Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Identificação de Estilos Fluviais na Bacia do Rio Macabu (RJ) a Serem Aplicados na Gestão dos Recursos Hídricos¹

Camila Ignez Santana², Mônica dos Santos Marçal³

² Geógrafa, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, camilaignez@gmail.com ³ Professora Associada, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, monicamarcal@gmail.com

Artigo recebido em 21/12/2019 e aceito em 21/05/2020

RESUMO

A pesquisa foi desenvolvida na Bacia do Rio Macabu que integra a Região Hidrográfica IX do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana e, assim como várias regiões hidrográficas fluminenses, apresenta longo histórico de intervenções antrópicas dentro e fora dos canais fluviais. O objetivo do trabalho é apresentar mapeamento dos Estilos Fluviais identificados na Bacia do rio Macabu, considerando-se a dinâmica atual dos processos geomorfológicos e hidrogeomorfológico a serem aplicados na gestão dos recursos hídricos. O mapeamento e classificação dos segmentos dos rios e suas tipologias foram realizados com base na aplicação de parâmetros morfométricos, para a avaliação dos controles regionais e locais sobre a forma e o comportamento do rio, no confinamento do vale, na forma em planta de toda a extensão do canal e nas unidades geomorfológicas do fundo de vale. Os resultados mostram que a compartimentação do relevo possibilita a ocorrência de diferentes feições fluviais, exerce controle regional no sistema fluvial e tem influência sobre característica do vale. Dessa forma, a configuração espacial dos compartimentos determina os padrões de comportamento em cada setor. Foram identificados oito Estilos Fluviais cuja diferenciação entre os segmentos permite compreender como os processos e formas se caracterizam, integram e se distribuem dentro do sistema fluvial. De um modo geral, a bacia do rio Macabu se expressa como um ambiente múltiplo e complexo, com muitas problemáticas relacionadas aos seus usos e modificações. Os resultados representam parte dos subsídios necessários para uma gestão eficiente e eficaz e para a tomada de decisão. Palavras-chave: Geomorfologia Fluvial; Classificação de Rios; Índices Morfométricos; Configuração do Vale.

Identification of River Styles in the Macabu Basin (RJ) to be Applied in Water Resource Management

ABSTRACT

The research was developed in the Macabu Basin that integrates the Lower Paraíba do Sul and Itabapoana Hydrographic Region and, as well as several basin of fluminense hydrographic regions, presents a long history of anthropogenic interventions inside and outside channels. The objective of this present work is bringing forward mapping of the River Styles in the Macabu Basin to be applied in the management of water resources, considering the current dynamics of geomorphological and hidrogeomorphological processes. The mapping and the classification of river segments and their typologies were performed based on the application of morphometric parameters for the evaluation of regional and local controls on the river shape and behavior, valley confinement, river planform, channel length and valley bottom geomorphological units. The results show that the relief compartments allows the occurrence of different fluvial features, exerts regional control in the fluvial system and influences the valley characteristics. Thus, the spatial configuration of the compartments determines the patterns of behavior in each sector. Eight River Styles have been identified whose differentiation allows understanding how processes and forms are characterized, integrated and distributed within the river system. In general, Macabu Basin is a multiple and complex environment with many issues related to its uses and modifications. The results represent part of the inputs needed for efficient and effective management and decision-making. Keywords: Fluvial Geomorphology; River Classification; Morphometric Index; Valley Setting.

¹ Pesquisa financiada com recursos cobrança pelo uso da água pela Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP) e pelo Comitê Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana.

Introdução

Os estudos relacionados às bacias hidrográficas requerem conhecimentos multidisciplinares, onde fatores físicos, sociais, econômicos e culturais devem ser analisados em conjunto e associados à dinâmica do sistema fluvial, considerando-se as suas múltiplas escalas espaciais e temporais. Desse modo, o nível de detalhamento e complexidade das características a serem observadas devem estar de acordo com o objetivo do planejamento.

Os rios refletem as interações dos processos ambientais, no âmbito da bacia hidrográfica, e funcionam com características e dinâmicas próprias, resultantes tanto da combinação de fatores naturais, como tipos de clima, relevo, solo e geologia, assim como os antrópicos. Muitos autores (Ashmore, 2015; Piegay 2016; Rinaldi et al., 2016; Mould et al., 2018; Lave et al., 2019; Brierley et al., 2019, dentre outros) demonstram que os estudos sobre os rios e a relação do meio físico com os agentes sociais vêm ganhando destaques entre pesquisadores e gestores, uma vez que estas informações contribuem para a compreensão da dinâmica ambiental na paisagem dos sistemas fluviais.

Nos estudos de impactos ambientais, os rios são importantes indicadores, pois registram a ação dos processos e as mudanças e/ou ajustes a que são submetidos. O suprimento de sedimentos para os canais fluviais devido ao desmatamento, agricultura, pastagens e outras atividades são os fatores responsáveis e podem criar alterações acumulativa na paisagem, sobretudo na dinâmica dos processos (Kondolf e Piegay, 2016).

Nesse sentido, importante desafio nas análises dos rios e das bacias hidrográficas têm sido integrar as diversas áreas de conhecimento e suas metodologias às pesquisas aplicadas à gestão dos recursos hídricos.

Os sistemas de classificação de rios constituem-se em uma ferramenta que pode ajudar a organizar e diferenciar os ambientes em grupos com características similares em relação à dominância de comportamento dos processos fluviais. Com isso, os grupos podem inclusive ser comparados e interpretados para fins de planejamento dos recursos hídricos e melhor compreensão da dinâmica dos processos (Kondolf e Piegay, 2016; Marçal et al., 2017; Brierley et al., 2019; Fryirs, et al., 2019).

Assim, a classificação de rios irá permitir registrar a diferenciação de atributos, o que confere aos cientistas e gestores uma maneira eficiente de distinguir objetos similares e representativos em

um universo aparentemente caótico e confuso. Além disso, pode proporcionar a capacidade de desvendar as influências locais, a partir de relações sistêmicas, e ser base de informações úteis para a gestão de bacias hidrográficas, pois permitirá ajudar a compreender a trajetória evolutiva dos processos fluviais. Marçal e Lima (2016) destacam que compreender os padrões e efeitos das perturbações sobre os diferentes compartimentos que compõem o sistema fluvial é de fundamental importância para identificar os mecanismos que visem proteção dos rios e das populações.

No entanto, na literatura acadêmica, diversas classificações foram formuladas para tentar explicar os padrões e processos naturais dos rios. Davis (1899) foi o primeiro a dividir os cursos d'água em três classes básicas, relativas ao estágio de evolução do canal, sendo elas: fase juvenil, madura e senil. A partir de sua proposição, novos sistemas de classificação de rios foram elaborados, baseados em delineações qualitativas e descritivas, dos quais pode-se destacar o trabalho de Leopold e Wolman (1957), onde propõem os termos: retilíneo, meandrante e anastomosado; descrevendo as características dos três padrões de canal. Em 1963, Schumm elaborou um método de classificação baseado na descrição e interpretação das características do canal referentes à sua estabilidade (estável, erosivo, deposicional) e tipo de transporte de sedimentos (transporte misto, transporte em suspensão, ou transporte por arraste). Para contemplar uma maior variedade de morfologias de canais, um esquema de classificação foi desenvolvido e aplicado em rios canadenses por Kellerhals et al, (1976), Galay et. al. (1973), e Mollard (1973). O trabalho desses pesquisadores proporcionou uma excelente descrição e interpretação de feições fluviais e ofereceu a mais detalhada e completa lista de feições de canais e vales (Marçal e Lima, 2016).

No entanto, o grande problema tem sido o elevado número de possibilidades de interpretações em várias escalas, o que torna o esquema de classificação bastante complexo para planejamentos com objetivos mais gerais. Assim, como classificar os rios abordando as diferentes escalas espaciais/temporais, sem deixar de considerar as singularidades e fatores condicionantes associados, sobretudo os relacionados às intervenções antrópicas? Como torná-los compreensíveis à gestão?

Uma das perspectivas para se analisar os rios tem sido a sua classificação em segmentos, tendo como base as características e comportamentos similares. Dentre as inúmeras propostas de classificação existentes na literatura

em geomorfologia fluvial, destaca-se a metodologia dos Estilos Fluviais (*River Styles Framework*®) proposta por Brierley e Fryirs (2005). Esta caracteriza-se como uma ferramenta de análise dos rios, onde os diferentes Estilos Fluviais são identificados a partir do confinamento do vale, da forma em planta do canal e da reunião de diversas características e assembleias de unidades geomorfológicas, dentro e fora do canal fluvial, que incluem tanto formas erosivas como deposicionais (Brierley e Fryirs, 2005). Os autores destacam que para a compreensão dos dados levantados acerca do sistema fluvial é importante que estes sejam organizados em uma estrutura hierárquica de escalas. Ou seja, os dados devem ser posicionados em um banco de dados de acordo com a escala que eles representam.

Em vista disso, a pesquisa teve como objetivo apresentar a classificação dos rios na Bacia do rio Macabu, com base na metodologia dos Estilos Fluviais a serem aplicados na gestão dos recursos hídricos da bacia do Rio Macabu. A metodologia proposta considera que um só rio pode apresentar diferentes Estilos Fluviais, o que implica que cada trecho pode interagir de maneira particular com a paisagem em seu entorno e, com isso, ter atenção diferenciada em relação ao manejo ambiental adequado.

Considera-se que a organização das informações sobre os processos fluviais, através da identificação dos Estilos Fluviais, pode configurar-se em uma primeira base espacial para delimitação de áreas prioritárias de ações e de monitoramento ambiental na Bacia do Rio Macabu. A aquisição de dados que requerem monitoramentos sobre a dinâmica fluvial ainda é muito inconsistente e realizada sem critérios previamente estabelecidos.

A área da Bacia do rio Macabu é caracterizada por uma paisagem bastante degradada, muito em função da retirada da cobertura vegetal para agropecuária e silvicultura, desencadeando, ao longo do tempo, processos erosivos nas encostas e fundo dos vales e no carreamento significativo de sedimentos para as calhas fluviais. Além disso, apresenta histórico de frequentes inundações durante as fortes chuvas de verão, que alagam amplas áreas causando prejuízos à sociedade local.

Para fins de planejamento ambiental, a Bacia do rio Macabu integra a Região Hidrográfica IX do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana e, assim como várias regiões hidrográficas fluminense, apresenta um longo histórico de intervenções nos rios. Entre as décadas de 1960 e 1980, o antigo Departamento Nacional de Obra e Saneamento (DNOS) realizou obras importantes de

intervenções, com presença de estruturas hidráulicas, com vistas à expansão do agronegócio da cana-de-açúcar, o que influenciaram o comportamento hidrológico dos ambientes fluviais (Soffiati, 2009; Leite, 2019).

Na Bacia do rio Macabu, há três intervenções diretas e importantes realizadas no seu sistema hidrográfico, sendo elas o represamento do rio Macabu, a captação de água para a bacia vizinha, a Bacia do rio Macaé, e a retificação em vários trechos dos canais da bacia na década de 1960. A falta de água para abastecimento público, a poluição dos rios devido à emissão de efluentes domésticos sem tratamento e à contaminação dos solos por pesticidas agrícolas têm se juntado aos demais desafios na gestão hídrica da bacia.

Contexto Físico e Ambiental

A Bacia do rio Macabu localiza-se na região norte do estado do Rio de Janeiro e apresenta cerca de 1.113 km² de área, abrangendo parcialmente sete municípios: Campos dos Goytacazes, Carapebus, Conceição de Macabu, Macaé, Quissamã, Santa Maria Madalena e Trajano de Moraes. Seu principal rio, o Macabu, é de sexta ordem e se desenvolve no sentido sudoeste-leste em extensão aproximada de 143 km, com nascente localizada na Serra de Macabu a 1.570 m de altitude, em Trajano de Moraes, e foz na Lagoa Feia, em Conceição de Macabu. Os principais afluentes pela margem direita são os córregos da Cascata e Campista, rios Carucango, Macabuzinho, Santa Catarina e do Meio; e pela margem esquerda os córregos da Soledade, Pedra Branca e Serrinha. De acordo com dados do censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010) a população estimada para a bacia é 31.524 habitantes.

No contexto geotectônico, a bacia está inserida na porção interna da Faixa Ribeira, caracterizada por rochas proterozóicas deformadas e metamorfozadas durante a orogênese Brasileira (720-590 Ma) (Heilbron et al., 2016). Associada aos eventos do mesozoico e do cenozoico está a origem das montanhas desse cinturão orogênico, denominado de Serra do Mar (Heilbron et al., 2016). Esse cinturão é marcado por falhas alinhadas com tendência estrutural NNE-SSW e NE-SW (Figura 1) e a reativação dessas é associada às atividades neotectônicas regionais. As principais formações geológicas são constituídas por rochas paraderivadas da unidade São Fidélis e rochas metabásicas do complexo Trajano de Moraes (Pré-cambriano). Também ocorrem rochas ígneas mais jovens, como os referentes ao Granito Sana

(Cambriano), na porção oeste da bacia. Na porção leste da bacia ocorrem sedimentos de origem

terciária relacionados a Formação Barreiras (Heilbron et al., 2016).

Figura 1. Localização da BRM e Geologia simplificada (Heilbron et al., 2016).

A bacia situa-se entre a Região Serrana e a Região Norte Fluminense. Assim, a topografia da BRM se desenvolve a partir da Serra de Macabu com picos superiores a 1.800 m, passando por um relevo montanhoso característico de Trajano de Moraes e, em sequência, por um relevo escarpado em sua porção central, cujas variações altimétricas superam 400 m. Após isso, é marcado pelas superfícies de aplainamento do Norte Fluminense, com variações altimétricas de 0 a 100 m.

Freitas e Santos (2014) demonstram que essas características do relevo da bacia contribuem para a existência de três tipos climáticos: o tropical úmido, o subtropical e o tropical. Assim, a bacia possui estação seca de curta duração, compensada pelos totais elevados de precipitação. A Figura 2 apresenta a série histórica recente dos totais pluviométricos da bacia com base nos dados das estações Macabuzinho, Maria Mendonça e Usina Quissamã da Agência Nacional de Águas (ANA), entre julho de 1968 e dezembro de 2018.

Figura 2. Totais pluviométricos mensais da BRM, período de 1968 a 2018. (Dados: Agência Nacional de Águas, 2019)

Os totais pluviométricos mensais mais altos correspondem a Estação Maria Mendonça, localizada na porção serrana da bacia, onde as médias mensais ficam em torno de 140 mm. Enquanto isso, os totais pluviométricos mais baixos estão relacionados às Estações Macabuzinho e Usina Quissamã, localizadas na

Baixada Litorânea, onde as médias mensais ficam em torno de 80 mm. Dessa maneira, a precipitação pluviométrica aumenta no sentido do litoral para o interior. A bacia possui um dos maiores índices pluviométricos da região, devido as condições impostas pela geologia e geomorfologia local da vertente litorânea da Serra do Mar. As massas de ar

úmidas se encontram nessa vertente com as montanhas de florestas ombrófilas, causando o aumento de chuvas (Freitas e Santos, 2014). De um modo geral, os períodos mais secos são de abril a setembro, com médias mensais de cerca de 45 mm, e mais úmidos são de outubro a março, com médias mensais de cerca de 130 mm.

Essa característica do clima da BRM influencia nos processos de uso e ocupação do solo e nas formações vegetais. Nos períodos secos, o instrumento de manejo de solo é o fogo para a degradação da vegetação típica para a ocupação por pastagem. Tal prática reduz a biodiversidade e aumenta o déficit hídrico da região.

Histórico de ocupação e as intervenções no sistema hidrográfico

Desde meados do século XVIII, a atividade canavieira na área da bacia do rio Macabu vem transformando significativamente a paisagem, desencadeando progressivo desmatamento na região. A cana-de-açúcar foi a atividade econômica orientadora do processo de ocupação do Norte Fluminense, bem como contribuiu para a intensificação dos processos de degradação ambiental da região através dos esquemas de produção conhecidos como plantation (mão-de-obra escrava, latifúndio de monocultura e preparo do solo por queimadas) (Silva, 2006).

Já na década de 1970, em paralelo com a atividade açucareira, a exploração de petróleo na

Bacia de Campos redesenhou as perspectivas nessa região, marcando o início de sua reestruturação socioespacial (Silva, 2006). O dinamismo ocasionado pela chegada da indústria petrolífera culminou em novos processos espaciais de ocupação e uso da terra, ditando reordenamento territorial do Norte Fluminense. Foram criados municípios e a dinâmica econômica da região passou a basear-se nessa nova atividade e em outras complementares às demandas geradas pelo desenvolvimento e pelo crescimento populacional da região.

De acordo com os resultados do Projeto Olho no Verde do Instituto Estadual do Ambiente de 2018, atualmente a área da Bacia do rio Macabu é ocupada predominantemente por atividades agropecuárias (pastagem e agricultura de subsistência), as quais representam cerca de 60% da área (Figura 3). As florestas primárias e as secundárias representam cerca de 30% da bacia. As florestas primárias são caracterizadas por remanescentes da Mata Atlântica, sobreviventes dos diversos processos de degradação ambiental impostos à região ao longo dos anos, e são mais significativas no alto curso da bacia, onde apresentam-se mais preservadas. Entretanto, esses remanescentes vêm sofrendo grande pressão pela expansão da agropecuária, contribuindo para a potencialização dos problemas ambientais da região.

Figura 3. Uso e cobertura do solo na BRM. (Fonte: Projeto Olho no Verde – Instituto Estadual do Ambiente e Laboratório Espaço/UFRJ, 2018).

Os rios também sofreram expressivas intervenções para atender à crescente demanda de água para as atividades crescentes na região. A

principal delas foi a construção da barragem pela antiga Companhia de Eletricidade Fluminense (constituindo a Represa de Sodrelândia, em

Trajano de Moraes). Associado a isso, a transposição do rio Macabu para a Bacia do rio Macaé (ambos entre 1949 e 1952) e as obras de retificação pelo extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), na década de 1960, foram determinantes para a imposição de novos ajustes dos processos geomorfológicos fluviais do sistema hidrográfico.

Material e métodos

O mapeamento e classificação dos diferentes segmentos dos rios e suas tipologias foram baseadas na metodologia dos Estilos Fluviais proposta por Brierley e Fryirs (2005) e com as tipologias atualizadas a partir de Fryirs e Brierley (2017). As análises seguiram a sequência apresentada no fluxograma da Figura 4. A identificação dos Estilos Fluviais consiste em análises sobre os controles regionais e locais da

Bacia do rio Macabu. Na escala do sistema fluvial (controles regionais) foram avaliados aspectos geológicos, topográficos, hidrológicos, climáticos, morfométricos e de uso e cobertura do solo. A configuração da paisagem, nesta escala, determina as condições dentro das quais os rios são formados e operam, bem como as características do fluxo e sua conectividade (Figura 4).

Foram selecionadas três classes de índices morfométricos para a avaliação das características geométricas, de relevo e de drenagem da bacia, com base em Christofolleti (1981), Beltrame (1994), Schumm (2005) e Stevaux e Latrubesse (2017). Estes foram obtidos a partir do Modelo Digital de Elevação do projeto TOPODATA da Divisão de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, com resolução espacial de 30 metros, em ambiente SIG. Foram utilizadas imagens do Google Earth como apoio para análise dos resultados.

Figura 4. Fluxograma metodológico da pesquisa.

Os controles locais (Figura 4) são analisados a partir do (1) confinamento dos vales, onde considerou-se como confinado quando mais de 90% do canal ocorre junto à margem do vale; parcialmente confinado, quando entre 10-85% do canal ocorre junto à margem do vale; e lateralmente não confinado, quando até 10% do canal ocorre junto à margem do vale. (2) Forma em planta de toda a extensão do canal, considerando-se a sinuosidade e estabilidade do canal. (3) Unidades geomorfológicas, mapeando-se planície de

inundação, terraços fluviais e demais feições existentes dentro e fora do canal.

A Figura 5 apresenta as etapas da árvore processual para a identificação dos Estilos Fluviais proposto por Brierley e Fryirs (2005), adaptada a partir de O'Brien et al., (2019), com a análise da configuração do vale (Gilbert et al., 2016; O'Brien et al., 2019), da forma em planta do canal (Wheaton et al., 2005), das unidades geomorfológicas (Wheaton et al., 2005) e do material do leito do rio. A Biblioteca de Padrões de Relevo Municipais, de

A compartimentação do relevo possibilita a ocorrência de diferentes feições fluviais, exerce controle regional no sistema fluvial e influencia sobre um controle primário que é a configuração do

A montante na rede de drenagem do rio Macabu, os vales ocorrem “confinados” e estão associados aos compartimentos geomorfológicos escarpados, onde há alta conectividade dos canais com as suas encostas adjacentes, exercendo controle local mais rígido das encostas na configuração do vale (Figura 6).

Enquanto isso, os vales “parcialmente confinados” são expressos nos compartimentos característicos de relevos de transição, como os morros e serras isoladas (Figura 6). Nesses compartimentos da bacia, a dissecação do relevo possibilita a formação de planícies de inundação assimétricas e descontínuas, pois há controle lateral reduzido em relação aos compartimentos de serras escarpadas e maior em relação aos relevos mais planos (Figura 6).

Por sua vez, os vales de característica “lateralmente não confinado” estão associados aos compartimentos mais planos da bacia, onde a conectividade com as encostas e controle lateral são menores (Figura 6). Tal característica reduz o controle local exercido pelas encostas na rede de drenagem, possibilitando a formação de planícies de inundação extensas e contínuas e canais mais sinuosos, ressaltando-se, contudo, que grande parte dos canais nessas áreas estão retificados (Figura 6).

A análise dos parâmetros morfométricos apoiou a etapa de classificação dos diferentes segmentos dos rios e é também importante na

vale fluvial. Assim, como observado na Figura 6, a configuração espacial do relevo na Bacia do Rio Macabu determina os padrões de comportamento do vale em cada setor.

compreensão da dinâmica ambiental e das respostas do sistema fluvial a diversos eventos, principalmente a eventos climáticos (Soares et.al., 2016; Stevaux e Latrubesse, 2017). As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam os resultados obtidos para a avaliação dos parâmetros morfométricos da BRM e das sub-bacias.

A Tabela 1 apresenta as características geométricas da BRM e de suas sub-bacias, onde observa-se que apesar destas serem pequenas, apresentam grande importância no que se refere à contribuição para a manutenção do sistema fluvial do rio Macabu. O baixo fator de forma destas bacias indica que, em condições normais de precipitação, essas bacias não são susceptíveis às enchentes (Tabela 1). Além disso, pode-se constatar através desse índice que a descarga fluvial nesse sistema ocorre de forma dispersa, ou seja, a contribuição dos afluentes para os canais principais é difusa. A densidade hidrográfica da BRM com valor de 1,9 canais de primeira ordem por km² indica que, de maneira geral, a bacia possui baixa capacidade de gerar novos cursos de água. Entretanto, o mesmo não se verifica quando suas sub-bacias são avaliadas (Tabela 1). Lana et al. (2001) demonstra que valores de densidade hidrográfica superiores a 2 N/km² indicam grande capacidade de gerar novos cursos de água, o que sugere a importância dessas sub-bacias para a manutenção do sistema fluvial do rio Macabu.

Tabela 1. Características geométricas da BRM e de suas sub-bacias principais.

Parâmetros Morfométricos		Rio Macabu	Córrego Cascata	Córrego Soledade	Rio Carucango	Rio Macabuzinho	Rio Santa Catarina	Córrego Pedra Branca	Córrego Serrinha	Rio do Meio
Geometria	Área (km ²)	1.113,5	21,4	22,9	42,5	74,1	46,2	34	23,7	165,8
	Perímetro (km)	318,6	26,4	27,3	38,9	50,3	43,2	39	28,3	105,5
	Comprimento do eixo da bacia (km)	94,1	5,7	9,2	13,3	16,5	13,7	8,7	7,7	27,8
	Fator de forma	0,1	0,7	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,2
	Densidade hidrográfica (N/km ²)	1,9	2,5	2,5	2,6	1,6	2,1	2,7	3,3	1,7

A Tabela 2 apresenta as características do relevo da BRM e de suas sub-bacias. O sistema fluvial do rio Macabu apresenta altitude máxima de 1.840 metros, referente ao pico da Serra de Macabu, e altitude mínima de 1 metro,

representada pela foz do rio Macabu e do rio do Meio (Tabela 2). As amplitudes altimétricas mais altas estão a montante da bacia, nas porções das serras escarpadas e locais, e as mais baixas a jusante, na baixada litorânea, onde há

predominância de colinas e planícies fluviais. Assim, escoamento superficial é mais rápido na porção oeste da bacia e perde a velocidade ao passo

que o sistema avança para sua foz, o que é reforçado pelos índices de gradiente de canais e relação de relevo (Tabela 2)

Tabela 2. Características do relevo da BRM e de suas sub-bacias principais.

Parâmetros Morfométricos		Rio Macabu	Córrego Cascata	Córrego Soledade	Rio Carucango	Rio Macabuzinho	Rio Santa Catarina	Córrego Pedra Branca	Córrego Serrinha	Rio do Meio
Relevo	Altitude máxima (m)	1.840	1.500	1.350	1.340	930	930	590	330	120
	Altitude mínima (m)	1	540	410	70	22	18	20	6	1
	Amplitude altimétrica (m)	1.839	960	940	1.270	908	912	570	324	119
	Gradiente dos canais (m/km ²)	12,9	187,5	102,3	121,8	52,8	52,8	51,3	31,4	3,6
	Relação de relevo (m/km ²)	12,9	120,0	71,2	115,5	51,6	51,8	49,6	30,9	3,6

O gradiente de canais e a relação do relevo demonstram a declividade dos cursos de água e, assim como no que se refere ao escoamento superficial, o sistema fluvial do rio Macabu apresenta canais com declividades mais elevadas nas zonas escarpadas, constituídas nessa análise pelas sub-bacias do córrego da Cascata, do córrego Soledade e do rio Carucango, localizadas na porção central da bacia (Tabela 2). Assim, nessas áreas, os canais percorrem vales estreitos e expressivamente encaixados na paisagem, com desníveis e declividades acentuadas, contribuindo para maior dissecação de relevo e para os processos de produção e transporte de sedimentos.

A Figura 7 apresenta o mapa de declividade da BRM, baseado na proposição da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de 2012, o qual corrobora os resultados dos parâmetros acima.

As classes de declividade características de zonas de domínio de planícies e de colinas correspondem a cerca de 52% da área total da bacia, enquanto as zonas mais montanhosas e escarpadas representam cerca de 48% da área total. A porção central da bacia é marcada por declividades superiores 75% (37 graus), dessa forma, é a zona que concentra os canais com maior potencial erosivo, de transporte de sedimentos e de descarga fluvial.

Figura 7. Mapa de declividade da Bacia do rio Macabu.

Na Tabela 3 encontram-se as características da rede de drenagem da BRM e de suas principais sub-bacias. A densidade de drenagem indica o grau de dissecação topográfica realizada pela ação fluvial e demonstra o tempo necessário para o escoamento superficial deixar a bacia. As bacias do rio Macabu, do rio Macabuzinho e do rio do Meio possuem densidade de drenagem alta. Enquanto isso, as demais bacias possuem densidade de drenagem muito altas, indicando que o escoamento superficial e a dissecação do relevo nesse sistema fluvial são elevados (Tabela 3). É importante salientar que a densidade de drenagem é relacionada aos processos climáticos da região, os quais impactam no fornecimento e no transporte de sedimentos e/ou indicam o nível de manipulação antrópica na bacia (Santos et al., 2012; Reis et al., 2017).

A qualidade da rede de drenagem também é avaliada pelo coeficiente de manutenção. Os

resultados apresentados na Tabela 3 indicam que são necessários cerca de 317 m² para manter 1 metro de curso fluvial perene, ou seja, cada metro linear de canal necessita de 317 m² para ser preservado. Considerando que nos períodos mais úmidos, de outubro a março, há mais condições para o escoamento do que para a infiltração, o uso e cobertura da bacia impactam na capacidade de produção de água, influenciando na manutenção dos cursos fluviais perenes.

A extensão média do escoamento superficial demonstra que a bacia do rio Macabu possui boa capacidade de dissecação e de produção de novos cursos de água. Os valores da Tabela 3 sugerem que o escoamento superficial ocorre em rampas de extensão média de até 189 m, favorecendo os processos erosivos, de produção de sedimentos e o aumento da incisão dos canais.

Tabela 3. Características da rede de drenagem da BRM e de suas sub-bacias principais.

Parâmetros Morfométricos		Rio Macabu	Córrego Cascata	Córrego Soledade	Rio Carucango	Rio Macabuzinho	Rio Santa Catarina	Córrego Pedra Branca	Córrego Serrinha	Rio do Meio
Rede de Drenagem	Comprimento do canal principal (km)	143	8	13,2	11	17,6	17,6	11,5	10,5	33,3
	Densidade de drenagem (km/km ²)	2,7	3,4	3,5	3,2	2,7	3,2	3,7	3,9	2,7
	Coeficiente de manutenção (m)	377,4	293,4	289,2	313,1	369,9	313,8	272,8	253,5	376,9
	Extensão do escoamento superficial (m)	189	147	145	157	185	157	136	127	188
	Ordem da bacia	6 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a
	Nº de canais de 1ª ordem	2.060	54	57	109	122	98	91	78	274
	Nº de canais de 2ª ordem	486	13	13	19	25	28	25	17	63
	Nº de canais de 3ª ordem	115	3	2	3	9	6	7	6	14
	Nº de canais de 4ª ordem	28	1	1	2	2	1	1	2	1
	Nº de canais de 5ª ordem	11	1	1	1	1	1	1	1	1
	Nº de canais de 6ª ordem	1	0	0	0	0	0	0	0	0

O elevado número de canais de primeira ordem da Bacia do rio Macabu (2.060 canais) indica que a bacia tende a possuir baixa capacidade de produção hídrica (Tabela 3). Esse fato somado às diversas modificações e pressões as quais a bacia

foi e é imposta demonstra a necessidade de medidas cautelosas para garantir a segurança hídrica da região, que já é muito comprometida.

Tabela 4. Atributos dos Estilos Fluviais na Bacia do rio Macabu. As setas em cor verde, vermelho e amarelo correspondem à capacidade de ajuste alto, baixo e médio dos canais, respectivamente.

Estilo Fluvial	Elevação (m)	Canal (m)	Relevo	Forma em Planta	Unidades Geomorfológicas	Material do Leito	Comportamento
1	1.570 a 1.350	3	Escarpas	N.a	Degraus Blocos rochosos	Leito rochoso, matacões, cascalho e areia	Capacidade ajuste lateral: Conect. encosta, estabilidade, transporte e produção de sedimentos:
2	1.350 a 1.080	5,4	Escarpas e Morros	N.a	Terraços fluviais Afloramento do substrato rochoso Degraus rochosos Corredeiras Cascatas	Leito rochoso, matacões, cascalho, seixos e areia	Capacidade ajuste lateral: Estabilidade e heterogeneidade geomorfológica:
3	1.080 a 670	11,2	Serras Locais	N.a	Alvéolos T.F Afloramento do substrato rochoso Degraus rochosos Corredeiras Lençóis de areia Ilhas vegetadas	Leito rochoso e arenoso com matacões e bloc. roch.	Capacidade ajuste lateral: Conect. encostas e transporte de sedimentos:
4	660 a 360	9,5	Serras Locais	Canal único, sinuos. com poucos ajustes laterais	Cascatas Blocos rochosos Lençóis de areia Barras lateral, central e de pontal Ilhas vegetadas	Leito rochoso e arenoso	Capacidade ajuste lateral: Transferência, produção e acúmulo de sedimentos:
5	40 a 18	18	Morros e colinas	Canal único, alta sinuosidade, lateral. instável	Barras de pontal e central Lençóis arenosos P.I contínua Paleocanais	Areia	Liberdade lateral, potencial de acúmulo sedimentos: Conect. encostas:
6	18 a 0	35	Planície flúvio-marinha	Canal único, retificado, estab. later. imposta	P.I contínua Barras laterais e longitudinais Paleocanais Pântanos	Areia	Conect. encostas: Estab. later., transporte sedimento e potencial acúmulo de sedimentos:
7	50 a 18	12	Planície fluvial	Canal único, alta sinuosidade, lateral. estável	Planície contínua Barras de pontal Terraços fluviais Lençóis arenosos	Areia	Conect. encostas: Potencial acúmulo de sedimentos, incisão vertical e dissecação do relevo:
8	20 a 0	N.a	Colinas e planícies fluviais	Sem canal	Pântanos	Lama e areia	Dissipação do fluxo água e sedimentos: Acúmulo de materiais suspensos e de carga:

(1 - EF-VC cabeceira íngreme; 2 - EF-VC margem controlada pelo substrato rochoso; 3 - EF-VC margem controlada pelo substrato rochoso, planícies ocasionais; 4 - EF-VPC margem controlada pelo substrato

rochoso, planícies descontínuas, leito arenoso e/ou rochoso; 5 - EF-VLNC canal contínuo, meandrante, leito arenoso; 6 - EF-VLNC canal contínuo, canalizado; 7 - EF-VPC margem controlada pela forma em planta, leito arenoso; 8 - EF-VLNC canal contínuo, vale preenchido; P.I = planície de inundação; T.F = terraço fluvial)

O Estilo Fluvial Vale Confinado, cabeceira íngreme (*EF-VC cabeceira íngreme*) foi identificado nas áreas de nascentes em trechos montanhosos e escarpados com a declividade superior a 45% (24 graus), onde o gradiente de canais e a relação de relevo são elevados (Figuras 8A e B). Caracterizado por leito rochoso, formando cascatas e degraus rochosos, e vales estreitos, esse estilo possui baixa capacidade de ajuste lateral, alta capacidade de produção e transporte de sedimentos e sua tendência é o ajuste vertical, representado pela incisão (Figura 8C e Tabela 4). Em eventos extremos de chuva, esse estilo tende a ter alto potencial erosivo, uma vez que sua configuração de vale dificulta a dissipação de energia. Esses trechos são os mais preservados da bacia, predominando as florestas primárias, remanescentes da Mata Atlântica na bacia.

O Estilo Fluvial Vale Confinado, margem controlada pelo substrato rochoso (*EF-VC margem controlada pelo substrato rochoso*) é observado nos domínios de relevo de morros e serras escarpadas e locais, onde a geomorfologia impõe forte controle na configuração do vale (Figuras 8A e B). Nesses relevos ocorrem vales encaixados e vertentes retilíneas a côncavas, com um rígido controle lateral exercido pela encosta, que ao longo de quase toda extensão desse estilo, encontra-se conectada com o canal (Figuras 8C). Verificam-se terraços fluviais em alguns trechos, formando alvéolos. Além disso, os processos erosivos são predominantes nesses trechos. Sua forma em planta é marcada por um canal único e sinuoso com alta estabilidade lateral devido ao controle exercido pelo substrato rochoso, como ocorre também no EF-VC cabeceira íngreme (Tabela 4). Nesse Estilo Fluvial são observados degraus rochosos com plano de falhas, corredeiras em leito rochoso e grande ocorrência de depósito de tálus nas encostas adjacentes (Tabela 4).

No trecho com a mesma classificação anterior, porém mais a jusante no rio Macabu, o controle estrutural pela margem é mais rigoroso, uma vez que o rio se desenvolve em compartimento característico das Serras Escarpadas, com vales estreitos e encaixados em vertentes de declividade acentuada (Figura 8A). Nesse sentido, os processos erosivos nas margens do canal são muito intensos. No EF-VC margem controlada pelo substrato rochoso há predominância do uso do solo para a

agricultura de subsistência, verificando-se a ocorrência de áreas destinadas para a silvicultura.

O Estilo Fluvial Vale Confinado, margem controlada pelo substrato rochoso, planícies ocasionais (*EF-VC margem controlada pelo substrato rochoso, planícies ocasionais*) é localizado no relevo típico de serras isoladas e locais, onde a variação altimétrica vai de 200 a 400 metros de altitude (Figuras 8A e B, Tabela 4). No que tange as características das encostas e a configuração do vale, esse Estilo Fluvial se assemelha muito ao EF-VC margem controlada pelo substrato rochoso (Figura 8C). Porém, nesse Estilo Fluvial se verifica um grau mais avançado de dissecação de relevo, ocorrendo alvéolos fluviais frequentemente ao longo do trecho, caracterizados por terraços fluviais. Nesse sentido, o ajuste lateral nesse Estilo Fluvial é consideravelmente maior, se comparado aos anteriores, sendo possível verificar a formação de ilhas vegetadas, alternadas com blocos rochosos e corredeiras em um leito cascalhento e arenoso (Tabela 4). Assim como no Estilo Fluvial anterior, verifica-se o uso do solo para a agricultura de subsistência e a ocorrência de áreas destinadas para a silvicultura, porém esta última é menos intensa.

Esses Estilos Fluviais anteriores ocorrem antes do represamento do rio Macabu (Figuras 8A e B), após a represa se verifica maior diversidade nas tipologias fluviais. De um modo geral, nos Estilos Fluviais identificados abaixo predomina o uso do solo para a pastagem.

A primeira tipologia verificada após a represa é o Estilo Fluvial Vale Parcialmente Confinado, margem controlada pelo substrato rochoso, planícies descontínuas, leito arenoso e/ou rochoso (*EF-VPC margem controlada pelo substrato rochoso, planícies descontínuas, leito arenoso e/ou rochoso*), o que é localizado na porção caracterizada pelas serras locais e isoladas do relevo da BRM (Figuras 8A e B). São observadas vertentes côncavas, assim como nos Estilos Fluviais anteriores, porém, a relação com o vale ocorre de forma diferente, uma vez que é verificada planície fluvial assimétrica e descontínua, possibilitando maior ajuste lateral do canal que, nesse trecho, apresenta sinuosidade mais elevada (Tabela 4). Além disso, no canal são observadas feições geomorfológicas deposicionais, tais quais barras de pontal e ilhas vegetadas, que se intercalam com blocos rochosos (Tabela 4). Dessa

forma, o leito se alterna ao longo do trecho, hora se observa leito rochoso, com a presença de blocos e pequenas quedas de água, hora se observa leito arenoso, com a formação de barras e maior sinuosidade do canal.

É preciso destacar que EF-VPC margem controlada pelo substrato rochoso, planícies descontínuas, leito arenoso e/ou rochoso sofre forte impacto do represamento do rio Macabu. Seus 4 quilômetros iniciais são caracterizados por uma lâmina d'água praticamente inexpressiva e com o fluxo muito lento. Tal trecho é mantido pelos cursos de primeira ordem que, durante períodos de chuva, garantem minimamente a manutenção hídrica do trecho.

Entrando na superfície típica de aplainamento das baixadas litorâneas, verifica-se o Estilo Fluvial Vale Lateralmente Não Confinado, canal contínuo, meandrante, leito arenoso (*EF-VLNC canal contínuo, meandrante, leito arenoso*) (Figura 8A). Esse Estilo Fluvial está encaixado em relevo mais plano, com altitude média de cerca de 20 metros, onde prevalecem os processos de sedimentação fluvial e a conectividade com as encostas e o controle lateral são menores (Figuras 8B e C). Tal característica reduz o controle local exercido pelas encostas na rede de drenagem, possibilitando a formação de planícies de inundação extensas e contínuas e canais mais sinuosos. Sua forma em planta é caracterizada por um canal contínuo, único, meandrante e de alta capacidade de ajuste lateral, dada pela ausência de controles estruturais na margem. No canal de leito arenoso são observadas sequências de barras de pontal (Tabela 4).

Esse Estilo Fluvial foi modificado ao longo dos anos em diversos trechos para o aumento das áreas úteis para a plantação e pecuária. Nesse sentido observada uma tipologia fluvial que é resultado da alteração antropológica dos canais fluviais: o Estilo Fluvial Vale Lateralmente Não Confinado, canal contínuo, canalizado (*EF-VLNC canal contínuo, canalizado*) (Figuras 8A e B). Assim como a tipologia descrita anteriormente, seu controle lateral e sua conectividade com as encostas adjacentes também são baixos, com a ocorrência de amplas e extensas planícies (Figura 8C). São observadas algumas barras laterais e longitudinais que são frequentemente retiradas por processos de dragagem (Tabela 4). Sua forma em planta, entretanto, é caracterizada por um canal contínuo, único e de baixa sinuosidade devido a sua retificação na década de 1960 pelo DNOS.

Nos afluentes do rio Macabu são observadas duas tipologias que não ocorrem no canal principal. A primeira é o Estilo Fluvial Vale

Parcialmente Confinado, margem controlada pela forma em planta, leito arenoso (*EF-VPC margem controlada pela forma em planta, leito arenoso*) (Figura 8A e B), localizado nas planícies fluviais e nas zonas colinosa, onde a variação altimétrica não supera 100 metros (Figuras 8B e C, Tabela 4). Há controle lateral exercido pelas colinas, porém esse não ocorre de maneira rígida, o que permite um elevado grau ajuste lateral do canal e sugere que a dinâmica dos processos fluviais está condicionada pela forma em planta do canal. Por sua vez, a forma em planta é caracterizada por canal único, sinuoso, contínuo, com a presença de barras laterais, longitudinais e ilhas arenosas (Tabela 4).

A segunda tipologia ocorre nos relevos suaves ondulados e pelas planícies flúvio-marinhas, onde verifica-se o entulhamento e o preenchimento dos canais fluviais. Um fator importante nesse preenchimento é o corte que as estradas impõem nos cursos de água, uma vez que, de uma forma geral, os canais entulhados identificados se localizam à montante desses cortes. Esse é o Estilo Fluvial Vale Lateralmente Não Confinado, canal contínuo, vale preenchido (*EF-VLNC canal contínuo, vale preenchido*) identificados no rio do Meio e nos córregos Pedra Branca e Serrinha (Figura 8A e B). Essa tipologia se forma em fundo de vales lateralmente não confinados, nos quais os canais se encontram preenchidos de sedimentos, formando pântanos descontínuos os quais acumulam sedimento em suspensão (Figuras 8C, Tabela 4). Essa tipologia fluvial é rica em matéria orgânica, propiciando a manutenção do fluxo base em épocas de seca (Marçal et al., 2017; Brierley et al., 2019).

As relações dos Estilos Fluviais da BRM no contexto das Bacias Hidrográficas Fluminenses

A metodologia dos Estilos Fluviais foi aplicada às Bacias do Rio Macaé (Marçal et. al., 2017) e do Rio São João (Santos, 2019), localizadas na região norte do estado do Rio de Janeiro, visando organizar informações dos processos fluviais a serem aplicados à gestão hídrica. A exemplo do que foi observado na BRM, oito Estilos Fluviais foram identificados para estas duas outras bacias hidrográficas, e que seguem a mesma distribuição de tipologias dos canais, de montante para jusante.

Nas áreas de transição do relevo para as áreas mais baixas, com ocorrência das planícies fluviais, têm-se os segmentos de canal denominados Estilos Fluviais *EF-VLNC canal contínuo, meandrante, leito arenoso*. Nestas bacias

hidrográficas mencionadas, esta tipologia fluvial foi fortemente alterada por obras de retificação realizadas pelo extinto DNOS, entre as décadas de 1940 e 1980. As alterações desses canais impuseram novas dinâmicas nos processos dos canais fluviais e, com isso, passaram a corresponder a uma nova tipologia com comportamentos e ajustes nos processos fluviais.

Pode-se destacar outras semelhanças de comportamento e distribuição dos Estilos Fluviais nas bacias mencionadas, mas, certamente, estas intervenções realizadas nos canais fluviais têm papel relevante na trajetória de evolução dos processos fluviais, sobretudo em relação ao comportamento e ajustes dos canais, em cada um dos sistemas fluviais.

Deve-se destacar que a ocorrência de fatores ambientais, naturais ou antrópicos, à cada um dos sistemas fluviais pode ser, também, determinante na compreensão dos ajustes impostos aos processos fluviais.

A classificação de rios através da metodologia dos Estilos Fluviais nas bacias hidrográficas fluminense, tem contribuído para estudos que se relacionam a vários outros aspectos sobre o comportamento da dinâmica fluvial, sobretudo na identificação de padrões de comportamento dos processos fluviais em ambiente tropical úmido.

Conclusões

Ao longo dos anos, o sistema do rio Macabu sofreu com a degradação ambiental imposta pelas diversas ressignificações do espaço para atender demandas econômicas da história do Norte Fluminense.

A modificação na bacia mais significativa do ponto de vista da manutenção hídrica se configura na construção da Represa de Sodrelândia e na transposição das águas do Macabu para a Bacia do rio Macaé. Essa intervenção, além das demais existentes na bacia, impõe uma trajetória de ajustes dos processos fluviais que se refletem de forma diferenciada nos diferentes Estilos Fluviais identificados na bacia. No entanto, chama atenção a partir da análise do primeiro segmento do rio Macabu, após a sua barragem, no denominado *Estilo Fluvial Vale Parcialmente Confinado, margem controlada pelo substrato rochoso, planícies descontínuas, leito arenoso e/ou rochoso*, a fragilidade hídrica do trecho e a dependência do rio Macabu de seus dois primeiros afluentes, os Córregos Cascata e Soledade. As sub-bacias desses afluentes apresentam elevada densidade de drenagem, o que implica em boa qualidade na rede

de drenagem e em boa descarga hídrica, influenciando fortemente nos processos de manutenção da bacia. Nesse sentido, ações de preservação dessas sub-bacias, como por exemplo a implementação de unidades de conservação, é indispensável para a garantia da segurança hídrica no sistema do rio Macabu.

Enquanto isso, a modificação mais relevante do ponto de vista dos processos fluviais de transporte e produção de sedimentos é representada pela canalização em vários trechos dos rios na bacia, configurando o *Estilo Fluvial Vale Lateralmente Não Confinado, canal contínuo, canalizado*. Assim como se observa na experiência de outros trabalhos do grupo de pesquisa GEOMORFOS/UFRJ, como na bacia do rio Macaé, esse tipo de intervenção configura-se em mudança de estilo fluvial, que por sua vez refletem nas alterações da dinâmica dos processos fluviais, não apenas localmente, mas em todo o sistema fluvial.

Ainda, é preciso considerar o impacto das pastagens à jusante da bacia e do carreamento de agrotóxicos das plantações mais a montante. A pastagem, intensiva no baixo curso, contribui expressivamente para os processos de degradação ambiental, diminuindo a conectividade ecológica na bacia e potencializando os processos erosivos nas encostas e nas margens dos canais fluviais, dada a retirada de cobertura vegetal e o próprio impacto a longo prazo do peso dos animais.

Outro fator relevante no que tange os ajustes verificados na bacia devido às pressões antrópicas é a ocorrência do *Estilo Fluvial Vale Lateralmente Não Confinado, canal contínuo, vale preenchido*. Evidentemente, os amplos fundos de vale são os “facilitadores” no processo de formação de pântanos devido a dissipação do fluxo de água e sedimentos nesses ambientes, porém os cortes de estrada se mostram significantes do ponto de vista da evolução dessas feições, uma vez que propiciam o acúmulo de materiais suspensos e de carga.

A identificação das diferentes tipologias fluviais cumpriu importante papel na identificação da diversidade e complexidade existente na bacia do rio Macabu. De um modo geral, a bacia do rio Macabu se configura como um ambiente múltiplo e complexo, com muitas problemáticas relacionadas aos seus usos e modificações. Os resultados da pesquisa representam parte dos subsídios necessários para uma gestão eficiente e eficaz e para a tomada de decisão.

Agradecimentos

À Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP) e ao Comitê Baixo Paraíba do Sul e

Itabapoana pelo financiamento da pesquisa com recursos da cobrança pelo uso da água.

Referências

- ANA. Agência Nacional das Águas, 2019. Séries Históricas de Estações. Disponível: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas> Acesso: 4 out. 2019.
- Ashmore, P., 2015. Towards a sociogeomorphology of rivers. *Geomorphology* 251, 149-156. DOI: 10.1016/j.geomorph.2015.02.020
- Bastos, J., Napoleão, P., 2011. O estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro, 1 ed. INEA – Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Beltrame, A. V., 1994. Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação, 1 ed. Editora da UFSC, Florianópolis.
- Brierley, G. J., Fryirs, K. A., 2005. *Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework*, 1 ed. Blackwell Publishing, Oxford. DOI: 10.1002/9780470751367
- Brierley, G. J., Fryirs, K. A., Marçal, M. S., Lima, R. N. S., 2019. The use of the river styles framework as a tool to ‘work with nature’ in managing rivers in Brazil: examples from the macaé catchment. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 20 (4), 751-771. DOI: 10.20502/rbg.v20i4.1559
- Dantas, M. E., 2016. Biblioteca de padrões de relevo: carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Disponível: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16589>. Acesso: 13 jul. 2018.
- Davis, W.M., 1899. The Geographical Cycle. *The Geographical Journal* 14, 481-504.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2012. Variação geográfica do tamanho dos módulos fiscais no Brasil. Sete Lagoas.
- Freitas, L. N., Santos, K. P., 2014. Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio Macabu. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego* 8 (2), 101-126. DOI: 10.19180/2177-4560.v8n214-07
- Fryirs, K. A., Brierley, G. J., 2017. *The River Styles short course workbook: Brazil*, September 2017, 1 ed. Macquarie University, Sidney.
- Fryirs, K. A., Brierley, G. J., Marçal, M., Peixoto, M. N., Lima, R., 2019. Learning, Doing and Professional Development – The River Styles Framework as a Tool to Support the Development of Coherent and Strategic Approaches for Land and Water Management in Brazil. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 20 (4), 773-794. DOI: 10.20502/rbg.v20i4.1560.
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Censo Demográfico: Resultados do universo - Agregados por setores censitários. Rio de Janeiro.
- Galay, V.J., Kellerhals, R., Bray, D.I., 1973. Diversity of river types in Canada - In: *Fluvial Process and Sedimentation. Proceedings of Hydrology Symposium*, 217-250.
- Gilbert, J. T., Macfarlane, W. W., Wheaton, J. M., 2016. The Valley Bottom Extraction Tool (V-BET): A GIS tool for delineating valley bottoms across entire drainage networks. *Computers & Geosciences* 97, 1-14. DOI: 10.1016/j.cageo.2016.07.014
- Heilbron, M.; Eirado, L. G.; Almeida, J., 2016. Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Rio de Janeiro. Disponível: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/18458?show=full>. Acesso: 12 jul. 2018.
- INEA. Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro, 2018. Projeto Olho Verde. Rio de Janeiro.
- Kellerhals, R., Church, M., Bray, D. I., 1976. Classification and Analysis of river processes. *Journal of Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers* 102, 813-829.
- Kondolf, G. M., Piegay, H., 2016. Tools in Fluvial geomorphology: problem Statement and Recent practice – In: *Tools in Fluvial geomorphology*. 2 ed. John Wiley & Sons, Nova Jersey. DOI: 10.1002/9781118648551.ch1
- Lana, C. E., Alves, J. M. P., Castro, P. T., 2001. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - BRASIL. *REM: Revista Escola de Minas* 54 (2), 121-126. DOI: 10.1590/S0370-44672001000200008
- Lave, R., Wilson, M. W., Barron, E. S., 2019. Intervenção: Geografia Física Crítica. *Espaço Aberto Aberto, PPGG – UFRJ [Online]* 9, 77-94 DOI: 10.36403/espacoaberto.2019.25397
- Leite, A. F., 2019. Estruturas hidráulicas, gestão dos recursos hídricos e desastres relacionados à água na região do baixo rio Paraíba do Sul (estado do Rio de Janeiro): Uma análise fundamentada no desastre deflagrado pela inundação de 2007. *Ambientes – Revista de Geografia e Ecologia Política* 1, 146-190.

- Leopold, L. B., Wolman, M. G., Miller, J. P., 1964. *Fluvial Process in Geomorphology*, 1 ed. Freeman and Co, São Francisco.
- Marçal, M. S., Brierley, G., Lima, R., 2017. Using geomorphic understanding of catchment-scale process relationships to support the management of river futures: Macaé basin, Brazil. *Applied Geography* 84, 23-41. DOI: 10.1016/j.apgeog.2017.04.00
- Marçal, M. S., Lima, R. N. S., 2016. Abordagens conceituais contemporâneas na Geomorfologia Fluvial. *Espaço Aberto*, PPGG – UFRJ 6, 17-33. DOI: 10.36403/espacoaberto.2016.5236
- Mollard, J. D., 1973. Air photo interpretation of fluvial features - In: *Fluvial and Sedimentation*. Research Council of Canada, 314-380.
- Mould, S. A., Fryirs, K. A. & Howitt, R., 2018. Practicing sociogeomorphology: relationships and dialogue in river research and management. *Society & Natural Resources* 31, 106-120. DOI: 10.1080/08941920.2017.1382627
- O'Brien, G. R., Wheaton, J. M., Fryirs, K., Macfarlane, W. W., Brierley, G., Whitehead, K., Gilbert, J., and Volk, C., 2019. Mapping valley bottom confinement at the network scale. *Earth Surface Processes and Landforms* 44 (9), 1828– 1845. DOI: 10.1002/esp.4615
- Piegay, H., 2016. System approaches in fluvial geomorphology – In: *Tools in Fluvial geomorphology*, 2 ed. John Wiley & Sons, Nova Jersey. DOI: 10.1002/9781118648551.ch1
- Reis, V. S., Alves, M. V., Miro, J. M. R., 2017. Caracterização morfométrica e dinâmica hídrica na bacia do rio Guaxindiba, São Francisco de Itabapoana/RJ. XVII Simpósio de Geografia Física Aplicada [Online] 1. Disponível: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1838>. Acesso: 13 jun. 2018.
- Rinaldi, M., Gurnell A. M., González D. T., Bussetini, M., Hendriks, D., 2016. Classification and characterization of river morphology and hydrology to support management and restoration. *Aquatic Sciences* 78, 1-16. DOI: 10.1007/s00027-015-0438-z.
- Santos, R. C., 2019. *Geomorfologia Fluvial do Rio São João (RJ): Processos, Ajustes e Mudanças*. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Santos, A. M.; Targa, M. S.; Batista, G. T.; Dias, N. W., 2012. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água [Online]* 7. Disponível: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.945>. Acesso: 8 jul. 2018.
- Schumm, S. A., 2005. *River Variability and Complexity*, 1 ed. Cambridge University Press, Cambridge. DOI: 10.1017/CBO9781139165440
- Silva, L. C., 2006. Reconfiguração do Norte Fluminense a partir dos anos 70: a chegada do petróleo e suas consequências na dinâmica de crescimento regional. *Revista Plurais* 1 (2), 160-178. ISSN: 2238-3751
- Soares, L. S., Lopes, W. G. R., Castro, A. C. L., Araújo, G. M. C., 2016. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. *Revista do Departamento de Geografia – USP* 31, 82-100. DOI: 10.11606/rdg.v31i0.107715
- Soffiati, A., 2009. Redução do impacto das cheias pelo manejo das águas na planície flúvio- marinha do Norte Fluminense. *Agenda Social – PPGPS/UENF [Online]* 3. Disponível: http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/Agenda_Social_6859_1259057811.pdf. Acesso: 1 jun. 2018
- Stevaux, J. C., Latrubesse, E. M., 2017. *Geomorfologia Fluvial*, 1 ed; Oficina dos Textos, São Paulo.
- Wheaton, J. M., Fryirs, K. A., Brierley, G., Bangen, S. G., Bouwes, N., O'Brien, G., 2015. Geomorphic mapping and taxonomy of fluvial landforms. *Geomorphology* 248, 273-295. DOI: 10.1016/j.geomorph.2015.07.010