

Geossistemas e Bacias Hidrográficas: Uma Abordagem Sistêmica da Paisagem

Isabella Carvalho ¹, isabella.carvalho@sou.unifal-mg.edu.br

RESUMO

Este artigo aborda a aplicação da Teoria Geral dos Sistemas ao conceito de geossistema, enfatizando sua relevância metodológica para o estudo das bacias hidrográficas como sistemas geomorfológicos abertos e dinâmicos. A pesquisa foi realizada por meio de revisão bibliográfica com enfoque qualitativo, reunindo referências de autores clássicos e contemporâneos que fundamentaram a abordagem sistêmica aplicada à Geomorfologia. Os resultados evidenciam que a bacia hidrográfica, enquanto sistema geomorfológico aberto, estabelece trocas constantes de energia e matéria, o que permite compreender sua organização espacial e funcional a partir de ajustes contínuos entre equilíbrio e desequilíbrio. Dessa forma, a interação entre bacia hidrográfica e geossistemas evidencia a abordagem sistêmica como objeto essencial para a compreensão da dinâmica da paisagem.

Palavras-chave: Geossistemas; Bacia hidrográfica; Abordagem sistêmica; Dinâmica da paisagem; Sistemas geomorfológicos.

INTRODUÇÃO

A Geomorfologia constitui-se no estudo do relevo, com ênfase em suas formas, processos e materiais resultantes. Há uma diversidade de métodos voltados à investigação dos processos geomorfológicos, e o uso de técnicas quantitativas possibilita uma análise mais aprofundada das interações nos sistemas geomorfológicos. Esses sistemas evidenciam grande complexidade, pois estão diretamente ligados a fatores como a relação entre homem e natureza, além das influências tectônicas e climáticas que afetam de maneira significativa o comportamento de uma bacia hidrográfica (Horton, 1945; Schumm, 1956; Hack, 1973; Christofolletti, 1980;).

Compreender o processo dinâmico e complexo da evolução da paisagem na superfície terrestre, controlado pela interação entre processos tectônicos e superficiais, exige a aplicação de novos modelos de evolução da paisagem em diferentes regiões do mundo. Pesquisas recentes (Perron e Royden, 2013; Willett, McCoy e Chen, 2014) têm explorado diversos sistemas geomórficos, com ênfase na paisagem fluvial. A evolução da paisagem em escala de longo prazo depende das interações entre vertentes e sistemas fluviais, e o uso de índices morfométricos têm contribuído de forma significativa para o avanço da geomorfologia. Nesse contexto, a

¹ Mestranda (o) do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Alfenas;

abordagem sistêmica consolidou-se como um método relevante para os estudos geomorfológicos (Huggett, 2011).

A compreensão do funcionamento de uma bacia hidrográfica requer o reconhecimento prévio dos eventos geológicos que marcaram a região, pois são esses eventos que permitem interpretar a paisagem e os processos que moldaram o território (Silva, 2000). Nesse contexto, a paisagem é resultado de uma dinâmica contínua de feições, cuja morfologia se ajusta espaço e tempo conforme os fluxos de energia e matéria que atuam no sistema da bacia hidrográfica (Fryirs; Brierley, 2006).

No Brasil, a abordagem sistêmica tem sido amplamente utilizada em estudos geomorfológicos para compreender a evolução do relevo. Davis (1899) propôs um modelo sequencial no qual o relevo evolui por estágios de juventude, maturidade e senilidade, resultando em uma superfície plana de equilíbrio. Em contraponto, Penck (1924) argumentou que a evolução do relevo ocorre de forma contínua, como resposta aos processos de erosão. Na região Sudeste do Brasil, essas teorias têm sido aplicadas na identificação de eventos estruturantes relacionados à dinâmica da plataforma Sul-Americana, permitindo a análise de pulsos de soerguimento e erosão associados a movimentos tectônicos.

Para Bertalanffy (1968), a Teoria Geral dos Sistemas atua como uma estrutura capaz de fornecer modelos aplicáveis a diversas áreas do conhecimento, permitindo a transferência desses modelos entre campos distintos sem cometer analogias superficiais. Essa teoria estabelece uma relação que vai além de simples comparações, possibilitando a adaptação de abstrações e modelos conceituais a fenômenos de diferentes naturezas.

Segundo Christofletti (1999), o conceito de geossistema refere-se a uma organização espacial complexa que integra os elementos físicos e fisionômicos com os atributos biológicos de determinada região. Esse sistema é entendido como sinônimo de sistema ambiental físico, cujo funcionamento ocorre por meio das interações de fluxos de matéria e energia entre os componentes naturais. Sua expressão espacial se manifesta nos ecossistemas e nas formas visíveis da paisagem. Embora aspectos socioeconômicos também influenciem na configuração dos geossistemas, sua atuação é considerada secundária e mais recente.

Esta pesquisa tem como objetivo analisar a Teoria Geral dos Sistemas como fundamento teórico-metodológico para a compreensão do conceito de geossistema e sua aplicação à leitura

do sistema geomorfológico em bacias hidrográficas. Busca-se, por meio dessa abordagem, interpretar a dinâmica da paisagem a partir das interações entre processos morfogenéticos, estruturais e ambientais que compõem a organização espacial e funcional das bacias, entendidas enquanto sistemas abertos e dinâmicos. A abordagem sistêmica, quando aplicada à Geomorfologia, permite uma análise integrada da paisagem, considerando a bacia hidrográfica como um sistema geomorfológico aberto. A Teoria Geral dos Sistemas e o desenvolvimento do conceito de geossistema possibilitam a interpretação da paisagem com base nas dinâmicas de equilíbrio e desequilíbrio.

MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida através do método de revisão bibliográfica com enfoque qualitativo. Seu objetivo foi reunir, interpretar e sistematizar o conhecimento existente sobre a aplicação da Teoria Geral dos Sistemas e do conceito de geossistema na análise de bacias hidrográficas enquanto sistemas geomorfológicos. A abordagem teórica adotada busca compreender os fundamentos conceituais e a evolução do pensamento sistêmico aplicado à Geografia Física e à Geomorfologia.

O material bibliográfico foi selecionado com foco em desenvolver uma compreensão acerca dos tipos propostos, buscando criar uma conexão direta entre os temas da pesquisa, de forma autoral, utilizando autores como Bertalanffy (1968), Sotchava (1971), Bertrand (1971) e Monteiro (1978), associando-os a estudos aplicados à Geomorfologia sistêmica, com destaque para Christofolletti (1999), Hack (1960), Ross (2006) e Huggett (2011), entre outros.

As fontes utilizadas foram livros, artigos científicos, dissertações e teses, obtidos através de bases de dados como Google Scholar, capes, Scielo e acervos digitais de universidades brasileiras. A análise bibliográfica foi estruturada em três eixos: (i) fundamentos teóricos da Teoria Geral dos Sistemas; (ii) desenvolvimento e aplicação do conceito de geossistema; (iii) integração desses referenciais à análise sistêmica de bacias hidrográficas.

REFERENCIAL TEÓRICO

A Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy foi criada no início do século XX, mas passou a ficar mais conhecida e foi difundida após a década de 1950. A teoria de Bertalanffy propõe que o sistema depende de todas as partes, mesmo as pequenas, que influenciam e participam do todo. Também aponta que uma parte isolada do sistema nunca irá representar o

todo. Ele buscava uma linguagem científica única que englobasse todos os campos de conhecimento.

O conceito de geossistema deriva da Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy. A teoria do geossistema aparece em meio a uma tentativa metodológica da Geografia Física, surgindo para lidar com a interdisciplinaridade. Em diante, a teoria geossistêmica se fortalece em meio a duas principais ideias.

A primeira ideia surge na escola russa, em 1960, criada por Sotchava, incorporando a Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy ao campo das ciências naturais. Sotchava definia o conceito de geossistema como um sistema natural ao qual obedecem à dinâmica dos fluxos de matéria e energia, característicos dos sistemas abertos, nos quais os efeitos de ações antrópicas são considerados na dinâmica e nos fluxos do sistema. Sotchava acreditava que o geossistema não devia ser estudado apenas pelos componentes da natureza, mas que deveria ser analisado com foco nas conexões entre eles.

Sotchava afirmava que os geossistemas são formações naturais que, de certa forma, sofrem a influência dos ambientes sociais, econômicos e tecnogênicos. Esses sistemas podem ser classificados em geócoros, que são unidades heterogêneas pertencentes a um mesmo conjunto, ou em geômeros, que correspondem a um conjunto de unidades homogeneizadas (Christofoletti, 1999). Dessa forma, os geossistemas podem ser representados, do ponto de vista taxonômico, a partir das unidades chamadas geômeros e géocoros (Sotchava, 1977).

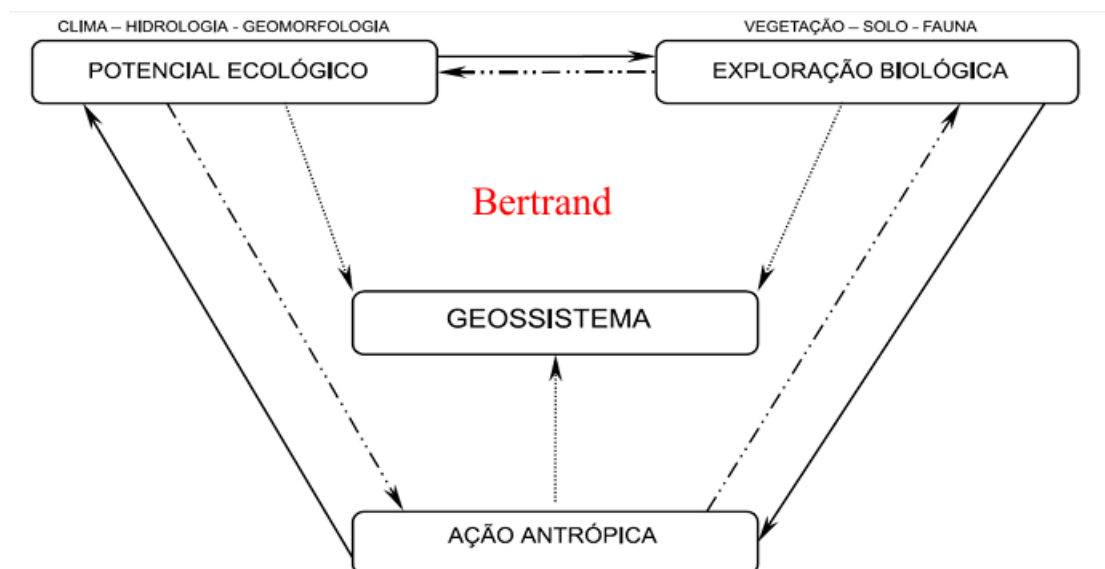
Figura 3: Modelo explicativo Sotchava

Geômeros	Dimensão	Geócoros	
Tipos de Geossistemas	Geossistema Planetário	Associação funcional dos Geossistemas	
Conjuntos de Tipos de Meios Naturais	Planetária Macrogeócoros	Cinturão físico-geográfico e Grupos de Domínios físico-geográficos	
Tipos de Meios Naturais		Subcontinentes e conjuntos de suas megaposições	
Classes de Geomas	Regional Geomas	Domínios/Regiões físico-geográficas	
Subclasses de Geomas		Com Zonalidade Latitudinal	Com Diferenciação pela Altitude
Grupos de Geomas			
Subgrupos de Geomas		Zonas Naturais	Grupos de Províncias
Geomas	Local Geotópos	Subzonas/Províncias	Províncias
Classes de Fácies		Macrogeócoro (Associações de 5ª ordem)	
Grupos de Fácies		Topogeócoro (Associações de 4ª ordem)	
Fácies		Mesogeócoro (Associações de 3ª ordem)	
Geômero elementar		Microgeócoros (Associações de 2ª ordem)	
		Geócoro elementar (Associações de 1ª ordem)	

Fonte: Felipe Gomes Rubira 2022

A segunda ideia surge na França, através de Bertrand, em 1968. Ele introduziu o geossistema como uma forma de abordagem da paisagem. A mesma definição de paisagem dele era a mesma que ele utilizava para definir um geossistema. Bertrand colocou o elemento antrópico de forma clara e direta na definição de geossistema. Ele também propõe que o geossistema seria resultado do potencial ecológico (geomorfologia e hidrografia), exploração biológica (solo, vegetação e fauna) e a ação antrópica, não representando necessariamente homogeneidade fisionômica, e sim um complexo de relações interdependentes (Bertrand, 1975).

Figura 2: Modelo explicativo Bertrand

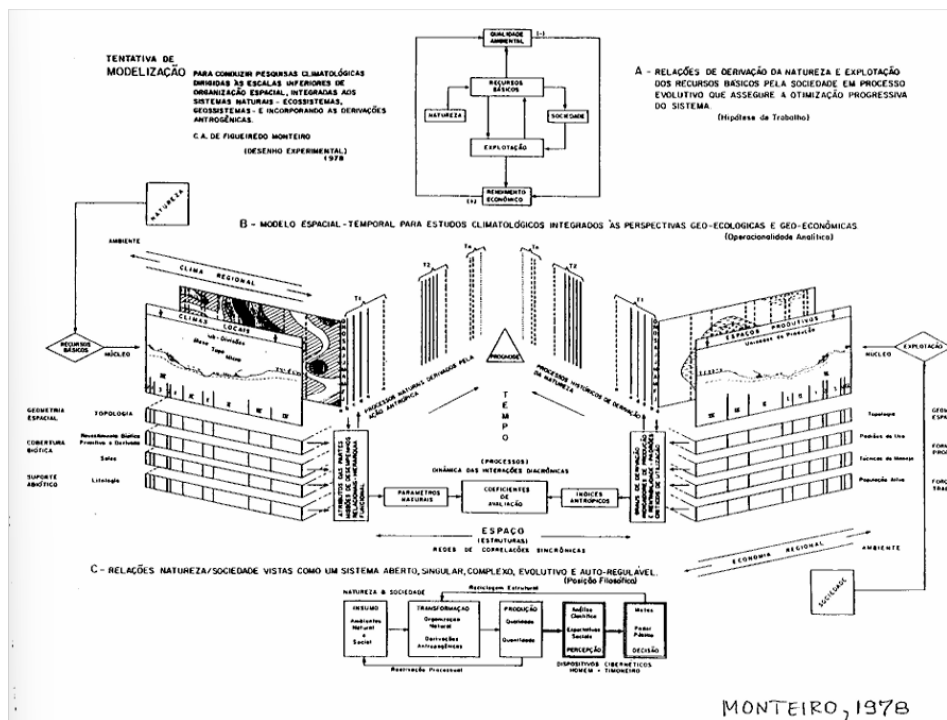


Fonte: R. RA' E GA, Curitiba, n. 8, p 141 – 152, 2004. Editora UFPR

Em seguida, Bertrand propôs que o geossistema representa a parte física e natural do espaço, de forma que elementos como relevo, clima, vegetação e solo fazem parte de um sistema tripolar interativo, que é composto por três elementos: geossistema, território e paisagem. Esses elementos funcionam como um eixo de análise integrada, pois, juntos, é possível compreender o ambiente de forma completa. O geossistema mostra a dinâmica natural, o território revela as ações e transformações, e a paisagem reflete os aspectos visíveis (Ross, 2006).

Em 1978, temos Monteiro, precursor da escola geossistêmica brasileira. Entre os geógrafos brasileiros, o geossistema foi associado constantemente à Teoria dos Sistemas aplicada aos estudos das áreas naturais. Monteiro busca uma análise de forma sistêmica, que procura integrar os elementos naturais que estruturam a paisagem e os aspectos sociais que a transformam.

Figura 3: Modelo explicativo Monteiro



Fonte: Monteiro, 1978

Conforme a Figura 3 de Monteiro (1978), que apresenta uma tentativa de modelização, a relação dialética entre natureza e sociedade é representada com base na integração entre estrutura e processo. Os elementos naturais são analisados quanto à sua distribuição espacial e dinâmica temporal, enquanto os aspectos socioeconômicos são interpretados de forma espacial.

Para Monteiro (2000), o tratamento geossistêmico é fundamental para a compreensão da dinâmica da paisagem, ao considerar a relação entre natureza e sociedade como base para uma análise integrada. Conforme o autor, a análise metodológica permite estudar a paisagem dentro de um espaço geográfico por meio de unidades espaciais, como geossistemas, unidades geoecológicas, geossistêmica, de paisagem ou morfoestruturais.

Apresentar os resultados da pesquisa de forma clara e estruturada, com base nos dados obtidos. A discussão deve interpretar os achados à luz do referencial teórico adotado, articulando-os com os objetivos da pesquisa e com os debates existentes na literatura. Espera-se uma análise crítica, fundamentada e coerente com a proposta do trabalho.

Bacia hidrográfica é um exemplo clássico de sistema geomorfológico aberto, que se caracteriza pela interação constante entre fatores externos, como clima e a topografia. Essa

interação acontece por meio de trocas contínuas de energia e matéria, resultando em um equilíbrio dinâmico em sua estrutura de escoamento (Chorley, Schumm, Sugden, 1984; Huggett, 2007).

Uma bacia hidrográfica é compreendida como um sistema complexo caracterizado por entrada e saída de energia e materiais como precipitação, escoamento superficial, processos erosivos e forças tectônicas (Coelho Netto, 1999). Existe um nível hierárquico dentro das bacias, na qual sub-bacias menores integram sistemas maiores compondo uma rede de drenagem interdependente (Strehler 1952, Hack 1960, Mattos e filho, 2004). Morin (1977) afirma que a estrutura é realizada por subsistemas interligados, cuja funcionalidade e delimitação dependem dos objetivos de análise, sendo eles os canais fluviais e as vertentes os elementos mais utilizados em estudos morfodinâmicos (Schumm, 1975).

A compreensão de bacia hidrográfica enquanto um sistema permite inseri-la dentro dos sistemas geomorfológicos, que funcionam como base na dinâmica de processos e respostas. Mudanças externas, como variações climáticas, ou internas, como a erosão e o transporte de sedimentos, provocam ajustes constantes na paisagem, que busca manter-se funcional por meio de mecanismos de retroalimentação (Suguio, 2003).

Em 1952 surgem as primeiras noções de sistemas abertos dinâmicos na Geografia através do Strahler, que buscava romper a noção davisiana de sistema fechado. Para ele, a análise geomorfológica deve ser feita a partir de uma abordagem dinâmica, que se baseia em sistemas abertos que buscam o equilíbrio dinâmico. Dessa maneira, é compreendido que a formação da paisagem é resultado de um conjunto de energias que variam conforme o tempo e o espaço, e dependem das propriedades físicas e os componentes que atuam.

A teoria do equilíbrio dinâmico ganha força com Hack, na década de 1960. Ele considera que o relevo é um sistema aberto com constantes trocas de energia e matéria com outros sistemas, o que resulta nos elementos da paisagem em constante ajuste. Dessa forma, é possível identificar dois principais tipos de equilíbrio: o funcional, que permite ao sistema ajustar-se a pequenas perturbações, mantendo sua estabilidade interna; e o evolutivo, no qual as formas da paisagem tendem a um estado de equilíbrio ao longo do tempo, mesmo sob mudanças graduais (Hack, 1960; Renwick, 1992).

Contudo, como um sistema aberto está sujeito a mudanças constantes nas entradas de energia, grandes perturbações podem desestabilizá-lo, mesmo que ele esteja caminhando para o equilíbrio (Schumm, 1956). Nesse contexto, a bacia hidrográfica é uma representação concreta de um sistema geomorfológico em funcionamento, conduzido por interações dinâmicas e autorreguladoras que refletem a complexidade e a instabilidade inerentes à organização da superfície terrestre (Phillips, 1999). Contudo, um sistema aberto está em constante mudança de entrada de energia, o que pode acarretar um novo ajuste, conforme afirma a teoria do equilíbrio dinâmico, segundo a qual o equilíbrio da paisagem é resultado de processos morfogenéticos, processos tectônicos e forças endógenas e exógenas (Christofolletti, 1980).

CONCLUSÕES

A análise teórica que foi desenvolvida na pesquisa evidencia a importância da abordagem sistêmica como ferramenta metodológica e conceitual para a compreensão da paisagem, especialmente no contexto das bacias hidrográficas. A partir da Teoria Geral dos Sistemas, proposta por Bertalanffy, e de seu desenvolvimento no campo da Geografia Física, por meio do conceito de geossistemas, foi possível compreender que a paisagem resulta da interação entre os fluxos de matéria e energia.

Quando se passa a considerar uma bacia hidrográfica como um sistema geomorfológico aberto, reconhece-se sua complexidade e capacidade de autorregulação diante das influências tectônicas, climáticas e antrópicas. Nos sistemas geomorfológicos, o equilíbrio dinâmico é uma característica central, resultado das constantes trocas de energia e matéria entre os componentes do sistema. Hack (1960) destaca dois tipos de equilíbrio: o funcional, que permite ao sistema ajustar pequenas perturbações mantendo sua estabilidade interna, e o evolutivo, no qual as formas da paisagem tendem a um estado de equilíbrio ao longo do tempo. Porém, ao analisar a base teórica de Sotchava, é possível compreender que dificilmente uma paisagem irá entrar em estado de equilíbrio, pois está constantemente exposta a perturbações, exigindo novos ajustes morfológicos. Assim, a paisagem permanece em constante transformação, através do processo de retroalimentação que atuam na busca por um novo estado de equilíbrio (Christofolletti, 1980; Schumm, 1975).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertalanffy, l. **teoria geral dos sistemas**, ed. vozes, petrópolis, 1975.
- Bertalanffy, l. v. **general system theory**. new york, george brazilier, 1968.
- Chorley, r. j. Schumm, sa, and Sugden. **geomorphology**, 1984.
- Christofolletti, a. **geomorfologia**. são paulo: edgard blücher, 1980.
- Christofolletti, a. **modelagem de sistemas ambientais**. s. paulo:edgard blücher ltda, 1999.
- Coelho Netto, a.l. (1999) “catastrophic landscape evolution in a humid region (se brazil): inheritances from tectonic, climatic and land use induced changes”. suplemento di geografia fisica e dinâmica quaternária iii, plenary lecture – **iv international conference on geomorphology**, bologna – itália.
- Davis, w. m. the geographical cycle. *geogr. j.*, 14, p. 481-504, 1899.
- Fryirs, k.; Brierley, g. j.; preston, n. j.; kasai, m. buff ers, barriers and blankets: the (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. **catena**, v. 70, n. 1, p. 49-67, 2007a.
- Hack, j. t. interpretation of erosional topography in humid temperate regions. **american journal of science**, bradley, v. 258, p. 80-97, 1960.
- Hack, j. t. stream-profile analysis and stream-gradient index. *j. res. u.s. geol. survey*, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.
- Horton, r. e. erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **geological society of america bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275–370, 1 mar. 1945.
- Huggett, r. j. **fundamentals of geomorphology**. routledge, 2011.
- Huggett, richard. **a history of the systems approach in geomorphology. géomorphologie: relief, processus, environnement**, v. 13, n. 2, p. 145-158, 2007.
- Mattos, s. h. v. l.; perez filho, a. complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. **revista brasileira de geomorfologia**, v. 5, n. 1, 2004.
- Monteiro, c. a. f. derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no brasil e alterações climáticas: perspectiva urbana e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. in: **anais: simpósio sobre comunidade vegetal como unidade biológica, turística e econômica**. são paulo: aciesp; p. 43-74. 1978.
- Monteiro, c. a. f. **geossistemas: a história de uma procura**. são paulo: contexto, 2000.
- Monteiro, c. a. f. **os geossistemas como elemento de integração na síntese geográ-fica e fator de promoção interdisciplinar na compreensão do ambiente. aula inaugural do curso de doutorado interdisciplinar em ciências humanas, sociedade e meio ambiente**.

cfch-ufsc – florianópolis. 1995.

Penck, w. die morphologische analyse: ein kapitel der physikalischen geologie. **stuttgart**: j. engelhorn's nachf. 283 p., 1924.

Perron, j. Taylor; Royden, Leigh. uma abordagem integral para a análise de perfis fluviais em leito rochoso. **earth surface processes and landforms**, v. 38, n. 6, p. 570-576, 2013.

Phillips, j. d. et al. origin and interpretation of knickpoints in the big south fork river basin, kentucky–tennessee. **geomorphology**, [s. l.], v. 114, n. 3, p. 188-198.

Renwick, w. h. equilibrium, disequilibrium, and nonequilibrium landforms in the landscape. **geomorphology**, v. 5, n. 3-5, p. 265-276, 1992.

Ross, j. **ecogeografia do brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. 1 ed. são paulo: oficina de textos, 2006.

Schumm, s. a. episodic erosion: a modification of the geomorphic cycle. in: melhorn, w. n.; flemal, r. c. (org.). **theories of landform development**. london: allen & unwin, p. 69-86, 1975.

Schumm, s. a. evolution of drainage systems and slopes in badlands at perth amboy, new jersey. **geological society of america bulletin**, [s. l.], v. 67, n. 5, p. 597, 1956.

Silva, t. c. indicadores geomorfológicos de sustentabilidade ambiental: aplicabilidade no brasil. **revista brasileira de geomorfologia**, v. 1, n. 1, 2000.

Sotchava, d.r. **o estudo de geossistemas- são paulo**, métodos em questão, vol. 16– igusp, 1977.

Strahler, arthur n. hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **geological society of america bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952.

Suguio, k. **geologia sedimentar**. 1. ed. são paulo: blucher, 2003. 416 p. isbn 9788521203179.

Willett, sean d. et al. reorganização dinâmica de bacias hidrográficas. **science**, v. 343, n. 6175, p. 1248765, 2014.