foz, influencia nas dinâmicas socioambientais de cada local. Contudo, essas áreas também influenciam na dinâmica do rio Paraná, por meio do uso e manejo de seus recursos ambientais. Visto à larga dimensão espacial desse importante canal fluvial, que possui, em sua foz, vazão aproximada de 17.000 m^3/s, desponta como a principal rede hidrográfica que abastece as atividades de geração de energia de hidrelétrica do país (MMA, 2006; BENEZATH et al., 2019).

A importância da hidrografia do Paraná é o reflexo de sua capacidade de abastecer 1/3 da demanda nacional por recursos hídricos (736 m^3/s). Os principais usos de seu recurso são destinados à irrigação e ao abastecimento industrial, que juntos equivalem a 70% da demanda total. Suas redes de drenagem conectam cidades do interior da Argentina e do Paraguai com o oceano Atlântico, representando, portanto, uma eficiente via de transporte, e auxiliando nos fluxos de mercadorias e de deslocamento de pessoas (ANA, 2013; 2017).

Os elementos e fatores climáticos influenciam diretamente nas taxas pluviométricas e no regime fluvial de sua hidrografia. A dinâmica espaço-temporal da distribuição de

chuva está relacionada, por sua vez, ao abastecimento de água nas áreas urbanas e à geração de energia das hidrelétricas. Assim, os períodos de cheias de seu canal dependem das estações úmidas, que variam significativamente por toda a sua área.

A Mata Atlântica e o Cerrado são os principais biomas que fazem parte da dinâmica das paisagens de sua hidrografia, e também influenciam no regime fluvial de seus canais (MARENGO *et al.,* 2012; PUMO *et al.,* 2016; ITAIPU, 2020).

Benezath et al. (2019), ao analisarem o período histórico entre 1975 e 2004 da presente bacia de drenagem, salientam que os meses mais úmidos são novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, período de maior abastecimento de seu leito. Os autores também ponderam a heterogeneidade dos períodos úmidos e secos, uma vez que as taxas de umidade se concentram a nordeste da região hidrográfica e diminuem a sudoeste na estação úmida. Entretanto, esse padrão se inverte na estação seca, que corresponde aos meses entre abril e outubro.

No entanto, as transformações das paisagens da bacia do Paraná são marcadas pelas alterações de seus cursos de drenagens naturais, com construções de mais de 57 reservatórios de água. A usina de Itaipu, localizada em Foz do Iguaçu, que possui grande capacidade de geração de energia hidrelétrica, é exemplo do uso hidrológico desta bacia, culminando em modificações na geodinâmica de toda sua extensão (MMA, 2006; ANA, 2013).

A expansão da rede urbana, bem como a intensificação da instalação de indústrias e atividades agrícolas, representam as principais fontes de degradação e poluição dos solos e das águas da bacia. Tais processos são reflexo do uso e manejo de seus recursos de modo inapropriado, o que culmina na poluição orgânica e inorgânica da rede de drenagem por meio dos efluentes industriais e agrotóxicos, e do despejo de esgotos residenciais pela falta de saneamento básico. A intensificação do desmatamento e a retirada da mata ciliar dos rios, como consequência da expansão das fronteiras agrícolas e urbanas, corroboram a fragilização das relações socioambientais dessa importante hidrografia nacional (MMA, 2006; BENEZATH *et al.,* 2019; ANA, 2020).

Desse modo, dados de monitoramento de 891 pontos do índice da qualidade da água (IQA) da ANA (2020) apontam que a bacia do Paraná apresenta os piores índices do Brasil, já que em 61% dos locais analisados, seus índices foram classificados como péssimos ou ruins. O adensamento populacional da região metropolitana de Curitiba, associado à falta de saneamento dos centros urbanos, é refletido nos desequilíbrios ambientais da área.

Os recursos e as funcionalidades das principais redes hidrográficas brasileiras estão distribuídos por distintas territorialidades, exigindo que o planejamento dessas bacias seja desenvolvido de modo colaborativo entre os diferentes agentes governamentais. Contudo, a ineficiência de estruturar estratégias eficazes de uso e manejo da água culminou em problemas relacionados à poluição e à degradação desse recurso. Constata-se, portanto, como a morfodinâmica natural de dois principais canais fluviais nacionais foi modificada

por meio de distintas atividades humanas, reflexo de uma industrialização e urbanização que não se pautaram em um processo de formação do espaço de modo sustentável.

Desse modo, salienta-se a importância da elaboração de pesquisas que tenham como base a utilização de métodos e técnicas que se baseiam em uma análise integrada dos recursos hídricos, principalmente nos estudos de bacias hidrográficas transescalares, considerando as conectividades que as redes hidrográficas estabelecem nas regiões brasileiras.

3. IMPORTÂNCIA DA GEOMORFOLOGIA FLUVIAL NA CONJUNTURA SOCIOAMBIENTAL

3.1. Análise Geossistêmica em Recorte Espacial de Bacia Hidrográfica

O termo paisagem é englobado por diversos autores de origem antrópica, natural, simbólica e natural. Dessa maneira, a palavra em alemão *"Landschaft"* incorpora a associação da morfologia das ações culturais, reforçando a ideia da união de formas físicas e sociais. Logo, uma paisagem é tida como *"um complexo natural total, representado, de forma integrada, pela natureza e pela ação humana"* (FREITAS *et al.,* 1999, p. 31). Nessa aproximação entre o homem e o meio, uma nova análise geográfica passa a ser incorporada, dando visibilidade às ações desenvoltas da paisagem.

Segundo Rougerie e Beroutchachvili (1991), a observação da paisagem une a gênese, o biogeomorfológico, o físico-geográfico, o estrutural-morfológico, a análise funcional, a integração geoecológica, e a formação antropo-natural e econômico-social (ROUGERIE, 1969; MATEO, 1998). A partir do conceito de Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1968), deu-se início a essa visão integrada de união entre ecossistema (natureza e vida) e geossistema (paisagem), abrindo espaço para as discussões que culminaram no delineamento do conceito geossistêmico.

Com o aprofundamento das análises geográficas, fez-se necessário integrar a bacia hidrográfica com os elementos que a compõem (estruturas físicas) e os que a alteram (sociedade). Com isso, diversos estudos e autores, tais como Rodriguez e Silva (2002, 2013); Bertrand e Bertrand (2007); Rodriguez *et al.* (2004); Monteiro (2000); Christofoletti (1979, 1999); Tricart (1977, 1982); Sotchava (1962, 1977, 1978), trazem o conceito geossistêmico como ferramenta integrativa sobre as ações enérgicas naturais com o ativo social, que acontecem no ciclo antropo-natural.

Dessa maneira, o recorte de bacia hidrográfica entra como chave no processo de análise, em uma perspectiva socioambiental e/ou geossistêmica, que agrega a dinâmica física como *"um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes [...] em que exige naturalmente cabeceiras e divisores de água escoando dos pontos mais altos para os baixos [...] sofrendo dinamismo por agentes erosivos alargando ou reduzindo sua área"* (GUERRA e GUERRA, 2015, p.76-77). No viés de organismo humano, as sociedades alteram e produzem novos cenários, salientando uma manifestação de quem habita o território e transforma os usos da terra, e estabelecendo

relações com os atores presentes (ROSS, 2009). Logo, a bacia hidrográfica é um recorte que engloba as evidências temporais e espaciais geográficas.

É importante salientar que o tempo, no sistema integrado, é a natureza modificada que altera as relações biológicas e químicas, afetando os ritmos hidrológicos e geomorfológicos. Já a relação espacial se baseia na dimensão *dos "geo-horizontes"*, uma superfície delimitada que incorpora *"geotipo, geofáceis, geocomplexos e domínios*" (ROSS, 2009 p. 33). De acordo com Santos (1996), o espaço é fruto da colisão entre configuração espacial, paisagem e sociedade, ou seja, todos esses elementos estão intrínsecos na bacia hidrográfica.

Cabe ressaltar que a delimitação da paisagem ocorre de forma dinâmica e foge dos limites administrativos e políticos, pois estes são delimitações impostas por interesses diversos, em sua maioria não compreendendo as dimensões espaciais presentes. Quando se pensa em trabalhar com recursos hídricos, a melhor forma de compreender as complexidades que envolvem os elementos e suas interações é a partir do recorte de bacia hidrográfica. Isso significa que, a partir das formas geomorfológicas e dos caminhos preferenciais da água, passa-se a delimitar as estruturas que compõem essa bacia, a qual pode ser subdividida a depender da escala de interesse do estudo.

Segundo a Lei 9.433/97, Art 1°, fica definido que *"V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos"*. Logo, essa configuração permite a associação e a compreensão dos múltiplos usos que compõem a água ou os recursos hídricos, quando se agrega valor ao bem. A bacia hidrográfica torna-se, então, uma ferramenta fundamental, pois possui, nesse espaço geográfico, interações com diversos ambientes modificados pelo homem, com áreas naturais e com a sociedade. Dentro desse espaço, qualquer modificação impactará os elementos, pois eles são geossistêmicos (AB'SABER, 2003).

Assim como a geomorfologia se apropria do delineamento de bacia hidrográfica (MARÇAL, 2009) em suas diversas subcategorizações, ela ultrapassa barreiras para outras dissecções geográficas. Como mencionado, a bacia hidrográfica é composta por diversas paisagens, sejam elas naturais ou sociais. Assim, a ciência geográfica é muito mais ampla, no sentido de conversar com e atuar por outros campos do conhecimento, tais como os campos agrário, político, urbano, climatológico, populacional, econômico, pedológico e cartográfico.

Por conseguinte, a percepção do ambiente deve preencher o papel em que cada constituinte fornece subsídios para sua manutenção e o tempo de resposta das resiliências, frente às transformações socioambientais. Logo, a delimitação espacial de bacia é uma unidade ambiental integrada com os processos que ocorrem adentro, e que fornecem subsídios para estudos geossistêmicos, incorporando ações de planejamento, gestão, gerenciamento, manejo e entendimento hídrico.

3.2. O Papel do Pagamento de Serviços Ambientais na Recarga Hídrica

A geografia como ciência possui um excelente arcabouço conceitual e metodológico que pode auxiliar no desenvolvimento de metodologias geossistêmicas para compreensão da paisagem e dos serviços fornecidos pelo ambiente. Vale ressaltar que o alicerce dos serviços ecossistêmicos é interdisciplinar, pois incorpora em suas análises campos da biologia, engenharia florestal, agronomia, economia agrícola, ciência ambiental, engenharia ambiental, ciência política e economia política (JARDIM e BURSZTYN, 2015; GRIZZETIA *et al.,* 2016; CARVALHO *et al.,* 2017; BÖRNER, *et al.,* 2017; BÖSCH *et al*., 2019).

Nesse sentido, o ambiente natural produz serviços gratuitos ao planeta, relacionados à manutenção e à renovação dos ciclos biogeoquímicos, fornecendo nutrientes para o solo, produção e recarga de água, diversidade biológica, e elementos químicos disponíveis que compõem a atmosfera. Podemos compreender que os serviços ambientais são processos gerados pela natureza através dos ecossistemas que equilibram a Terra. Assim, a paisagem orgânica retroalimenta o sistema, fornecendo subsídios para sua continuidade. Porém, não podemos nos esquecer de que a sociedade desempenha um papel importante ao alterar esse sistema harmonioso.

A água é um elemento de extrema relevância ambiental e social, mas, muitas vezes, torna-se invisibilizada por sua abundância, em especial no território brasileiro. Dessa forma, os corpos hídricos passam a sofrer modificações em sua morfologia, vazão e disponibilidade para atender atividades de fins econômicos, agropecuários e sociais (BRUIJNZEEL, 2004; SEIBERT e MCDONNELL, 2010). Tais atividades levam as bacias hidrográficas a serem sensibilizadas por ações que alteram o ecossistema e a dinâmica das águas, pois os canais fluviais que a compõem em sistemas abertos estão vulneráveis às oscilações ambientais recebidas (STRAHLER, 1964).

A partir das mudanças de uso e cobertura do solo, em que as paisagens ganham outras configurações, dividindo espaço com ambientes antropizados, algumas funções passam a ser comprometidas. Como resposta, temos o aumento dos processos erosivos pela retirada da vegetação, a adição de sedimentos em canais fluviais, a redução da capacidade de infiltração, e a perturbação na produção e na qualidade das águas devido ao aumento de efluentes domésticos nas bacias hidrográficas (EISENBIES *et al.,* 2007). Desse modo, o papel da sociedade na paisagem tornou-se antagônico, pois não há relação de sistema integralizado com o ambiente, em virtude do sistema econômico vigente e da utilização da natureza como um bem.

Dessa maneira, os serviços ecossistêmicos ganham pauta de discussão e visibilidade a partir das paisagens transformadas, conforme a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Código Florestal- 4.771/12, Capítulo X- Art. 41), que destaca a importância do pagamento por serviços ambientais voltados para conservação e serviço de caráter hídrico. Assim sendo, é importante pontuar as diferenças conceituais de serviços

ecossistêmicos, pagamentos por serviços ambientais e pagamentos por serviços de bacias hidrográficas.

Serviços ecossistêmicos estão relacionados ao crescimento da gestão ambiental, em que os gestores fundiários e as comunidades devem ser compensadas pelos beneficiários, como usuários de água a jusante. Desse modo, há o esforço para traduzir valores não valoráveis em incentivos financeiros e para aumentar os serviços ambientais, baseando-se no princípio do beneficiário-pagador (CARRILHO e SINISGALLI, 2018). O pagamento de serviços ambientais (PSA) traz a perspectiva de agregar valor ao ambiente por transação voluntária (WUNDER, 2015), em que o serviço é fornecido com um auxílio técnico e monetário para que garanta a provisão do serviço ambiental.

Dessa maneira, auxilia na conscientização dos usuários da água a compreenderem a importância de manterem suas áreas preservadas para produção e recarga hídrica. O PSA permite diversas metodologias para a valoração da água, como os instrumentos econômicos, a análise do custo-benefício e custo-efetividade, produtividade e eficiência da água e governança (BERBEL *et al.,* 2017), possibilitando múltiplos fatores de interação, tanto ecológicos como sociais. Essa proposta está sistematizada no princípio provedor-recebedor, em que são divididos com os beneficiários dos serviços ambientais os custos e as ações conservacionistas praticadas pelos provedores (JARDIM e BURSZTYN, 2015).

Diante disso, uma nova vertente do PSA vem ganhando espaço de discussão, que são os pagamentos por serviços de bacias hidrográficas (PSW). Segundo Bösch *et al.* (2019), existe na bacia hidrográfica uma interdependência entre fornecedores (a montante) e usuários (a jusante), a qual é predefinida por locais específicos, onde os benefícios são de caráter hidrológico, vazões, recarga de aquíferos, proteção contra inundações, e, pelo viés da qualidade, por exemplo, controle da erosão, da sedimentação e da pureza da água potável em delimitação de bacia hidrográfica. Assim, o ambiente pode fornecer subsídios ambientais em áreas que já sofreram mudanças em sua paisagem. Em muitos casos, tem-se a ideia de que, para realizar um PSA ou um PSW, é necessário manter a área intacta visando sua manutenção e conservação. No entanto, podem ser inseridos boas práticas e uso adequado do solo. Verifica-se, por exemplo, em locais de pastagens, pastos degradados e com processos erosivos, o que muitas vezes carreia os sedimentos das encostas para os canais fluviais. Assim, boas práticas do solo, com o pasto de boa qualidade e com a vegetação o protegendo, possibilitariam o aumento de infiltração e, consequentemente, a renovação hídrica.

Em ambientes de agricultura, é preferível que haja intercalação de produção em vez da monocultura. Dessa forma, esse procedimento permite que o solo exerça suas funções. Ambientes sem a presença da mata ciliar, tornam-se ambientes vulneráveis socioambientalmente, pois eles são importantes para a manutenção hídrica. Além disso, a recuperação da mata ciliar está prevista no Código Florestal (2012). Assim, para que os ambientes naturais que sofreram com processos antropogênicos voltem a fornecer os

serviços ambientais, parcerias e incentivos entre proprietários e governo são necessários, de modo que os espaços retornem a exercer suas funções ambientais.

A Agência Nacional de Águas (2018) possui o programa "Produtor de Águas", com metodologia baseada em PSA. Em sua nota informativa, destaca a importância de se trabalhar em recorte de bacia hidrográfica para a definição de problemáticas hidrológicas. Logo, a análise geossistêmica da paisagem com os diversos olhares geográficos auxilia na definição de uma metodologia que englobe toda a complexidade e a problemática que compõem a bacia hidrográfica e a recarga hídrica.

3.3. Abordagens da Economia Circular associada aos Recursos Hídricos

Economia Linear é definida como uma estrutura de desenvolvimento econômico que consiste em utilizar os recursos naturais para gerar produtos para fins socioeconômicos, com a finalidade de obtenção de lucro (EMF, 2017), e sem que haja a preocupação com a destinação final dos produtos (MORVAN, 1985) e com o tempo de duração dos bens. Logo, é uma estrutura baseada no consumismo e no descarte (BATALHA E SILVA, 2001).

Dessa maneira, o conceito de Economia Circular vem como um contraposto ao modelo de Economia Linear, na qual toda a produção e destinação tem início e fim no circuito produtivo, para que possa ser reincorporado no ambiente natural, tal como ocorre no ciclo biológico (BOULDING, 1966; ZHIJUN E NAILING, 2007). Tal modelo incorpora a criticidade ao fazer com que os consumidores repensem sobre a origem, o modo que foi produzido o impacto ambiental, a presença ou não de política reversa, e a possibilidade de haver outra utilização ou conserto do produto. Nesse sentido, é dado destaque a reflexões acerca do modo de consumir e da real necessidade de obtenção do produto (GHISELLINI *et al*., 2016; GEISSDOERFER *et al.,* 2017).

É importante destacar que a base desse conceito é derivado da macroeconomia, que, ao longo do tempo, foi desenvolvendo essa perspectiva. Inicialmente, o ambiente natural passa a ganhar visibilidade com os movimentos ecológicos, principalmente na economia conhecida como Economia Ecológica (KHARLAMOVA *et al*., 2015), em que se respeita os limites naturais. Por outro lado, a Economia Verde (LOISEAU, *et al*., 2016; MERINO-SAUM *et al.,* 2020) tem sua ideologia baseada no desenvolvimento sustentável, a partir da interação entre economia e ambiente, relacionando os riscos ambientais e a escassez ecológica. A Economia de Baixo Carbono trabalha com a proposta da incorporação de redução do desmatamento e adição das energias renováveis, voltada para a redução das emissões dos gases poluentes. Por fim, a Economia Circular (OLIVEIRA *et al.,* 2019) parte do princípio de que a interação entre indústria, governo e sociedade se articula para gerar mudanças na estrutura das cadeias produtivas, de modo a reconfigurar antigos paradigmas sobre sociedade, e o consumo para qualidade e sustentação ambiental.

Segundo a *European Commission* (2015), a Inglaterra foi o primeiro país a inserir e produzir uma norma técnica para a regularização e a implementação da Economia

Circular. A temática chega ao Brasil em meados de 2015 (BANKS e PARKIN, 2017), tendo como base o modelo europeu. Atualmente, existem diversas iniciativas para que esse sistema passe a ser incorporado na cadeia produtiva e de gestão, de modo a otimizar essa nova demanda socioeconômica, muito influenciada pelas inovações tecnológicas. A partir da disponibilidade da oferta e do acesso a produtos e serviços com as plataformas digitais, possibilitou-se que os consumidores se tornassem mais exigentes com o consumo consciente.

Os princípios relativos ao conceito circular se dão pela ótica de preservar e aumentar o capital natural, otimizar o rendimento do recurso e fomentar a eficácia do sistema (AZEVEDO, 2015). Assim, esse conceito ganha notoriedade na pauta de discussão e análise em diversos campos da ciência, tais como a economia, a química e a bioquímica, de modo a correlacionar as questões ambientais. A base dessa concepção vem fundamentada na abordagem sistêmica, e, dessa forma, a ciência geográfica deve estar presente para contribuir nas análises espaciais e ambientais dessa proposta.

Por ser uma concepção interdisciplinar, cabe trazer essa análise para o campo da geografia e incorporá-la na discussão dos recursos hídricos. Sabe-se que grande parte dos recursos hídricos estão contaminados por efluentes domésticos e químicos, e muitos se tornam depósitos de resíduos sólidos (MORAES e JORDÃO, 2002; DELLAMATRICE e MONTEIRO, 2014; HONGIL *et al*., 2017). Esse panorama pode ser observado em grandes centros urbanos e industriais, em que o sistema de gestão se torna ineficaz. De acordo com informações da ANA (2013), sabe-se que a disponibilidade de água doce no Brasil se refere ao percentual de 12% em todo planeta, além de não haver uma distribuição hídrica uniforme em todo o território.

A ideia de abundância e disponibilidade das águas intensificou a cultura do desperdício (REBOUÇAS, 1999), em que se observa o mau uso dos corpos hídricos em todo o Brasil. Essa prática é identificada quando vemos o aumento de rios, córregos e lagos contaminados por esgoto e por fertilizantes químicos das indústrias e da agricultura, os quais são despejados diretamente em seus canais, sem o devido tratamento (TUNDISI e SCHEUENSTUHL, 2014). O reaproveitamento da água é uma questão de extrema importância no ciclo produtivo, visto que tal processo é invisibilizado em diversas cadeias econômicas. Além disso, ocorrem perdas por dissipação de água por vazamento em tubulações, aumento da pressão para abastecimento, extravasamento de reservatórios e ligações hidráulicas clandestinas (SILVA *et al*., 2013).

Os problemas com a gestão, gerenciamento, monitoramento e tratamento dos recursos hídricos tornam-se um gargalo na atual conjuntura socioambiental, em que, cada vez mais, há a preocupação com práticas de consumo interligadas com o ambiente natural. A água precisa estar presente na pauta de discussão e de ação da Economia Circular nas escalas municipais, estaduais e federais, para que haja mecanismos de cooperação do governo, de instituições privadas e da sociedade. O suporte do conceito de Economia Circular deriva de uma abordagem sistêmica (UNFCCC, 2015), já que as bases de mudanças se encontram no todo. Já pelo olhar geográfico, a integração dos sistemas

produtivos se debruça sobre uma abordagem geossistêmica. Assim, como o radical de origem grega "geo" significa Terra, o viés geossistêmico incorpora todos os elementos que compõem a mãe natureza e o planeta, não apenas aqueles de aspecto sistêmico e estrutural, os quais não possuem relações com a natureza.

Vale destacar que a água está presente na base do ciclo produtivo de indústrias de bens de consumo duráveis e não duráveis, as quais se enquadram nas categorias para a fabricação de vestimentos e alimentos, além da indústria automobilística e do agronegócio, que geram produtos que são consumidos pela sociedade (CNI, 2018; OLIVEIRA *et al.,* 2019). A água é um bem com um alto valor agregado e finito, pois está presente no ambiente natural e em diversos setores da economia, perpassando desde o abastecimento urbano e a geração de energia, até a produção de produtos e de lucro.

Diante deste cenário, os recursos hídricos não são voltados somente para a geração de valores monetários, como também para a geração do capital sociocultural, o qual se baseia na relação direta ou indireta dos bens que a natureza fornece para a sociedade, no viés de apreciação da beleza cênica, recreação, propriedade medicinal, produção de ciência e educação. Segundo Bourdieu (1997, p. 86), *"a transmissão do capital cultural é, sem dúvida, a mais dissimulada forma de transmissão hereditária de capital"*. Desse modo, é possível aprender a importância da água nas relações sociais, nais quais percebemos que somos natureza e não elementos distintos.

Somente a partir da educação ambiental, industrial e econômica, associada aos incentivos governamentais e produtivos, os recursos hídricos passaram a ganhar a visibilidade e a atenção necessárias. O processo de descaso se mostra visível em qualquer ambiente em que haja deslocamento. Ao caminhar pelas ruas ou próximo de fábricas, indústrias ou áreas residenciais, é perceptível o encontro de algum córrego com despejo de esgoto. Se os setores passassem a ver a água como um recurso natural com a devida atenção, seríamos capazes de controlar os focos de contaminação.

Ao invés de o governo insistir em programas para despoluição, a exemplo da Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, o foco deveria ser em investimentos voltados para o tratamento do esgoto e da água, visando seu retorno no sistema produtivo, de maneira eficiente e sustentável. Dessa maneira, haveria o aumento de diversos serviços que atualmente se tornam incapazes devido aos estados em que se encontram os mananciais, como a pesca, o turismo e a recreação, sem padecer a questão do abastecimento. Em muitos casos, os mananciais se remetem para o recuo das águas para a geração de energia e desvios ilegais. É necessário que haja incentivo e fiscalização para que toda a indústria que utiliza a água, possa devolve-la, de modo que a mesma possa ser re-inserida no sistema (MCDONOUGH e BRAUNGART, 2010).

No Brasil, dispomos do Código de Águas (Lei 24.643/34), da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81), da Lei das Águas (Lei nº 9.433/97), da Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/98), da Resolução Conama n° 357/05, da Lei de Saneamento Básico (Lei nº11445/07), da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/00) e do "novo" Código Florestal (Lei nº12.651/12). Desse modo, já possuímos um sólido

respaldo jurídico para tratar a questão das águas e suas contaminações, que trazem na sua pauta a importância da manutenção desses ambientes. A problemática, portanto, se deve a não incorporação do recurso hídrico como um elemento produtivo de retorno ao sistema.

Logo, a Economia Circular trabalha com um sistema e um ciclo produtivo integrados para que seja aproveitado tudo aquilo que seria descartado, servindo de subsídio (matéria-prima) para a fabricação de um novo produto, em um outro setor industrial (CNI, 2018). O mesmo pode e deve acontecer com a água, pois ela alimenta o ciclo produtivo para ser re-inserida no ambiente. Esse capital sociocultural precisa ser valorizado e incentivado, de modo que possamos mudar a relação com a água e a maneira como a tratamos. Os recursos hídricos não podem ser vistos apenas como sendo dotados de valor monetário passível e como sendo não palpáveis, uma vez que também estão inseridos no contexto socioeconômico. Assim, a geografia possui um papel fundamental na incorporação da Economia Circular, pois incorpora a paisagem e a sociedade de modo integrado, ambas atuando em benefício mútuo. Quando se altera esse estágio natural sem a devida preocupação ou manutenção, temos a resposta do ambiente e observamos a redução da qualidade e disponibilidade de água para os serviços de manutenção das dinâmicas urbanas e rurais.

4. CONCLUSÃO

As bacias hidrográficas são unidades espaciais de investigação de extrema relevância para os geógrafos, bem como para as outras ciências, pois como demonstramos no decorrer do capítulo, elas encerram em si uma realidade extremamente complexa e dinâmica. Portanto, os estudos das bacias hidrográficas precisam levar em conta as múltiplas facetas das relações que se desenvolvem nesses sistemas, tanto na dimensão do social quanto do ambiental.

Embora neste capítulo não tenhamos a intencionalidade de esgotar todos os processos que se materializam nas bacias hidrográficas, trouxemos para debate uma discussão geossistêmica das bacias hidrográficas e dos seus elementos formadores, com ênfase no caso brasileiro.

Percebemos ao longo desta investigação teórica a existência de muitos materias que tratam a geomorfologia fluvial de forma global e voltada para aspectos físicos que a compõem. Dessa maneira, deixamos, nesta proposta, uma breve discussão acerca da compreensão das interações e interferências socioambientais para a realidade brasileira, incorporando os conceitos de pagamentos de serviços ambientais e de Economia Circular no que tange aos estudos dos recursos hídricos.

Um aspecto a ser trabalhado com maior profundidade em outras oportunidades de investigação científica seria uma avaliação geossistêmica das regiões hidrográficas brasileiras, levando em consideração os elementos das paisagens próprias de cada região.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer o empenho de todos os autores na construção, nos debates e no desenvolvimento para a realização, estruturação e conclusão deste capítulo. Ademais, agradecemos à FAPERJ por contribuir financeiramente pela viabilidade da pesquisa e do tema abordado.

Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AB'SABER, A. N. Megageomorfologia do território brasileiro. In **Geomorfologia do Brasi**l . Orgs.CUNHA,S. B.; GUERRA, A. J. T. Bertand Brasil, Rio de Janeiro, p. 71-106. 1998.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013**. Agência Nacional de Águas (Brasil). Brasília, ISBN 978-85-882100-15-8. 432 p. 2013.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Produtor de Água**. 2018. Disponível em https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sip/produtor-de-agua/documentos-relacionados/1-nota-informativa-programa-produtor-de-agua.pdf. Acesso em: 10 de set. de 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Cheia do Rio Negro Manaus**. Disponível em https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/manaus-registra-a-7aa-maior-cheia-do-rio-negro.2019-03-15.7917731080#:~:text=A%20maior%20cheia%20do%20Negro,Brasil%20(CPRM)%20para%20Manaus. Acesso em: 02 de set. 2020.

ANA. **Agência Nacional de Águas. Região Hidrográfica do Paraná**. Disponível em: http://www2.ana.gov.br/ Paginas/portais/bacias/parana.aspx. Acesso em: 22 Set 2020.

ARNÁEZ, J.; LANA-RENAULT, N.; LASANTA, T.; RUIZ-FLAÑO, P.; CASTROVIEJO, J. Effects of farming terraces on hydrological and geomorphological processes. A review. **Catena.** n.128, p.122–134, 2015.

AVELAR, A. S.; COELHO-NETTO, A. L. Fluxos d'água subsuperficiais associados à origem das formas côncavas do relevo. **1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade Encostas (1ª COBRAE)**, ABGE/ABMS. Rio de Janeiro, p. 709-720, 1992.

AZEVEDO, J. L. A Economia Circular Aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. In: Anais. **Congresso Nacional de Excelência em Gestão.** 2015.

BANKS, I.; PARKIN, E. Uma Economia Circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial**. Produto da inteligência coletiva dos membros da rede CE100 Brasil**. Ellen MacArthur Foundation. 2017.

BATALHA, M. O.; SILVA, A. L. **Gerenciamento de Sistemas Agroindustriais: Definições e Correntes Metodológicas**. In: BATALHA, Mário Otávio (Coord.) Gestão Agroindustrial. 2. ed. São Paulo: Atlas, v.2, 2001.

BAYER, C. et al.. Efeito de Sistemas de Preparo na Dinâmica da Matéria Orgânica e na Mitigação das Emissões de CO2. **Bras. Ci. Solo,** v.24:p.599-607, 2000.

BENEZATH, A. A.; NUNES, A. M. B.; CIRANO, M.; SILVA, I. A.; ROCHA, R. P. Using Dynamical Downscaling of Climate Projections for the Assessment of Climate Change Impacts on Precipitation over Paraná and Paraguay River Basins. **Anuário do Instituto de Geociências** – UFRJ v. 42, n. 1, p. 695-707. 2019.

BERBEL, J.; MARTÍN, C.G.; ORTEGA, J.M. **Water Economics and Policy**. Water. v.9, 801p. 2017.

BERTALANFFY, L. V. General System Theory. **Foundations Development Application**s. George Braziller: New York, 1968.

BERTRAND, G.; BERTRAND, C. Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Massoni, 2007.

BEVEN, K. **Rainfall-Runoff Modeling: the primer**. John Wiley & Sons, Ltd, 360p. 2001.

BICUDO, T. C. **Estudo da formação da bacia hidrográfica do rio Amazonas através da modelagem numérica de processos tectônicos e sedimentares.** Dissertação (Mestrado em Geofísica) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

BIGARELLA, J. J. et al. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, v. 3. 448 p. 2007.

BISSON, P. A.; MONTGOMERY, D. R. Valley Segments, Stream Reaches and Channel Units. In: HAUER, R. F. R.; LAMBERT, G. A. (Eds.). **Methods in Stream Ecology**. Londres: Academic Press, p. 23-52.1996.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman. 686p. 2013.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework**. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2005.

BRUIJNZEEL, L.A. **Hydrology of Moist Tropical Forests and Effects of Conversion: A State of Knowledge Review**. IHP. IAHS. UNESCO. 224p. 1990.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrolical functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 104, p. 185-228, 2004.

BRUNSDEN, D.; THORNES, J.B. **Landscape Sensitivity and Change**. Translates of the Institute of British Geographers, v. NS4, p. 463-484, 1979.

BÖRNER, J.; CORBERE, E.; EZZINE-DE-BLAS, D.; ROSÉS, J. H.; PERSSON, U. M.; WUNDER, S. The Effectiveness of Payments for Environmental Services. **World Development**. v.96, p. 347-359. 2017.

BÖSCH, M.; ELSASSER, P.; WUNDER, S. Why do payments for watershed services emerge? A cross-country analysis of adoption contexts. **World Development.** p.111–119. 2019.

BOULDING, K. E. **The Economics of the Coming Spaceship Earth**.1966.

BOURDIEU, P. **Capital Cultural, Escuela y Espacio Social**. México: Siglo Veinteuno, 1997.

CNI. **Economia Circular: Oportunidades e Desafios para a Indústria Brasileira**. Confederação Nacional da Indústria. ISBN 978-85-7957-166-4. Brasília: CNI, 64 p. 2018.

CARRILHO, C. D.; SINISGALLI, P. A. A. Contribution to Araçá Bay management: The identification and valuation of ecosystem services. **Ocean and Coastal Management.** v.164, p.128–135. 2018.

CARVALHO, C.S.A. FERREIRA, M.I.P. **Pagamento por Serviços Ambientais como instrumento econômico de gestão das águas: o caso da sub-bacia do córrego Cambucaes, Bacia do rio São João- Silva Jardim/RJ**. v.11, n.1, p.59-73. 2017.

CHARLTON, R. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. 1. ed. London: Routledge. 2008. 234 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** 1. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 256 p. 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia: introdução**. São Paulo: Editora Hucitec: Editora da Universidade de São Paulo, 106 p. 1979.

COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da. (Org.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 19-45. 2001.

CPRM. **Monitoramento Hidrológico.** Superintendente Regional da CPRM/Manaus, Marco Antônio de Oliveira. Boletim Nº. 05 – 03/02/2017.

CUNHA. S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 472 p. 2001.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. ISSN 1807-1929 v.18, n.12, p.1296–1301, 2014.

DIETRICH, W. E., WILSON, C. J. & RENEAU, S. L. Hollows, colluvium, and landslides in soil-mantled landscapes. In: ABRAHAMS, A. D. (Ed.), **Hillslope processes**, Boston: Allen & Unwin, p. 362-388, 1986.

GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. **Eng. Agríc**. Jaboticabal , v. 25, n. 1, p. 115-125, Apr. 2005.

DONADIO, N. M. M. *et al*. Qualidade da água de nascentes do Assentamento Paraíso. **Engenharia Sanitaria e Ambiental [online**]. São Paulo, , v. 23, n. 03, pp. 557-568, May. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-4152201815070. Acesso em: 22 nov. 2020.

DIJK, G. M. VAN, E.C.L. Marteijn, and A. Schilte-Wulwer-Leidig. Ecological rehabilitation of the River Rhine: plans, progress and perspectives**. Regulated Rivers** v.11, p.377-388. 1995.

DUNN, S. M.; MACKEY, R. Spatial variation in evapotranspiration and the influence of land use on catchment hydrology. **Journal of Hydrology**, v. 171, n. p. 49-73, 1995.

DUNNE, T.; BLACK, R. D. An experimental investigation of runoff production in permeable soils. **Water Resources Research**, v. 6, p. 478-490, 1970a.

DUNNE, T.; BLACK, R. D. Partial area contributions to storm runoff production in a small New England watershed. **Water Resources Research,** v. 6, p. 1296-1311, 1970b.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L. B. **Water in environmental planning**, New York: W. H. Freman and Company, 818p. 1978.

EISENBIES, M. H. A., W. M.; BURGER J. A.; ADAMS, M. B. Forest operations, extreme flooding events, and considerations for hydrologic modeling in the Appalachians—A review. **Ecol. Manag**. n.242, p. 77-98, 2007.

ELLEN MACARTHUR FOUDATION (EMF). **Estudo de casos: Ativos inteligentes. A liberalização do potencial da economia circular** Cowes, Isle of Wight: Ellen MacArthur Foundation. 2017.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy.** European Environment Agency. 2015 Disponível em: https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2015-0614-final. Acesso em: 20 de mar. de 2020.

FARIA, A. P. Transport of Sediments in First Order Streams: Geomorphological Responses. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 2, 2014.

FERNANDES, N. F.; COELHO NETTO, A. L.; LACERDA, W. A. Subsurface hydrology of layered colluvium mantles in unchannelled valleys - southeastern Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 19, p. 609-626, 1994.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES R. F.; GOMES, R. A. T. et al. Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 51-71, 2001.

FERREIRA, M. M. *et al*.. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos da região sudeste do Brasil**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa , v. 23, n. 3, p. 515-524, sept. 1999.

FREITAS, I.A.; PERES, W. R.; RAHY, I.S. A janela de Hitler. *GeoUERJ*, **Revista do Departamento de Geografia,** Rio de Janeiro, n.6, p.29-36, jul./dez.1999.

FORTES, E.; STEVAUX, J. C., VOLKMER, S. Neotectonics and channel evolution of the lower Ivinhema River: A right-bank tributary of the Upper Paraná River, Brazil. **Geomorphology,** n. 70, p. 325-338, 2005.

FRANZINELLI, E. Características morfológicas da confluência dos rios Negro e Solimões (Amazonas, Brasil). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 4, p. 587-596, 2011.

FRANZINELLI, E.; IGREJA, H. Ponta das Lajes e o Encontro das Águas, AM-A Formação Alter do Chão como moldura geológica do espetacular Encontro das Águas Manauara. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, v. 3, 2012.

FROTA FILHO, A. B.; PINTO, M. C. Mensuração e espacialização da "perda" de sedimentos que ocorre na Costa do Arapapá e suas dinâmicas de construção e desconstrução dos espaços, Manacapuru - Amazonas - Brasil. In: **XIV Colóquio Ibérico de Geografia.** Guimarães. A JANGADA DE PEDRA? Geografias Ibero-Afro-Americanas. p. 2242-2247. 2014.

FROTA FILHO, A. B.; PINTO, M. C. Aspectos Hidromorfodinâmicos no limite entre a Costa do Rebojão e Costa da Terra Nova, Careiro da Várzea - AM. In: **XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.** Teresina. Territórios Brasileiros: Dinâmicas, Potencialidades e Vulnerabilidades, p. 567-574. 2015.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N. M. P.; HULTINK, E. J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v.143, p.757-768, 2017.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v.114, p.11-32, 2016.

GIBBARD, P. L.; LEWIN, J. River incision and terrace formation in the Late Cenozoic of Europe. **Tectonophysics**, vol. 474, n. 1, p. 41-55, 2009.

GRIMSHAW, D.L.; Lewin, J. Reservoir effects on sediment yield. **J. Hydrol**. v.47, p.163– 171. 1980.

GRIZZETIA, B.; LIQUETEA, C.; ANTUNES, P.B; CARVALHO, L.; GEAMAN, N.; GIUCAD, R.; LEONEE, M.; MCCONNELLF, S.; PREDAD, E.; SANTOS, R.; TURKELBOOME, F.; VADINEANU, A.; WOODSC, H. Ecosystem services for water policy: Insights across Europe. **Environmental Science & Policy** v. 66. p.179–190. 2016.

GUERRA, A. J. T. O Papel da Matéria Orgânica e dos Agregados na Erodibilidade dos Solos**. Anuário do Instituto de Geociências**.Impresso na Gráfica do IGEO-UFRJ. v. 13, p. 43 - 52.1990.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos na encosta. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 149-210. 2007.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário Geológico- Geomorfológico**. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 11ª ed. 648 p. 2015.

GUERREIRO, R. L., STEVAUX, J. C., PAROLIN, M., ASSINE, M. Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments in ponds and alluvial sediments of the Upper Paraná River, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontolologia**, v. 16, n. 1, p. 39-46, 2013.

GUIMARÃES, G. P. et. al. Erosão Hídrica e Compartimentos da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Cafeeiros Conservacionistas e Convencionais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 365 - 374, jul./set. 2015.

HACK, J. T. Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. **American Journal of Science.** Bradley, v. 258, p. 80-97, 1960.

HEWLETT, J.D.; HIBBERT, A.R. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. In: SOPPER, W.E.; LULL, H.W. **International Symposium on Forest Hydrology.** Pergamon, Oxford, UK, p.275-290, 1967.

HICKIN, E. J.; NANSON, G. C. The character of channel migration on the Beaton River, noth-east British Columbia, Canada. **Bulletin of the Geological Society of America,** n. 86, p. 487-494, 1975.

HICKIN, E. J.; NANSON, G. C. Lateral migration rates of river bends. **Journal of Hydraulic engineering**, n. 100, p. 1557-1567, 1984.

HONGIL. R. M.; TOLUSSI, C. E.; CANEPPELED, P. N. M.; HILSDORF A. W. S. & MOREIRA R. G. Biodiversidade e conservação da ictiofauna ameaçada de extinção da bacia do R. P. do Sul. **Biologia.** v.17, n.2, p.18-30.2017.

HORNBERGER, G. M.; WIBERG, P. L.; RAFFENSPERGER, J. P.; D'ODORICO, P. **Elements of physical hydrology**. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 312p. 1998.

HORTON, R.E. **The role of infiltration in the hydrologic cycle**. Trans. Am. Geophys. Un., v. 14, p.446-460, 1933.

HUANG, H. Q.; NANSON, G. C., 1997b. Vegetation and channel variation: a case study of four small streams in southeastern Australia. **Geomorphology**, n. 18, p. 237-249, 1997.

HUANG, H. Q.; NANSON, G. C. Hydraulic geometry and the maximum efficience as products of the principle of least action. **Earth Surface Processes and Landforms**, n. 25, p. 1-16, 2000.

HUGGETT, R. J. Fluvial landscapes. In: HUGGETT, R. J. **Fundamentals of geomorphology**.Third edition. London: Routledge, cap. 3, p. 44-53. 2011.

KHARLAMOVA, G.; NESTERENKO, V. Ecological Economics vs Economic(al) Ecology. Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. **Economics**, v. 9, n.174, p. 83-98. 2015.

KNIGHTON, D. **Fluvial forms and processes - A new perspective.** London: Arnold, 383p, 1998.

KER, J.C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, Viçosa, Minas Gerais, v.5, p.17-40, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia. 2. ed.** Rio de Janeiro, 178 p. 2009.

ITAIPU. **Hidrelétrica de Itaipu**. Disponível em https://www.itaipu.gov.br/energia/rio-parana. Acesso em: 22 set. 2020.

JARDIM, M.H. BURSZTYN, M.A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). Artigo Técnico. **Engenharia Sanitária Ambiental.** v. 20, n. 3, p. 353-360. 2015.

LANGEANI, F.; CASTRO, R. M. C.; OYAKAWA, O. T.; SHIBATTA, O. A.; PAVANELLI, C. S.; CASATTI, L. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. **Biota Neotropica**, v.7, n.3. 2007.

LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C.; SINHA, R. **Revista Brasileira de Geomorfologia,** v. 6, n.1, 2005.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G. River Channel Patterns, Braided, Meandering and Straight. U.S. **Geol. Surv**. Paper. 282-B, 1957.

LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos,** cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em:12 de agos. de 2020.

LEI 12.651/12. **Lei da Proteção da Vegetação Nativa/Código Florestal**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20112014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em:12 de agos. de 2020.

LIMA, M. I. C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico**. 3ª edição Belém, Pará, 222 p. 2006.

LOISEAU, E.; SAIKKU, L.; ANTIKAINEN, R.; DROSTE, N.; HANSJURGENS, B.; PITKANEN, K.; LESKINEN, P.; KUIKAN, P.; THOMSEN, M. Green economy and related concepts: An overview. **Journal of Cleaner Production**, 15 December v.139, p.361-371. 2016.

MACHADO, P. J. O; TORRES, F. T. P. **Introdução à Hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 192 p. 2012.

MANNING, J. C. **Applied Principles of Hydrology**. New York: Macmillan Publishing Company, 276 p. 1992.

MAO, D.; CHERKAUER, K. A. Impacts of land-use change on hydrologic responses in the Great Lakes region. **Journal of Hydrology**,v. 374, n. p. 71-82, 2009.

MARÇAL, M.S. Capítulo 9. Bacia hidrográfica como novo recorte no processo de gestão ambiental.Org. BICALHO, A.A.S.M.; GOMES, P.C.G. **Questões Metodológicas e Novas Temáticas na Pesquisa Geográfica**. PPDD/UFRJ. PUBL! T. p.185-205.2009.

MARÇAL, M. S.; LIMA, R. N. S. Abordagens Conceituais Contemporâneas na Geomorfologia Fluvial. **Espaço Aberto**, PPGG - UFRJ, v. 6, n.1, p. 17-33, 2016.

MARENGO, J.A.; CHOU, S.C.; KAY, G.; ALVES, L.M.; PESQUERO, J.F.; SOARES, W.R.; SANTOS, D.C.; LYRA, A.A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D.J.; GOMES, J.L.; BUSTAMANTE, J.F. & TAVARES, P. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Parana River basins. **Climate Dynamics,** v.38,n. 9-10, p. 1829-1848. 2012.

MARTINI, P. R.; DUARTE, V.; ARAI, E.; MORAES, J. A. Metodologia de Medição das Extensões dos Rios Amazonas e Nilo Utilizando Imagens MODIS e GEOCOVER. In **XIII Simpósio Latino Americano de Sensoriamento Remoto**. Habana de Cuba. CD ROM.2008.

MATEO, J. La ciencia del paisaje a la luz del paradigma ambiental. **Cadernos de Geografia**. Belo Horizonte, v.8, n.10, p.63-68.1998.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to cradle: Remaking the way we make things**. North point press, 2010.

MEADE, R. H. Transcontinental Moving and Storage: The Orinoco and Amazon Rivers Transfer the Andes to the Atlantic. **Large Rivers: Geomorphology and Management**, Edited by A. Gupta. 2007.

MERINO-SAUM, A.; CLEMENT, J.; WYSS, R. BLADI, M.G. Unpacking the Green Economy concept: A quantitative analysis of 140 definitions. **Journal of Cleaner Production**, 1 January, v. 242. 2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Secretaria de Recursos Hídricos Caderno da Região Hidrográfica do Paraná** – Brasília. 2006.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

MONTGOMERY, D. R., DIETRICH, W.; HEFFNER, J. Piezometric response in shallow bedrock at CB1: Implications for runoff generation and landsliding, **Water Resour. Res**., v. 38, n. 12, p. 1274, 2002.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v.36, n.3, p.370-4. 2002.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation**. Longman, London, 298 p. 1995.

MORVAN, Y. Filière de Production: Fondamentaux d'Economie Industrielle. Paris: **Economique**, 1985.

NASCIMENTO, P. C. et. al. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, MG, v. 34, n. 1, p. 339-348, 2010.

NEWSON, M. D.; NEWSON, C. L. Geomorphology, Ecology and River Channel Habitat: Mesoscale Approaches to Basin-Scale Challenges. **Progress in Physical Geography**, v. 24, p. 195-221, 2000.

NOBRE, P. Peer Review Quetion Interactive comment on "On the validity of representing hurricanes as Carnot heat engine" by AM Makarieva et al. **Atmos. Chem. Phys**. Discuss p.8669–8670. 2009.

NOBRE, A. D. **O futuro climático da Amazônia: relatório de avaliação científica** – São José dos Campos, SP: ARA: CCST-INPE: INPA. e-book. ISBN: 978-85-17-00072-0. 2014.

NÓBREGA, R. S. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. **Revista Brasileira de Meteorologia,** v. 29, n. esp., p.111 - 120, 2014.

OLIVEIRA, F. R.; FRANÇA, S. L. B.; RANGEL, L. A. D. Princípios de economia circular para o desenvolvimento de produtos em arranjos produtivos locais. **Interações.** Campo Grande, MS. DOI: http://dx.doi.org/10.20435/inter.v20i4.1921 v. 20, n. 4, p. 1179-1193, out./dez. 2019.

PARK, C. C. Man, river systems and environmental impacts. **Progress in Physical Geography**, v.5, n.1,p.1-31, 1981.

PEREIRA, V. P. **Solo: manejo e controle de erosão hídrica**. Jaboticabal: FCAV, 56 p. 1997.

PETTS, G. E. **Changing river channels**. In: Gurnell, A.M., Petts, G.E. (Eds.), Changing River Channels. Wiley, Chichester, p. 1–23. 1995.

PETTS, G. E.; GURNELL, A.M. Dams and geomorphology: Research progress and future directions. **Geomorphology**, n. 71, 2005.

PIMENTEL, D. Soil Erosion: A Food and Environmental Threat. **Environmental Development and Susteinability** v.8, p. 119-137, 2006.

PORTO DE MANAUS. **Cartilha de Orientação de Acesso**. Disponível em: https://www.portodemanaus.com.br/?pagina=nivel-do-rio-negro-hoje. Acesso em: 14 de jun. de 2021.

POOLE G. C. Fluvial Landscape Ecology: Addressing Uniqueness Within the River Discontinuous. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 641-660, 2002.

PUMO, D.; CARACCIOLO, D.; VIOLA, F. & NOTO, L.V. Climate change effects on the hydrological regime of small non-perennial river basins. **Science of the Total Environment,** v.542, p.76-92. 2016.

REBOUÇAS, A. C. Estratégias para se beber água limpa. In: **O município no século XXI: cenários e perspectivas**. São Paulo: FPFL/Cepam, p.199-215.1999.

RESENDE, M.; CURI, N.; *et al*. **Pedologia: base para a distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 6ª ed. 338p. 2014.

RICCOMINI, C.; *et al*. Rios e processos aluviais. In: TEIXEIRA, W et. al. (org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 306-333. 2009.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A. A Classificação das Paisagens a partir de uma Visão Geossistêmica. **Mercator.** Fortaleza. v 1, n. 1, p. 95-112, 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Editora UFC, 2004.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A. **Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

ROSCOE, R. et al. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 304 p. 2006.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para Planejamento Ambiental**. Oficina Textos. São Paulo. 2009.

ROUGERIE, G. **La géographie des paysages**. CNRS, Paris; 3455 p. 1969.

ROUGERIE, G.; BEROUTCHACHVILI, N. **Geosystems et paysages**. Paris: Colin Editores, 320 p. 1991.

SACEK, V. Drainage reversal of the Amazon River due to the coupling of surface and lithospheric processes, **Earth and Planetary Science Letters,** v. 401, p. 301. 2014.

SAHIN, M. J.; HALL, M.J. The effects of afforestation and deforestation on water yields **Journal of Hydrology.** v.1178, p.293-309. 1996.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K. Depósitos Quaternários da região de entre Marília e Presidente Prudente (SP). **Revista brasileira de Geociências**, vol. 36, n. 3, p.385-395, 2006.

SANDER, C. **Variação espacial e temporal da densidade de drenagem e mudanças antrópicas em canais fluviais nas áreas de cabeceira de drenagem, Região Oeste do Paraná**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Maringá, Mestrado em Geografia, Maringá, PR, 2003.

SANTOS, I. **Monitoramento e modelagem de processos hidrogeomorfológicos: mecanismos de geração de escoamento e conectividade hidrológica.** 167 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SANTOS. M. A. **Metamorfose do espaço habitado**. São Paulo. Editora Hucitec, 1996.

SCHEFFER, M. S.; CARPENTER, J. A.; FOLEY, C. Catastrophic shifts in ecosystems. **Nature,** n. 413, p. 591-96, 2001.

SCHUMM, S. A. River Metamorphosis. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. **Journal of the Hydraulics Division**, v. 95, p. 255-273, 1969.

SCHUMM, S. A.; LICHTY, R W. Time, Space and Causality in Geomorphology. **American Journal of Science**, v. 263, p. 110-119, 1965.

SEIBERT, J.; MCDONNELL, J. J. Land-cover impacts on streamflow: a change-detection modelling approach that incorporates parameter uncertainty. **Hydrological Sciences Journal** 55(3): 316, 2010.

SILVA, V.D.P.; ALEIXO, D.D.O.; NETO, J.D.; MARACAJÁ, K.F.; ARAÚJO, L.E. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17,n. 1, p. 100-105. 2013.

SOTCHAVA, V. B. **Definition de Quelque Notions et Termes de Geógraphie Physique**. Institute de Geographie de la Siberie et Extrem Orient. n. 3, p. 94-177, 1962.

SOTCHAVA, V. B. O Estudo de Geossistemas. **Métodos em Questão**. São Paulo. n. 16, p. 1-52, 1977.

SOTCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre**. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1978.

SOUZA FILHO, E.E.; STEVAUX, J.C. Geologia e geomorfologia do complexo Rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In **A planície de inundação do Rio Paraná** (A.E.A.M. Vazzoler, A.A. Agostinho & N.S. Hahn, eds.). EDUEM, UEM-NUPELIA, Maringá, p. 3-46. 1997.

SOUZA, C. R; SUGUIO, K. The Coastal Erosion Risk Zoning and the São Paulo State Plan for Coastal Management. **Journal of Coast Research Special.** Santa Catarina, Brazil, v. 35, p. 530-547. 2003.

STEVAUX, J. C.; PAES, R. J.; ETCHEBEHERE, M. L.; FRANCO, A. A.; FUJITA, R. H. Morphodynamics in large regulated river confluence: The case of Paraná and Paranapanema Rivers**.** **Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis**, v. 16, n. 2, p. 23-35, 2009.

STEVAUX, J.C.; LATRUBESSE, E.M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

STRAHLER, A.N. **Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks** In. Handbook of Applied Hydrology, McGraw Hill Book Company, New York, Section 4-II, 1964.

SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology: an introduction to the study of landforms.** New York: Longman, 537 p. 2013.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. 1. ed. Edgard Blücher/EDUSP, São Paulo, 400p. 2003.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeira: IBGE/ SUPREN, 1977.

TRICART, J. **Paisagem e ecologia**. Inter-Facies: escritos e documentos. São José do Rio Preto: Ed. Da UNESP, 1982.

TUCCI, C. E. M. e CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 943 p. 2001.

TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro. Ciência e tecnologia para o desenvolvimento nacional: estudos estratégicos. Rio de Janeiro. **Academia Brasileira de Ciências**, 76 p. ISBN: 978-85-85761-36-3. 2014.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Report of the Conference of the Parties** on its 21st session, held in Paris from November 30 to December 11. Ginebra: United Nations, 2015.

VALEZIO, E. V.; FILHO, A. P. DIN MICA ANTRÓPICA NO CANAL FLUVIAL DO CÓRREGO TUCUM - SÃO PEDRO, SÃO PAULO (BRASIL). **Revista Brasileira de Geomorfologia,** São Paulo, v.16, n.4, p.545-557, 2015.

VANZELA, L. S. *et al*. . Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande. v.14, n. 1, p. 55-64, Jan. 2010.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. **O solo como sistema**. Curitiba, 104 p. 2011.

VEZZANI, F. M. Solos e os serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física.** v. 08, número especial IV SMUD, p.673-684. 2015.

WARD, J.V.; STANFORD, J.A. Ecological Connectivity in Alluvial River Ecosystem and Its Disruption by Flow Regulation. Regulated Rivers: **Research & Management**, v. 11, p.105-119, 1995.

WUNDER, S. Revisiting the concept of payments for environmental service. **Ecological Economics,** v.117, p.234-243. 2015.

ZHIJUN, F.; NAILING, Y. Putting a circular economy into practice in China. **Sustainability Science**, v. 2,n.1, p.95-101, 2007.

ZÖCKLER, C. Wise Use of Floodplains – review of restoration projects in a number of European countries. **WWF European Freshwater Programm.** 100p. 2000.