

TRÊS VERTENTES PARA “VER” UM RIO

Márcio H. de C. Zancopé, PPGG/IGCE/Unesp-RC. zacgeo66@hotmail.com)
Archimedes Perez Filho, IG/Unicamp. archi@ige.unicamp.br)

O conhecimento científico possui a propriedade cumulativa, sendo seu desenvolvimento intrínseco ao escopo teórico existente até aquele momento; para então ir além, consolidando, reformulando ou refutando as teorias antes aceitas. Neste sentido muitas vertentes filosófico-metodológicas orientam a História do Pensamento Geomorfológico-fluvial. Este trabalho expõe algumas destas vertentes como alguns de seus principais pensadores, os quais foram agrupados em três grandes fases.

A primeira destas grandes fases da Geomorfologia Fluvial denomina-se Prédavisiana. Galileu Galilei no século XVI já apresentava alguns manuscritos de seus estudos sobre os rios. Entretanto esta fase, com a contribuição de vários outros pensadores, perdurou até o final do século XIX. Mas os estudos de Geomorfologia Fluvial iniciam-se, de modo consistente, com as postulações das leis da morfologia fluvial de Alexandre Surell, em 1841.

Surell apoiou-se grandemente em trabalhos de engenheiros italianos, sobre as torrentes alpinas (ABREU, 1980). Um deles foi Domenico Guglielminino que, no século XVIII, postulou que: (1) os cursos d'água modificam a forma de seu leito, por erosão ou por deposição, de tal modo que finalmente haja equilíbrio entre a força e a resistência do fluxo; (2) a declividade do leito variará em função inversa da velocidade do fluxo e do débito ordinário do curso d'água; (3) a declividade variará, ainda, em razão da resistência do leito; (4) e que os cursos d'água escoando sobre leito móvel tenderão a modificar esse leito de maneira a lhe dar uma forma côncava para o céu (CHISTOFOLETTI, 1981).

Estas idéias aliadas a observações feitas nos Alpes franceses, permitiu a Surell estabelecer o princípio de erosão regressiva, bem como os conceitos de nível de base e perfil longitudinal de equilíbrio. Os postulados de Surell tornaram-se os fundamentos para “toda a morfologia fluvial e forneceram as premissas básicas para o desenvolvimento mais tarde das principais teorias geomorfológicas, desde a abordagem davisiana do ‘ciclo geográfico’ à visão sistêmica do ‘equilíbrio dinâmico’ de Hack” (ABREU, 1980).

Surell, segmentando o canal fluvial em ‘bacia de recepção’, ‘canal de escoamento’ e ‘leito ou cone de dejeção’ (os quais muito depois deram origem aos termos alto, médio e baixo curso fluvial, respectivamente) entendia que era na base da vertente drenada pela torrente que se iniciava a incisão do canal, que progredia para montante (erosão regressiva), sendo que esta base era relativamente fixa (nível de base). O perfil longitudinal do curso d'água se ajustava segundo a geometria do escoamento do fluxo e, quando a ajustagem refletisse uma situação em que não houvesse mais escavação vertical do canal, este teria alcançado o equilíbrio.

Com os estudos de G. K. Gilbert, em 1877, a Geomorfologia Fluvial registra novo avanço. Gilbert precisou a noção de carga detrítica dos cursos d'água, definindo-a como sendo o material particulado ou dissolvido transportado por um rio. Definiu inclusive os conceitos de capacidade de transporte, como a quantidade da carga detrítica transportada, e competência, como o tamanho da carga detrítica transportada por um rio.

Gilbert ainda postulou as suas leis da morfologia fluvial (ABREU, 1980). A lei das declividades, onde sob velocidade de fluxo constante, “o rio não entalhará nem depositará, mas conservará imutável o equilíbrio de seu leito”. Mas se “[...] uma declividade menor (do leito) provocar diminuição da velocidade (do fluxo), sua capacidade para o transporte tornar-se-á menor que a carga (transportada) e parte dela será depositada. Ou, se [...] uma declividade maior provocar um aumento na velocidade, a capacidade de transporte tornar-se-á maior que a carga e haverá corrasão do leito” (GILBERT, 1877 apud CHRISTOFOLETTI, 1981). Ainda elaborou a lei da estrutura, onde destacou os diferentes papéis desempenhados pela heterogeneidade litológica na morfogênese fluvial, explicando o significado dos bancos rochosos (corredeiras e cachoeiras). E a lei dos divisores, a qual explicava a presença de declividades maiores próximos aos divisores das bacias e declividades menores nas desembocaduras (ABREU, 1980).

A segunda grande fase da História do Pensamento Geomorfológico-fluvial inicia-se em 1899, com W. M. Davis e sua Teoria do Ciclo Geográfico. Na fase Pré-davisiana, os estudos da morfologia fluvial apresentavam o rio como um elemento isolado na paisagem. Davis renovou as postulações dos Pré-davisianos como Surell e Gilbert integrando o rio à paisagem.

Sob a abordagem davisiana, o rio utiliza ao longo de seu perfil longitudinal diversos processos, como erosão, transporte e deposição, na busca da melhor maneira de realizar seu trabalho, exercendo uma função controladora sobre a evolução das vertentes. Uma vez estabelecida a melhor maneira (o perfil longitudinal de equilíbrio) de realizar seu trabalho o rio controlaria a evolução das vertentes, até que a paisagem atingisse a senilidade, ou novo ciclo se iniciasse. “As condições equilibradas seriam primeiramente atingidas na desembocadura e, então avançariam retroagindo para montante. Quando os rios principais estão equilibrados, a maturidade inferior foi atingida; quando as pequenas cabeceiras e os rios laterais também estão equilibrados, a maturidade está muito avançada; e quando até os canais temporários também estiverem equilibrados, então atingiu-se a senilidade” (DAVIS, 1899 apud. CHRISTOFOLETTI, 1981).

Davis acreditava que o equilíbrio fluvial é a condição balanceada de um rio maturo ou senil. O balanço se realiza entre a capacidade de um rio trabalhar (capacidade de transporte e entalhamento) e a quantidade de trabalho que ele executa (transporte de carga detrítica) através da relação erosão e deposição. A carga detrítica aumenta em quantidade e grosseria durante a juventude; em quantidade, mas provavelmente não em grosseria durante a maturidade e após a maturidade plena diminui tanto em quantidade como em grosseria.

Entre outros pensadores, Mackin, em 1948 e Baulig, em 1950 analisaram, modificaram e ampliam as idéias de Davis. Em torno de 1940-1950 a concepção davisiana era considerada completa postulando as seguintes idéias e conceitos:

- A noção de equilíbrio aplica-se ao trabalho fluvial. O rio equilibrado não entalha nem deposita, sendo apenas mero agente transportador;
- Todo e qualquer perfil longitudinal demonstra equilíbrio provisório, pois o perfil definitivo é noção limite e simples concepção mental;
- O equilíbrio propaga-se progressivamente, a partir do nível de base. A erosão regressiva é responsável por essa expansão remontante;

O perfil de equilíbrio é alcançado pela ajustagem entre o débito, a velocidade do fluxo e a carga detrítica. Com o aumento gradual do débito à jusante diminui-se a declividade do perfil, influenciando na velocidade do fluxo. Com a diminuição do declive e da velocidade diminui-se a competência, e vice-versa;

A granulometria da carga detrítica altera-se com o transcorrer do ciclo de erosão, à medida que ocorre a suavização das vertentes no baixo curso, atingindo o estágio avançado de desenvolvimento, fornecendo materiais de granulometria fina. Por este esquema a carga detrítica apresenta diminuição granulométrica constante de montante à jusante.

O perfil longitudinal não precisa ser uma curva côncava, pois os tributários podem provocar modificações, criando condições para a existência de diversos segmentos com características próprias;

Há íntima relação entre todos os pontos do perfil, sendo todos variáveis, exceto o nível de base, e;

O equilíbrio se estabelece em função das grandes cheias, quando o rio atinge seu maior poder de abrasão, em razão da elevada carga detrítica que lhe é fornecida (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O advento da Teoria Geral dos Sistemas e os avanços da revolução filosófico-metodológica conquistados pela Física Moderna fazem germinar na Geomorfologia nova perspectiva analítica que diverge da teoria davisiana, a abordagem sistêmica.

A partir da década de 1940 diferentes abordagens temáticas começaram a delinear a Geomorfologia Fluvial, entre elas: a morfometria numérica, a compreensão do tratamento estatístico, a inter-relação de dados sobre os canais fluviais e a produção de modelos estocásticos (CUNHA, 1994). Assim, os estudos começam a buscar objetivos diferentes, contrariamente do que era até então, centrado na busca do funcionamento do perfil longitudinal de equilíbrio e os mecanismos a eles vinculados.

A. Strahler, em 1950, foi o pioneiro a aplicar a abordagem sistêmica em seus estudos, juntamente com Hack que elabora a teoria do equilíbrio dinâmico, em 1957. Culling, também em 1957, apresentou exposição geral da aplicabilidade da teoria dos sistemas a propósito dos processos e da morfologia do perfil longitudinal de canais fluviais (CHRISTOFOLETTI, 1981). Assim marca-se o início desta grande fase da História do Pensamento Geomorfológico-fluvial, a fase sistêmica.

Impulsionados por essa nova perspectiva, os estudos de Geomorfologia Fluvial foram intensificados a partir do início da década de 1950, inclusive dando ênfase aos processos e mecanismos observados no canal fluvial e, adquirindo visão mais ampla ao envolver-se com outras áreas do conhecimento como a Hidrologia, a Pedologia, a Ecologia, a Termodinâmica, etc. (CUNHA, 1994). Entre estes estudos são fundamentais os trabalhos de Leopold e Madock em 1953, de Leopold, Wolman e Miller em 1964, de Schumm em 1977 e de Gregory também em 1977. Outros pesquisadores também se destacaram como Langbein, Morisawa, Knighton, Dury, Bull, Tricart, e no Brasil Christofolletti, Ab'Saber, Bigarella, Mousinho e outros.

A abordagem sistêmica na Geomorfologia Fluvial entende que o canal fluvial reflete o comportamento dos sistemas abertos, no qual a importação e a exportação de energia e

matéria são equacionadas por meio de um ajustamento entre as variáveis componentes, expresso na forma e geometria do sistema fluvial. Tal ajustamento é conseguido devido à propriedade de auto-regulação do sistema.

As variáveis componentes na estruturação do sistema canal fluvial podem ser agrupadas como: (a) independentes – a litologia da calha, a distribuição dos afloramentos rochosos e dos solos na bacia, a quantidade e o tipo de material detrítico fornecido e o volume de água que chega ao canal; (b) semidependentes (que afetam o próprio canal e são influenciadas pela dinâmica dos processos fluviais) – a resistência do fluxo (que é função da granulometria dos sedimentos, da rugosidade do leito e da forma do canal), os mecanismos de transporte da carga e o tipo de canal; e (c) dependentes (sob o controle do canal) – declividade do leito, largura e profundidade do canal e velocidade do fluxo (CHRISTOFOLETTI, 1981). Todas elas estão inter-relacionadas, onde qualquer alteração que se processa em um segmento longitudinal do canal, ou variável do sistema, será transmitido aos demais segmentos ou variáveis, sendo a ajustagem que se processa tenderá a absorver a mudança inicial, ficando na dependência da sua magnitude e recorrência (SCHUMM, 1977).

Pode-se exemplificar estas inter-relações, observando que em termos gerais com o aumento da área da bacia de drenagem ocorre aumento da vazão do canal, pois maior quantidade de energia e matéria entram no sistema, pelo aumento do gradiente e do volume do fluxo (água e carga detrítica). O aumento destas variáveis promove aumento da força de cisalhamento (início do deslocamento de partículas do leito) e do impacto hidráulico (choque do fluxo com as paredes do leito) que agem sobre o leito regularizando-o, diminuindo sua rugosidade. Conseqüentemente, à medida que isto ocorre o fluxo se estabiliza, juntamente com sua velocidade, diminuindo a força de cisalhamento e a capacidade de manter as partículas em suspensão, provocando o selecionamento da carga detrítica, sedimentando parte dela. Isto contribui para a diminuição da rugosidade do leito e sua resistência ao fluxo, depositando mais sedimentos. A deposição de sedimentos promove a diminuição da declividade do rio, a qual influencia a velocidade do fluxo e a capacidade de transporte de carga detrítica.

Estas modificações põem em evidência a carga detrítica, pois como observado é sobre ela que as demais variáveis atuam de modo a processar a ajustagem do sistema.

Assim o declive é ajustado para providenciar a energia adequada para transportar para fora de qualquer segmento do rio, a quantidade de carga detrítica equivalente que lhe for introduzida pelo segmento de montante. Caso contrário será modificada as condições de transporte da carga detrítica sedimentando-a ou colocando-a em movimento procurando o declive necessário à nova condição.

Percebe-se que a partir das postulações de Surell e Gilbert os estudos de Geomorfologia Fluvial ganham maior sistematização, centrando-se na busca do funcionamento do perfil longitudinal de equilíbrio fluvial e os mecanismos a ele vinculados, muito embora estes estudos apresentassem o rio como um elemento isolado na paisagem. Uma das muitas virtudes de Davis foi a de integrar o rio a paisagem, fazendo este agora parte de um grande ciclo natural, o Ciclo Geográfico, muito inspirado na concepção darwiniana da natureza. Contudo ainda os estudos dessa vertente centravam-se no entendimento do perfil longitudinal de equilíbrio fluvial.

Com a abordagem sistêmica, outras categorias temáticas orientam os estudos de Geomorfologia Fluvial, ao envolverem-se com outras áreas do conhecimento, que não mais somente o perfil longitudinal de equilíbrio fluvial. Uma das importantes questões metodológicas que diferenciam as vertentes davisiana e sistêmica é que, diferentemente da concepção davisiana, onde o perfil longitudinal era fator que controlava as ações de erosão, de transporte e de deposição, na concepção sistêmica ele passa a ser uma resposta ao comportamento e ajustagem desses processos, ou seja, ao controle exercido por eles. O rio ou canal fluvial, bem como seu perfil longitudinal, é resultado da combinação e inter-relação das variáveis constituintes do sistema fluvial, sendo que esta inter-relação das variáveis do sistema alterna-se de modo contínuo ao longo da bacia e do canal resultando combinações diferentes e conseqüente organização dos processos fluviais.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, S. L. F. A evolução da drenagem conforme a teoria davisiana. **Notícia Geomorfológica, Campinas**, v. 13, n. 26, p. 69-77, 1973.

ABREU, A. A. de. Surrel e as leis da morfologia fluvial. **Craton & Intracraton: Escritos e documentos**. São José do Rio Preto, n. 7, 1980. IBILCE/Unesp.

ALMEIDA, F. F. M. de. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: Inst. de Geografia/USP, 1974. (Teses e monografias 14).

BIGARELLA, J. J. e MOUSINHO, M. R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. **Boletim Paranaense de Geografia**. v. 16/17, p. 153-197, 1965.

CÂNDIDO, A. J. Contribuição ao estudo dos meandramentos fluviais. **Notícia Geomorfológica, Campinas**, v. 11, n. 22, p. 21-38, 1971.

CHRISTIFOLETTI, A. e OLIVEIRA, A. A. B. de. Análise morfométrica dos meandramentos do Vale do Paraíba, na área da Bacia Sedimentar de Taubaté. **Not. Geomorfológica, Campinas**, v. 14, n. 27/28, p. 45-60, 1974.

_____. Densidade de meandramentos. **Not. Geomorfológica, Campinas**, v. 15, n. 29, p. 83-87, 1975.

CHRISTIFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial: o canal fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. p. 313.

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. p. 236.

COLTRINARI, L. Geomorfologia e dinâmica Quaternária no Sudeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia da Usp**, São Paulo, n. 6, p. 6-16, 1992.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. e CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. Cap. 5, p. 211-252.

GANDOLFI, N. Análise morfométrica de drenagem da bacia do Rio Mogi Guaçu. **Notícia Geomorfológica, Campinas**, v. 11, p. 23-40, 1971.

_____. **Investigações sedimentológicas, morfométricas e físico-químicas nas bacias do Mogi Guaçu, do Ribeira de Iguape e do Peixe**. São Carlos: EESC/Usp, 1971. (Geologia 15).

GRAF, W. L. A lei da razão em Geomorfologia Fluvial. **Notícia Geomorfológica, Campinas**, v. 19, n. 36, p. 57-78, 1978.

- GREGORY, D. I. E SCHUMM, S. The effect of active tectonics on alluvial river morphology. In: RICHARDS, K. (ed.) **River Channel: environment and process**. Oxford: B. Blackwell, 1987. Cap. 3, p. 41-68.
- GREGORY, K. J. (ed.) **River Channels Changes**. Chischester: J. Wiley & Sons, 1977.
- KNIGHTON, D. **Fluvial Forms and Process**. London: E. Arnold, 1984. p. 218.
- LEOLPOLD, L. B. e WOLMAN, M. G. Rivers Meanders. **The Geological Society of America Bulletin**, v. 71, n. 6, p. 769-794, 1960.
- _____. River Channel Patterns. In: DURY, G. H. (ed.) **Rivers and River Tarreces**. London: Macmillan, 1970. Cap. 7, p. 197-236.
- MORISAWA, M. **Rivers: forms end process**. N. York: Longman, 1985. (Geomorphology texts 7).
- OUCHI, S. Response of alluvial rivers to slow active tectonic moviment. **Geological Society of America Bulletin**, v. 96, p. 504-515, 1985.
- PEREZ FILHO, A. e CHRISTOFOLETTI, A. Relacionamento entre ordem e largura de planície de inundação em bacias hidrográficas. **Geografia**, Campinas, v. 17, n. 34, p. 112-119, 1977.
- PEREZ FILHO, A. **As relações solos-relevo na porção Centro-Oriental do Estado de São Paulo**. 1987. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- PINTO, M. N. Aplainamento nos trópicos: uma revisão conceitual. **Geografia**, Rio Claro, v. 13, n. 23, p. 119-130, 1988.
- RICHARDS, K. *Rivers: forms and process in alluvial channels*. London: Metthuen, 1982.
- RICHARDS, K. (ed.) **River Channel: environment and process**. Oxford: B. Blackwell, 1987.
- RICCOMINI, C., GIANNINI, P. C. F. e MANCINI, F. Rios e processos aluviais, In: TEIXEIRA, W. et al. (org.) **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. Cap. 10. p. 191-214.
- ROSS, J. L. S. O Relevo Brasileiro, as Superfícies de Aplanamento e os Níveis Morfológicos. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, São Paulo, n. 5, p. 7-24, 1991.
- SCHUMM, S. Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains. **The Geological Society of America Bulletin**, v. 74, n. 9, p. 1089-1100, 1963.
- _____. **The Fluvial System**. N. York: J. Wiley & Sons, 1977. p. 338.
- SOUZA, I. de A. **Mudança no canal do Rio Paraná durante o Holoceno**. 2000. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.
- STEINBERG, H. O. R. A propósito dos meandros. **Revista Brasileira de Geografia do IBGE**. Rio de Janeiro, v. 4, n. 19, 1957.
- SUGUIO, K. e BIGARELLA, J. J. **Ambiente Fluvial**. 2^a ed., Florianópolis: Ed. da Universidade do Federal do Paraná e Ed. da Universidade de Santa Catarina, 1990. p. 130.
- SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas Afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- TITARELLI, A. H. V. **O vale do Parateí: estudo geomorfológico**. 1975. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- TRICART, J. Comparação entre as condições de esculturação dos leitos fluviais em zona temperada e em zona tropical. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v. 4, n, 7/8, p. 7-9, 1961.

_____. Os tipos de leito fluvial. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v. 6, n, 11, p. 41-49, 1966.

_____. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/Supren, 1977.