

## CONECTIVIDADE HIDROSSEDIMENTOLÓGICA: UMA ABORDAGEM CONCEITUAL

*Franciele Zanandrea<sup>1\*</sup>; Masato Kobiyama<sup>2</sup>; Gean Paulo Michel<sup>3</sup>*

**Resumo** – A busca pelo conhecimento da hidrossedimentologia e a falta de sua definição formal na literatura levam à necessidade de conceitualização do termo e dos processos derivados, tal como a conectividade hidrossedimentológica. O presente trabalho, portanto, define a hidrossedimentologia como uma ciência que busca a compreensão da interação entre processos hidrológicos e sedimentológicos na bacia hidrográfica, em diferentes escalas temporais e espaciais; e define a conectividade hidrossedimentológica como transferência integrada de sedimentos por toda a bacia, de qualquer fonte possível para determinado ponto de controle em um sistema onde o vetor de transporte é a água. Com base nesse conceito, propõe-se um índice para determinar a conectividade hidrossedimentológica de movimentos de massa. Visto a diversidade no entendimento entre pesquisadores que abordam os conceitos sob diferentes perspectivas é importante a padronização dos termos para clareza na comunicação da comunidade científica e técnica.

**Palavras-Chave** – Hidrossedimentologia; conectividade hidrossedimentológica; índice.

## HYDROSEDIMENTOLOGICAL CONNECTIVITY: A CONCEPTUAL APPROACH

**Abstract** – The search for knowledge of hydrosedimentology and the lack of its formal definition in the literature lead to the need for conceptualization of the term, as well as derived processes, such as hydrosedimentological connectivity. The present work, therefore, defines hydrosedimentology as a science that seeks the understanding of the interaction between hydrological processes and sedimentological processes in the basin, at different temporal and spatial scales, and defines the hydrosedimentological connectivity as the integrated transport of sediment all over the basin from any possible source to a particular control point inside a basin system where the transport vector is water. Based on this concept, an index to determine the hydrosedimentological connectivity of mass movements is proposed. Given the diversity in the understanding among researchers who approach the concepts from different perspectives, it is important to standardize the terms for clarifying over communication in the scientific and technical communities.

**Keywords** – Hydrosedimentology; hydrosedimentological connectivity; index.

## INTRODUÇÃO

A definição do termo hidrologia é algo bastante consolidado na comunidade científica, sendo definida, por exemplo, pela WMO (2012) como a ciência que estuda as águas superficiais e subterrâneas na superfície da Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, tanto no tempo quanto no espaço, suas propriedades biológicas, químicas e físicas e suas relações com o ambiente, incluindo os seres vivos. A partir da raiz do termo, surgem diversas especificações como a hidrogeologia, hidrogeomorfologia, hidrologia florestal, ecohidrologia, entre outros.

Porém não existe hoje uma definição oficial ou publicada do conceito de hidrossedimentologia, mesmo sendo um termo utilizado em diversos trabalhos (Arakel *et al.*, 1989; Rodrigues *et al.*, 2014). A mesma situação encontra-se com a definição de conectividade hidrossedimentológica. O conceito de conectividade foi primeiramente introduzido por Merriam (1984) que enfatizou a interação entre as espécies e a estrutura da paisagem no momento de determinar movimentos de habitats.

<sup>1\*</sup>autor correspondente. IPH/UFRGS; e-mail: franciele.zanan@gmail.com.

<sup>2</sup> IPH/UFRGS; e-mail: masato.kobiyama@ufrgs.br. <sup>3</sup> IPH/UFRGS; e-mail: geanpmichel@gmail.com.

Observando a importância da água na conectividade, Pringle (2001) introduziu o termo conectividade hidrológica, definindo-a como a transferência mediada por água, de matéria, energia e organismos dentro ou entre elementos do ciclo hidrológico. Dentre as matérias transferidas pela água, incluem-se os sedimentos. Além do fluxo de água, também a dinâmica do sedimento vem sendo cada vez mais discutida com o conceito de conectividade (Bracken *et al.*, 2015). Assim, do que se trataria a conectividade hidrossedimentológica? Diversos trabalhos já foram realizados abordando este tema (Borselli *et al.*, 2008; Fryirs, 2013; Cavalli *et al.*, 2013), utilizando a terminologia de conectividade de sedimentos. Os termos conectividade hidrológica e conectividade hidrossedimentológica mostram forte relação entre si, porém, em alguns casos, ambos se confundem. Essa confusão pode ser minimizada pela definição dos termos, da abordagem e da interpretação das conectividades. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi compreender a hidrossedimentologia e a conectividade hidrossedimentológica com base em seu histórico, abordagens e definição, de forma conceitual. Isso trará a padronização dos conceitos para comunicação e clareza dos termos na comunidade técnico-científica.

## **ABORDAGENS SOBRE O ENTENDIMENTO DA HIDROSSEDIMENTOLOGIA**

WMO (2012) define a sedimentologia a partir da visão hidrológica como sendo o estudo da erosão, transporte e deposição dos sedimentos relacionados aos processos hidrológicos. Porém, do ponto de vista da geologia, por exemplo, a sedimentologia abrange um conceito mais amplo, referindo-se ao estudo dos sedimentos, como definido pela primeira vez por Wadell (1932), envolvendo os processos de formação, transporte e deposição de sedimentos em ambientes continentais e marinhos, até a formação de rochas sedimentares (Nichols, 1999). Diferentes definições para a mesma palavra trazem a necessidade de especificação de um termo que represente o estudo dos sedimentos a partir da perspectiva hidrológica, daí o termo hidrossedimentologia. O termo hidrossedimentologia apareceu pela primeira vez na literatura em 1986, na área de oceanologia, com o estudo de Bassoullet *et al.* (1986), onde os processos de transporte de sedimentos em suspensão foram tratados através da hidrodinâmica de um estuário na Indonésia.

Posteriormente, alguns artigos internacionais e nacionais utilizaram o termo hidrossedimentologia (Arakel *et al.*, 1989; Orfeo & Stevaux, 2002; Drago *et al.*, 2008; Bona *et al.*, 2010; Teixeira *et al.*, 2010; Lavarini *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2013; Juchen *et al.*, 2014; Rodrigues *et al.*, 2014), porém não se encontra a definição do termo nestes trabalhos. Além desses artigos científicos, existem livros no Brasil com a palavra hidrossedimentologia no título (Silva *et al.*, 2007; Carvalho, 2008), bem como um Congresso Internacional de Hidrossedimentologia que se encontra em sua segunda edição em 2017. Na contextualização dos trabalhos que adotaram o termo, a hidrossedimentologia aborda o estudo das interações da água e dos sedimentos, através de processos associados ao ciclo hidrológico terrestre.

A hidrossedimentologia, caracterizada pela interação entre água e sedimentos, é baseada em pilares da hidrologia e da sedimentologia, mas também contém elementos próprios (Figura 1). Os processos hidrológicos influenciam diretamente na desagregação, transporte e deposição de sedimentos, que interferem na evolução ou formação das vertentes e canais, que por sua vez condicionam processos hidrológicos, como o escoamento. Como exemplifica Okunishi (1994) o fluxo de água sobre uma superfície natural provoca a movimentação de sedimentos e conseqüentemente alterações topográficas, que por sua vez controlam as características do fluxo de água. Isto é, o processo modifica a forma que por sua vez condiciona o processo (Goerl *et al.*, 2012).

Com a finalidade de contribuir com a definição do conceito de hidrossedimentologia, o presente artigo propõe a seguinte definição: a hidrossedimentologia é uma ciência que busca a

compreensão da interação entre processos hidrológicos e processos sedimentológicos (desagregação, transporte e deposição de sedimentos) na bacia hidrográfica, em diferentes escalas temporais e espaciais. A interferência dessa dinâmica na formação e evolução da paisagem e consequentemente nos próprios processos hidrológicos é o que Goerl *et al.* (2012) trouxeram como definição da hidrogeomorfologia. Essas duas ciências possuem algumas semelhanças, pois os sedimentos e a água, foco da hidrossedimentologia, são os principais fatores que modificam a paisagem, foco da hidrogeomorfologia. Porém, as duas se diferem principalmente pelo objeto de análise, onde a hidrossedimentologia foca o olhar nos processos e a hidrogeomorfologia na paisagem.

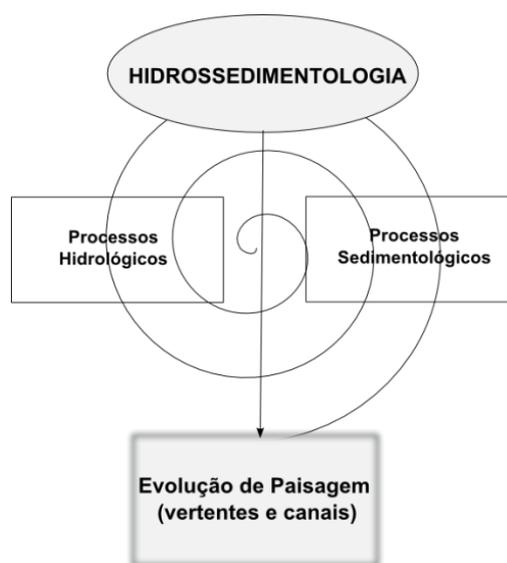


Figura 1 - Contextualização da hidrossedimentologia e suas interações.

A produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica depende diretamente da dinâmica hidrossedimentológica da mesma. Os processos hidrossedimentológicos são muito complexos, abrangendo a desagregação das partículas do solo, o transporte, e a deposição das partículas nas calhas dos rios, lagos e reservatórios, encostas, entre outros (Carvalho, 2008). Assim, a produção de sedimentos ainda está relacionada à probabilidade de que o sedimento erodido alcance um ponto de controle.

Certamente, toda esta gama de processos constitui a dinâmica hidrossedimentológica de determinada bacia hidrográfica. Entretanto, as características ambientais envolvidas, as quais incluem o relevo, os solos, o material de origem, o clima, entre outros; controlam esta dinâmica. Estes processos são contínuos ao longo do tempo e são os responsáveis pela formação da superfície terrestre. Desta maneira, pode-se afirmar que os processos hidrossedimentológicos controlam a evolução da paisagem.

## **DIFERENÇAS ENTRE CONECTIVIDADES HIDROLÓGICA E HIDROSSEDIMENTOLÓGICA**

Parte dos processos ocorridos na fase terrestre do ciclo hidrológico pode ser entendida por meio da conectividade. Na ecologia de paisagem, a conectividade é definida como o grau no qual a paisagem facilita ou impede o movimento de organismos (Tischendorf & Fahrig, 2000). Assim, a ecologia de paisagem considera os rios como a conexão em diversas dimensões, e Ward (1997) definiu a conectividade fluvial (*riverine connectivity*) como transferência de energia que cruza a paisagem fluvial. Com base no conceito de Ward (1997), Pringle (2001) introduziu a conectividade hidrológica. Tetzlaff *et al.* (2007) enfatizaram a importância da conectividade hidrológica na

paisagem ecológica. Porém, segundo Braken *et al.* (2013) não existe atualmente um consenso sobre a definição de conectividade hidrológica ou de medidas de sua quantificação.

Sabe-se que a conectividade efetiva no ciclo hidrológico em uma bacia é fortemente associada à dinâmica de geração de vazão e distribuição da umidade do solo dentro da bacia (James & Roulet, 2007). Embora existam diversas interpretações e definições, a conectividade hidrológica é normalmente definida através de dois aspectos: (i) continuidade do caminho do fluxo entre cabeceiras, zona ripária e canais fluviais (Jensco *et al.*, 2009); e (ii) métrica hidrológica a partir da medição da umidade do solo (Western *et al.*, 2001). Ali & Roy (2010) apontaram que essas duas definições não são contraditórias, visto que o comportamento da umidade do solo é tipicamente uma função dos processos que geram escoamento superficial. Segundo Spence (2010), a capacidade de armazenamento de água no solo em escalas multiespaciais é um importante fator para determinar a natureza da conectividade hidrológica.

A conectividade hidrológica é definida por Bracken & Croke (2007) como a passagem da água de uma parte da paisagem para outra, gerando uma resposta no escoamento da bacia hidrográfica, que causa efeitos sobre processos biológicos e transferências de água e sedimentos. Tratando-se dos aspectos ambientais, sabe-se que os processos de transferência de sedimentos em uma bacia envolvem diversos fenômenos que vão desde a erosão superficial até movimentos de massa. Sendo assim a transferência de sedimentos é função dos diferentes processos que podem ocorrer na bacia.

Wainwright *et al.* (2011) tratam de duas dimensões, ditas genéticas, da conectividade hidrológica: estrutural e funcional. O desenvolvimento da conexão hidrológica via escoamentos superficial e subsuperficial é função do volume de água, fornecido pela chuva após as perdas, o que caracteriza os aspectos da conectividade funcional; e da taxa de transferência, que depende do caminho (continuidade), comprimento da encosta e resistência ao fluxo que varia em função da sua profundidade (Braken *et al.*, 2013), o que caracteriza a conectividade estrutural.

Intrinsicamente ligada ao fluxo de água, temos a dinâmica de sedimento que também é discutida a partir destes conceitos. Alguns autores abordam a transferência de sedimentos na definição de conectividade hidrológica (Hooke, 2003; Bracken & Croke, 2007; Tetzlaff *et al.*, 2007), relacionando água e sedimentos de maneira unificada. Hooke (2003) define conectividade como uma ligação física do sedimento através da rede de drenagem, ou seja, a transferência de sedimentos de um local para outro e o potencial para uma partícula se mover através do sistema. Este conceito está inteiramente ligado à hidrossedimentologia, podendo então ser relacionado com a conectividade hidrossedimentológica. Assim, na área de geomorfologia, a conectividade vem sendo discutidas intensamente (Fryirs, 2013), bem como na hidrologia e ecologia.

A transferência física de sedimentos de uma fonte através da bacia de drenagem por meio do desprendimento e transporte de sedimentos, controlado pela forma como o sedimento se move entre todas as zonas geomorfológicas de uma paisagem é definida como conectividade de sedimentos por Bracken *et al.* (2015). No presente trabalho, a conectividade hidrossedimentológica tem grande proximidade com o conceito de conectividade de sedimentos. Esse movimento dos sedimentos entre duas zonas pode se dar através de vetores de transporte como água, vento, geleiras, gravidade ou animais, que movem esses materiais ao longo de escalas espaciais e temporais (Bracken *et al.* 2015). Quando essa transferência de sedimentos ocorre exclusivamente pela água pode-se então chamar de conectividade hidrossedimentológica. Assim, percebe-se que conectividade de sedimentos, conectividade hidrológica e conectividade hidrossedimentológica podem ser diferentes, o que permite pesquisadores a usarem termos com maior precisão. Os processos que definem a conectividade hidrossedimentológica também se baseiam na interação da estrutura geomorfológica

da paisagem e nos componentes da conexão, como o fluxo de energia, o vetor de transporte, no caso a água, e o tipo de material, determinando o comportamento do fluxo de sedimentos que se manifesta na forma de relevo (Bracken *et al.*, 2013; Bracken *et al.* 2015). Com base em todas as discussões acima colocadas, o presente trabalho define a conectividade hidrossedimentológica como a transferência integrada de sedimentos por toda a bacia, de qualquer fonte possível para determinado ponto de controle em um sistema onde o vetor de transporte é única e exclusivamente a água, com ligações ao longo da cascata de sedimentos (*sediment cascade*). A conectividade hidrossedimentológica é regida pela contínua desagregação, transporte e deposição, controlado pela forma como o sedimento se move dentro das formas geomorfológicas (entre encosta e canais e dentro de canais). Nesse sentido, a desconectividade hidrossedimentológica seria definida como a descontinuidade na cadeia de sedimentos, onde alguma barreira ou mudança estrutural na paisagem impede a transferência de sedimentos entre compartimentos.

Assim, a conectividade hidrossedimentológica tem relação com as taxas de produção de sedimentos de uma bacia. A conectividade também está relacionada a diversos fatores ambientais, e certamente é distinta para diferentes processos e bacias hidrográficas. O entendimento da produção de sedimentos e, conseqüentemente, da conectividade hidrossedimentológica ainda é uma meta a ser alcançada dentro da hidrossedimentologia.

## VARIÁVEIS UTILIZADAS NA QUANTIFICAÇÃO DA DINÂMICA HIDROSSEDIMENTOLÓGICA

A quantidade de material erodido que consegue completar o percurso, desde a origem até o ponto de controle, ou exutório, tal como um reservatório ou uma posição do curso d'água, como um posto fluviométrico, é conhecida como produção de sedimentos (Carvalho, 2008). Bracken & Croke (2007) notaram que a conectividade de sedimentos está implícita nas abordagens utilizadas para a avaliação da produção de sedimentos com base na taxa de transferência de sedimentos (*sediment delivery ratio* - SDR). A SDR é um conceito clássico na hidrossedimentologia, sendo definida como a razão entre a produção de sedimento em uma bacia (*sediment yield*) e a quantidade total de sedimento erodido nessa bacia (*gross erosion*) (Walling, 1983). A Figura 2 mostra um esquema conceitual de como se desenvolve a dinâmica hidrossedimentológica em uma bacia.

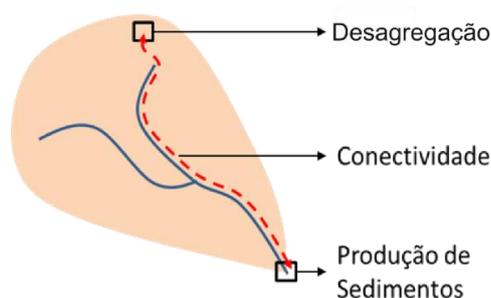


Figura 2 - Dinâmica hidrossedimentológica de uma bacia.

Na Figura 2, o sedimento desagregado na encosta somente torna-se sedimento produzido no momento em que existe a conectividade hidrossedimentológica. Assim, existe um efeito de interdependência entre os processos. A produção de sedimentos depende do total de sedimento desagregado e de todos os mecanismos de transporte deste sedimento, que vão determinar sua conectividade ou sua desconectividade. Todo o sedimento conectado com o ponto de controle é contabilizado como sedimento produzido, e, quanto maior a conectividade das fontes de sedimento, maior será a SDR.

É importante frisar uma diferença crucial entre produção de sedimentos, conectividade e SDR. A produção de sedimentos, por retratar a quantidade de sedimentos que passa por uma seção

de controle, é uma variável que se refere as características daquela determinada seção. Além disso, certamente o valor final da produção de sedimentos está condicionada pelas características da área a montante da seção de análise. Assim, para uma bacia de estudo, com uma seção de controle, haverá um único valor de produção de sedimentos por unidade de tempo, ou seja, é uma variável concentrada. A conectividade hidrossedimentológica refere-se ao trajeto do sedimento, desde seu ponto de origem até determinado destino. Assim, conforme Fryirs (2013), a conectividade refere-se ao sedimento oriundo de determinado local na paisagem. Considerando isso, cada ponto da paisagem exibe conectividade (ou desconectividade) com a seção de interesse, o que acaba sendo diferente para todos os pontos da bacia, podendo ser considerada um dado distribuído.

Da mesma maneira que a produção de sedimentos, a SDR refere-se a uma seção de interesse e é condicionada pelas características das áreas a montante, configurando-se em uma variável concentrada. A SDR está intrinsecamente ligada a conectividade hidrossedimentológica, principalmente quando se trata de aporte de sedimentos ao canal. A SDR, por representar a parcela do sedimento desagregado que passa pela seção de interesse, depende de fatores muito similares aos quais a conectividade hidrossedimentológica depende. Porém, a conectividade hidrossedimentológica é mais abrangente, pois pode ser calculada para todos os pontos da bacia.

A conectividade hidrossedimentológica está intimamente ligada a composição e formação do canal, da encosta e conseqüentemente da paisagem. O estudo da conectividade hidrossedimentológica contribui para a compreensão dos fatores controladores dos processos erosivos e do transporte de sedimentos e poluentes nas bacias hidrográficas. A determinação do grau de conectividade hidrossedimentológica dentro de um sistema fluvial é de suma importância para entender o funcionamento e a evolução do sistema e interpretar a dinâmica fluvial (Hooke, 2003). A partir da compreensão dos elementos que influenciam a conectividade hidrossedimentológica de uma bacia é possível quantificar o grau dessa conectividade de maneira generalizada para uma bacia.

Segundo Bathurst *et al.* (2005), os movimentos de massa, principalmente os escorregamentos, além de causarem grandes desastres, exibem grande influência na produção de sedimentos de uma bacia. Em regiões montanhosas, os movimentos de massa são os principais responsáveis pela evolução da paisagem (Selby, 1993). Nestas regiões, as taxas de produção de sedimentos, a SDR e a conectividade hidrossedimentológica tendem a exibir valores mais elevados. Assim, a ocorrência de movimentos de massa comanda a dinâmica hidrossedimentológica em bacias montanhosas. Na tentativa de representar a conectividade hidrossedimentológica encosta-canal dos movimentos de massa em regiões montanhosas, o presente trabalho propõe um índice de conectividade hidrossedimentológica (*ICHS*):

$$ICHS = ICL + ICV ; ICL = \frac{l^*}{l} \text{ e } ICV = \frac{V^*}{V} \quad (1)$$

onde *ICL* é a taxa do caminho percorrido pelos sedimentos ( $l^*$ ) em relação ao caminho total do ponto de geração até o canal ( $l$ ); e *ICV* é a taxa do volume gerado que chega ao canal ( $V^*$ ) em relação ao volume total ( $V$ ).

Os *ICL* e *ICV* representam a conectividade estrutural e funcional, respectivamente. Os valores do *ICHS* variam entre 0 e 2. Quando  $ICHS < 1$ , não há conexão com o canal e o grau da conectividade hidrossedimentológica é considerado baixo, já a partir de 1 há algum grau de conexão entre o movimento de massa e o canal, sendo que o valor 2 significa completamente conectado, ou seja, alta conectividade hidrossedimentológica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo definiu a hidrossedimentologia e conectividade hidrossedimentológica, buscando suas diferenças e semelhanças com termos já consolidados na literatura como hidrogeomorfologia e conectividade hidrológica e de sedimentos. A hidrossedimentologia busca a compreensão da interação entre os processos hidrológicos e processos sedimentológicos em uma bacia hidrográfica. Completamente ligada a hidrossedimentologia apresentou-se a conectividade hidrossedimentológica que se refere à transferência integrada de sedimentos por toda a bacia, diferindo da conectividade de sedimentos pois seu único vetor de transporte é a água. A conectividade hidrossedimentológica é regida pelos processos hidrossedimentológicos, e influencia a maneira como o sedimento se move dentro das formas geomorfológicas.

Buscou-se também propor um índice de conectividade hidrossedimentológica para movimentos de massa, no sentido de iniciar discussões e incentivar estudos no tema que possam ser pesquisados e aperfeiçoados a partir do presente estudo. A investigação dos efeitos das mudanças ambientais causadas pelos processos hidrossedimentológicos, na previsão e avaliação das implicações na paisagem, é de suma importância para o gerenciamento integrado das bacias hidrográficas e para o preenchimento de uma lacuna na “teia” do conhecimento sobre o tema.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho recebeu o apoio financeiro parcial da CAPES – Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ALI, G. A.; ROY, A. G. (2010). A case study on the use of appropriate surrogates for antecedent moisture conditions (AMCs). *Hydrology and Earth System Sciences*, 14, pp. 1843 – 1861.
- ARAKEL, A. V.; HILL, C. M.; PIOREWICZ, J.; CONNOR, T. B. (1989). Hydro-sedimentology of the Johnstone River estuary. *Hydrobiologia*, 176/177, pp. 51 - 60.
- BATHURST, J. C. *et al.* (2005). Scenario modelling of basin-scale, shallow landslide sediment yield, Valsassina, Italian Southern Alps. *Nat. Hazards Earth System Sciences*, 5 (2), pp. 189 - 202.
- BASSOULLET, Ph.; *et al.* (1986). Hydrosedimentological processes and soils of the Barito estuary (South Kalimantan, Indonesia). *Oceanologica Acta*, 9 (3), pp. 217 - 226.
- BORSELLI, L., CASSI, P., TORRI, D. (2008). Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: a GIS and field numerical assessment. *Catena*, 75, pp. 268 – 277.
- BONA, P.; *et al.* (2010). Amélioration du fonctionnement hydro-sédimentaire de l'estuaire de la Loire: leviers d'intervention et modélisation hydro-sédimentaire tridimensionnelle. *La Houille Blanche*, 6, pp.25- 32.
- BRACKEN, L. J., CROKE, J. (2007). The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff dominated geomorphic systems. *Hydrol. Process.*, 21, pp. 1749–1763.
- BRACKEN, L. J.; *et al.* (2013). Concepts of hydrological connectivity: Research approaches, pathways and future agendas. *Earth-science Reviews*, 119, pp. 17 - 34.
- BRACKEN, L.; *et al.* (2015). Sediment connectivity: a framework for understanding sediment transport at multiple scales. *Earth Surface Processes and Landforms*, 40, pp. 177 – 188.
- CAVALLI, M., *et al.* (2013). Geomorphometric assessment of spatial sediment connectivity in small Alpine catchments. *Geomorphology*, 188, pp. 31 - 41.
- CARVALHO, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia Prática*. Rio de Janeiro: CPRM, 600 p.
- DRAGO, E. C.; PAIRA, A. R.; WANTZEN, K. M. (2008). Channel-floodplain geomorphology and connectivity of the Lower Paraguay hydrosystem. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 8 (1), pp.31-48.
- FRYIRS, K. (2013). (Dis) Connectivity in catchment sediment cascades: a fresh look at the sediment delivery problem. *Earth Surface Processes and Landforms*, 38 (1), pp. 30 - 46.
- GOERL, R. F.; KOBAYAMA, M.; SANTOS, I. dos. (2012). Hidrogeomorfologia: Princípios, conceitos, processos e aplicações. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 13 (2), pp. 103 - 111.

- HOOKE, J. (2003). Coarse sediment connectivity in river channel systems: a conceptual framework and methodology. *Geomorphology*, 56(1-2), pp. 79 - 94.
- JAMES, A. L.; ROULET, N. T. (2007). Investigating hydrologic connectivity and its association with threshold change in runoff response in a temperate forested watershed. *Hydrol. Process.*, 21, pp. 3391 – 3408.
- JUCHEN, C. R.; *et al.* (2014). Use of legal reserve areas as geochemical background in hydrosedimentology studies. *Revista Brasileira de Ciência dos Solos*, 38, pp. 1950 - 1959.
- LAVARINI, C.; *et al.* (2011). Hidrossedimentologia de Ambientes Fluviais Naturais e sua Relevância em Estudos de Cursos D'água Artificializados: o Caso do Córrego Ponte Queimada - Belo Horizonte/MG. In: SAMPAIO, R. S. R.; *et al.* (Org.). *Research Award for Young Scholars- "Adaptive Water Management: looking to the future"*. RJ: FGV Direito Rio, 2011, 1, pp. 7 - 94.
- MERRIAM, G. (1984) *Connectivity: a fundamental ecological characteristic of landscape pattern*. In: Brandt J, Agger P. (eds) *Proceedings of first international seminar on methodology in landscape ecology research and planning*. Roskilde Universitessforlag GeoRue, Denmark, pp. 5 – 15.
- NICHOLS, G. (1999). *Sedimentology & Stratigraphy*, Wiley-Blackwell, Malden-MA, 419 p.
- TEIXEIRA, L.; LÓPEZ, G.; CHRETIES, C. (2010). Hydro-sedimentology and mitigation measures of the stream diversion of Arroyo Corrales, Uruguay. In: International Conf. on Fluvial Hydraulics: River Flow. *Proceedings...* Braunschweig: Bundesanstalt Für Wasserbau, pp.1503-1510.
- TISCHENDORF, L.; FAHRIG, L. (2000). On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos*, 90, pp. 7 – 19.
- OKUNISHI, K. (1991). Hydrogeomorphological interactions: A review of approach and strategy. *Transactions, Japanese Geomorphological Union*, 12, pp. 99-116.
- ORFEO, O.; STEVAUX, J. (2002). Hydraulic and morphological characteristics of middle and upper reaches of the Paraná River (Argentina and Brazil). *Geomorphology*, 44, pp. 309 - 322.
- PRINGLE C. M. (2001). Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: a global perspective. *Ecological Applications*. 11, pp. 981 – 998.
- RODRIGUES, M.F.; *et al.* (2014). Hydrosedimentology of nested subtropical watersheds with native and eucalyptus forests. *J. of Soils and Sedim*, 14 (7), pp.1311-132.
- SELBY, M. J. (1993). *Hillslope materials and processes*. Oxford: Oxford university press, 466p.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. (2007). *Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas*. São Carlos: Editora RIMA, 138 p.
- SILVA, A. M. da; *et al.* (2013). Hydrosedimentological disequilibrium in a small, urbanized watershed. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 25 (20), pp. 140 - 149.
- SPENCE, C. (2010). A paradigm shift in hydrology: Storage thresholds across scales influence catchment runoff generation. *Geography Compass*, 4, pp. 819 – 833.
- TETZLAFF, D.; *et al.* (2007). Connectivity between landscapes and riverscapes—a unifying theme in integrating hydrology and ecology in catchment science? *Hydrol. Process.*, 21, pp. 1385 – 1389.
- WADELL, H. (1932). Sedimentation and Sedimentology. *Science*. 75, pp. 20.
- WAINWRIGHT, J., *et al.* (2011). Linking environmental regimes, space and time: interpretations of structural and functional connectivity. *Geomorphology*, 126, pp. 387 – 404.
- WALLING, D.E. (1983). The sediment delivery problem. *Journal of Hydrology*. 65, pp.209–237.
- WARD, J.V. (1997). An expansive perspective of riverine landscapes: pattern and process across scales. *River Ecosystems*, 6, pp. 52 – 60.
- WESTERN, A.W.; BLÖSCHL, G.; GRAYSON, R.B. (2001). Towards capturing hydrologically significant connectivity in spatial patterns. *Water Resources Research*. 37 (1), pp. 83 – 97.
- WMO: World Meteorological Organization. (2012). *International Glossary of Hydrology*, WMO, Geneva, 461 p.