



A TAXA DE DESASSOREAMENTO DO RIO TIETÊ NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO COMO GEOINDICADOR DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA: RESULTADOS PRELIMINARES A PARTIR DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-GEOMORFOLÓGICA

Daniele Beatriz da Silva¹
Cleide Rodrigues²

RESUMO

Com a intensificação do aporte de sedimentos ao longo do leito do rio Tietê, decorrente do conjunto de modificações na dinâmica hídrica das bacias urbanizadas de seu entorno, ao longo de intervalos centenários e decadais, os serviços de desassoreamento tornam-se imprescindíveis para a manutenção dos fluxos nos canais artificiais, alargados e aprofundados para comportar esses volumes. Sob essa ótica, dimensionar os efeitos diretos e indiretos da produção do espaço urbano nesses sistemas, comparando-os às taxas naturais, torna-se essencial, uma vez que a avaliação das variáveis antrópicas em jogo permite estabelecer conexões entre os agentes sociais mais ativos e responsáveis por essas mudanças, colaborando para o ordenamento territorial e ambiental. Considerando a importância e a necessidade de estudos nesses contextos, a pesquisa objetiva avaliar as fontes de informação para a análise da taxa de desassoreamento como um geoindicador processo do próprio assoreamento e, por meio desse geoindicador, colaborar para a compreensão da ação antrópica nos sistemas hidrogeomorfológicos do meio tropical úmido, estimando a magnitude dos efeitos ao compará-la às taxas naturais de desenvolvimento de sistemas meândricos de ordem equivalente. Para esse propósito, a condução da pesquisa baseia-se na linha de investigação da antropogeomorfologia, que reconhece a atividade humana como uma intervenção significativa no meio físico e modificadora dos processos geomorfológicos, aliada aos procedimentos típicos da abordagem histórica em geomorfologia, os quais envolvem as etapas de: (a) levantamento de fontes de informação; (b) sondagem de acervos; (c) pesquisa de natureza arquivística; (d) acondicionamento e montagem de arquivos; e (e) avaliação da documentação. Como parte dos resultados preliminares desta pesquisa, destacam-se o resgate e a sistematização de fontes de informação históricas das últimas duas décadas, para o monitoramento e a reconstituição dos balanços de sedimentação e erosão fluvial, intensificados pela ação antrópica, em um trecho (*reach*) específico do canal do Tietê que se estende da Barragem da Penha (São Paulo, SP) até a Barragem de Edgard de Souza (Santana de Parnaíba, SP), na Região Metropolitana de São Paulo. Essa linha de estudo também colabora para o dimensionamento do grau de artificialidade que o sistema atingiu na perspectiva geomorfológica.

Palavras-chave: Antropoceno, Rios urbanos, Assoreamento, Geoindicadores.

¹ Graduanda do Curso de Geografia da Universidade de São Paulo - USP, danielesilva@usp.br;

² Professora orientadora: Geógrafa, Universidade de São Paulo - USP, cleidrig@usp.br



INTRODUÇÃO

Com transformações iniciadas no início do século 19, o rio Tietê, um canal originalmente meandrante, teve sua morfologia modificada e suas planícies fluviais ocupadas, cedendo espaço às intervenções urbanas que compõem hoje a paisagem metropolitana de São Paulo. No momento em que o município ultrapassou os dez milhões de habitantes, aumentaram os problemas decorrentes dessas intervenções, sobretudo aqueles relacionados às políticas de ordenamento territorial e ambiental de longo prazo, que acabaram por privilegiar determinados agentes sociais envolvidos na produção do espaço (Rodrigues, 2015).

Dentre as diversas intervenções realizadas nesses sistemas fluviais, destacam-se as obras de retificação e aprofundamento do leito do rio, iniciadas na década de 1940 e perdurando até 2005, com o objetivo de controlar as enchentes e permitir a expansão urbana sobre as áreas da planície fluvial meândrica. No entanto, as inundações e enchentes não apenas persistiram, como também tornaram-se mais frequentes, pois as modificações ao longo do rio em suas bacias hidrográficas foram tão intensas que toda sua dinâmica hídrica foi afetada, como os processos erosivos e sedimentares de suas planícies. Dentre outros geoindicadores, as taxas desses processos de sedimentação e erosão nas planícies, podem ser identificadas e avaliadas por meio da abordagem histórica em geomorfologia revelando a sua magnitude. Com a urbanização há um aumento da entrada de sedimentos nos canais, mesmo esses tendo sua seção transversal ampliada e sua declividade aumentada artificialmente. Em decorrência disso, há décadas, impõe-se a necessidade da realização de constantes desassoreamentos para a continuidade de uma morfologia do canal eficiente para sua função de escoamento. Esse processo de desassoreamento constante, se reconhecido e quantificado, pode ajudar a revelar a magnitude das transformações geomorfológicas que processos de urbanização brasileiros têm imposto aos seus rios e planícies.

Estudos como os de Luz (2014), Moroz-Caccia (2011), Moroz-Caccia e Rodrigues (2017) e Rodrigues et al. (2019), sobre outros rios da mesma bacia, chamam à atenção para o fato de que a expansão urbana nesses sistemas fluviais provocou mudanças na permeabilidade do terreno, além da exposição de solo e sedimentos, o que



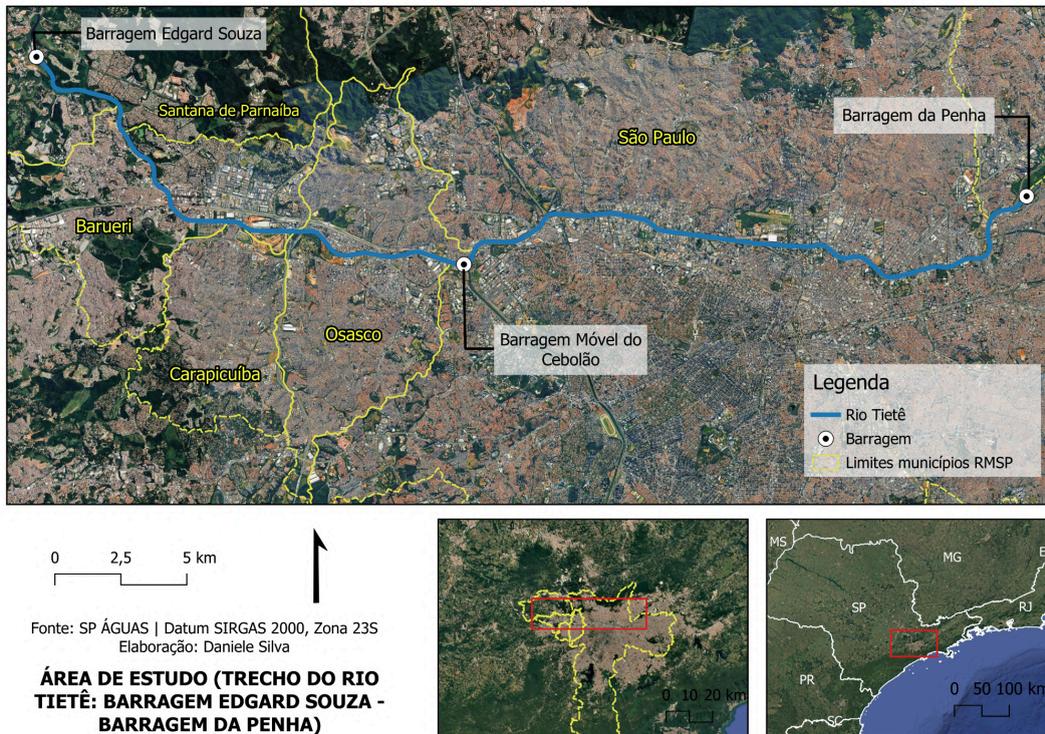
resultou em alterações significativas e contribuiu para o aumento no volume de assoreamento desses canais.

Considerando a importância e a necessidade de estudos nesses contextos, o presente estudo visa colaborar com a proposta metodológica sistematizada por meio do quadro de geoindicadores (Rodrigues, 2004; Rodrigues, 2010) e contribuir para o avanço da metodologia de avaliação dos impactos da ação antrópica nos sistemas hidrogeomorfológicos do meio tropical úmido. De modo específico, busca-se incorporar, de maneira inédita, as taxas de assoreamento, obtidas e estimadas por meio do levantamento de seu oposto, o desassoreamento, como um novo geoindicador.

Para aplicar e validar essa abordagem, vem sendo realizado um estudo de caso na Bacia do Alto Tietê, com o recorte temporal dos últimos 20 anos (2004 - 2024), no trecho que corresponde desde a Barragem da Penha, localizada no município de São Paulo (SP), até a Barragem de Edgard de Souza, em Santana de Parnaíba (SP) (Figura 1). A escolha desse trecho se deu não apenas à sua relevância na região metropolitana, como também em função da acessibilidade a fontes de informações padronizadas referentes às décadas citadas, além de ser um trecho representativo das planícies meândricas mais amplas e transformadas na região metropolitana, com inúmeras obras de retificação, aumento da seção transversal, aterros, dentre outras.

O trecho abrange geomorfologicamente o Planalto Paulistano/Alto Tietê, o Planalto de São Paulo e a Planície Fluvial do Rio Tietê, e geologicamente está inserido na Bacia Sedimentar de São Paulo, considerada como uma das unidades integrantes do denominado *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini *et al*, 2004), unidade tectônica de idade Cenozóica. Segundo Riccomini *et al* (2004) essa Bacia apresenta quatro formações litológicas, com distribuição irregular, dentre elas a Formação Resende, caracterizada por apresentar fácies de leques aluviais com lamitos e conglomerados e a Formação São Paulo, aflorante ao longo do espigão central do interflúvio Tietê-Pinheiros. A litoestigrafia dessa Formação seria caracterizada por depósitos do sistema fluvial meandrante, e constituída por duas litofácies: uma com arenitos grossos conglomeráticos com granodecrescência ascendente para siltitos e argilitos e outra, por arenitos de granulação média a grossa com granodecrescência ascendente para sedimentos arenosos e siltitos e argilitos com idade oligocênica.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autoras.

METODOLOGIA

A condução do estudo baseia-se nos procedimentos típicos da abordagem histórica em geomorfologia, presente em Carvalho (2006), Luz (2014), Luz e Rodrigues (2013), Moroz-Caccia e Rodrigues (2017), Rodrigues (2015), Rodrigues et al. (2019), Rodrigues et al. (2024), os quais envolvem as seguintes etapas:

- Levantamento de fontes de informação: esta etapa envolveu a avaliação da viabilidade da pesquisa por meio da investigação de órgãos com potencial para fornecer dados. Entre as instituições avaliadas, destacou-se o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), atual SP ÁGUAS, gestor dos recursos hídricos do Estado de São Paulo e responsável pelos serviços de desassoreamento. Foram realizadas visitas e reuniões com pessoas-chave da instituição para verificar a existência e a disponibilidade de dados sobre os volumes desassoreados no trecho estudado.
- Sondagem de acervos: foi realizada a avaliação dos dados fornecidos e da possibilidade de sua utilização para os fins do estudo. Nessa fase, também foi



- possível verificar a necessidade de obtenção de documentos complementares, caso fossem identificadas lacunas nos dados necessários.
- c) Pesquisa de natureza arquivística: consistiu na leitura, análise e interpretação dos dados, com ênfase nos relatórios técnicos, cuja natureza ligada à engenharia exigiu atenção redobrada, pois informações sobre formas, processos e materiais, centrais na análise geomorfológica, encontram-se muitas vezes fragmentadas e dispersas nesses arquivos.
 - d) Acondicionamento e montagem de arquivos: os dados foram organizados e categorizados em tabelas para facilitar a análise. Os relatórios técnicos do DAEE, produzidos mensalmente, forneceram dados sobre volumes e investimentos em desassoreamento. Também foram tabulados os volumes escavados durante a obra de rebaixamento do canal, os quais possibilitaram a complementação das informações referentes ao período analisado.
 - e) Avaliação da documentação: essa etapa foi essencial para o desenvolvimento metodológico que incorporou a taxa de desassoreamento como geoindicador de processos hidrogeomorfológicos. Nela também foi testada a aplicabilidade desse indicador inédito no trecho analisado.

REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo concentra-se especificamente na perspectiva analítica da antropogeomorfologia, subcampo da geomorfologia que reconhece a atividade humana como ação geomorfológica. Essa abordagem propõe uma visão sistêmica, permitindo compreender como a ação antrópica influencia e modifica os atributos das formas e propriedades dos materiais, bem como as taxas, balanços, magnitude, frequência e localização dos processos superficiais (Rodrigues, 2004). Seu processo de sistematização, contou com uma série de autores pioneiros dessa linha de investigação, como Thomas (1956), Nir (1983), Goudie (1986), entre outros. Nesse sentido, considerar a variável antrópica nos sistemas contribui significativamente para o diagnóstico, o planejamento e a gestão de áreas urbanas atualmente ocupadas em decorrência da expansão urbana, e que vêm enfrentando desafios relacionados à degradação ambiental e às intervenções humanas (Douglas, 1983).



A relação entre as condições geomorfológicas e os desafios decorrentes do processo de produção do espaço urbano tem sido discutida por diversos autores, com destaque para os trabalhos pioneiros de Ab'Saber (1957) e Douglas (1983), por exemplo, que abordam os impactos da expansão urbana sobre os sistemas naturais. No contexto mais recente, a sistematização de métricas para a compreensão dessas modificações no Antropoceno, sistematizada por Rodrigues (1997 e 2004), oferece bases teórico-metodológicas relevantes para a avaliação dos efeitos e impactos da urbanização no meio tropical úmido.

Nesse sentido, os geoindicadores se apresentam como instrumentos fundamentais para a mensuração das modificações provocadas pela ação antrópica nos sistemas hidrogeomorfológicos, onde os processos naturais são modificados pelas atividades humanas. Considerando os múltiplos agentes envolvidos na formação da paisagem, com destaque para o homem enquanto agente geomorfológico capaz de modificar vetores, taxas e balanços dos processos, gerando direta ou indiretamente novas morfologias (Rodrigues, 2005), essas correlações permitem a produção de instrumentos técnicos de planejamento urbano (Rodrigues, 2004).

Além disso, o estudo baseia-se em autores clássicos da Geomorfologia Fluvial, como Leopold & Maddock (1953) e Leopold & Miller (1956), que discutem o uso, avaliação, intervenção e conservação dos sistemas fluviais, buscando compreender o funcionamento desses sistemas, entendidos como dinâmicos e modeladores do relevo, cuja interação entre processos e fluxos contribui para a manutenção e evolução da paisagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento inicial de fontes históricas foi conduzido junto ao antigo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), atual SP ÁGUAS, órgão responsável pela manutenção dos rios do estado de São Paulo. As atividades incluíram entrevistas com pessoas-chave da instituição, consulta ao acervo documental disponível e trabalho de campo

Ao todo, foram investigados 24 documentos, categorizados no Quadro 1, que se mostraram uma fonte promissora para a construção do geoindicador proposto e sua aplicação na área de estudo. Entre os documentos consultados, destacam-se estudos



preliminares sobre as atividades de desassoreamento, estudos sedimentológicos do trecho do canal, contratos dos serviços de desassoreamento, relatórios com os volumes desassoreados e relatórios ambientais de acompanhamento da última obra de aprofundamento e alargamento do canal do Tietê durante o anos de 2002 e 2005.

Quadro 1 - Síntese do levantamento de documentos investigados no DAEE

Grupo	(01) Relatório técnico	(02) Relatório ambiental	(03) Contrato de serviços de desassoreamento	(04) Estudos preliminares	(05) Projeto
Total	7	10	3	3	1

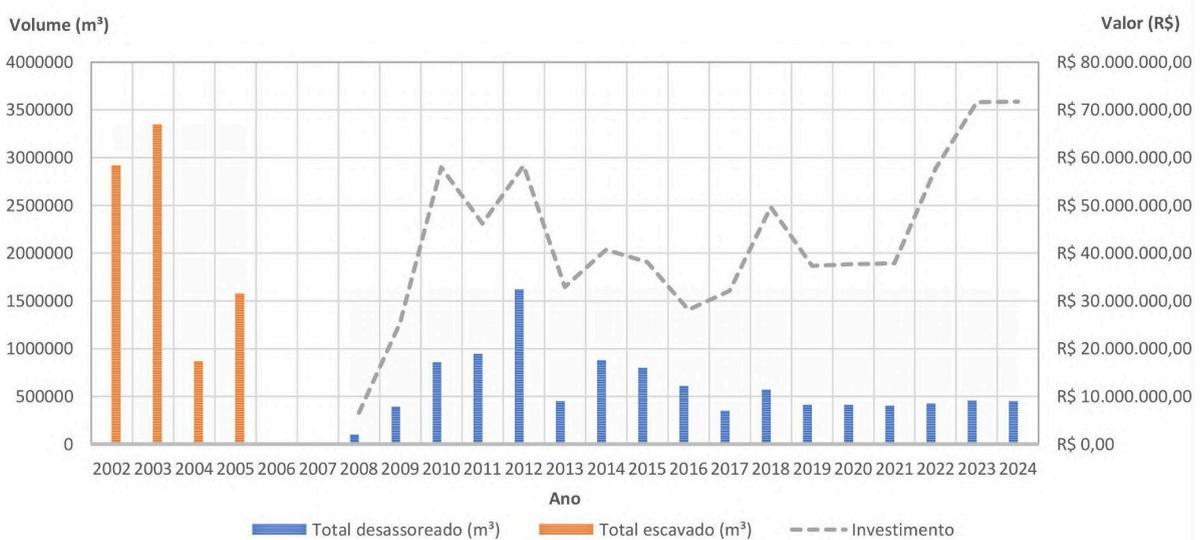
Elaboração: Autoras.

Dois grupos principais de documentos foram utilizados para a reconstituição dos volumes de sedimentos depositados no canal para o recorte temporal proposto (2004 - 2024): os relatórios dos volumes desassoreados (01) e os relatórios ambientais referentes à última obra realizada no canal (02). No caso do grupo 01, verificou-se que a série histórica disponível abrange o período de 2008 a 2024, sendo que entre 2008 e 2010 os trabalhos de desassoreamento foram realizados de forma pontual, enquanto a partir de 2011 passaram a ser contínuos até o presente momento. Os serviços de manutenção do canal são terceirizados, contratados por meio de licitação e fiscalizados pelo DAEE, e fornecem medições precisas dos volumes de sedimentos removidos. Antes disso, os desassoreamentos eram feitos pontualmente pelo próprio DAEE, com equipamentos próprios, sem sistematização dos registros. Assim, para suprir a lacuna de dados anteriores a 2008, foram utilizados os relatórios ambientais das obras (grupo 02), que fornecem os volumes escavados durante a última intervenção no canal, realizada no início dos anos 2000. Embora esses valores incluam tanto as escavações do leito quanto os volumes desassoreados, eles representam um importante indicador a respeito das intervenções diretas que ocorreu nesse trecho do canal (Gráfico 1).

A sistematização dos dados obtidos a partir desses documentos permitiu reconstituir a evolução da sedimentação no trecho, tomando como referência a intervenção ocorrida entre 2002 e 2005, quando foram removidos 8.713.464,32 m³ de sedimentos do leito. Nos anos de 2006 e 2007, não houve serviços de remoção no canal. A partir de 2008, os trabalhos foram iniciados de forma pontual e, a partir de 2011, passaram a ser realizados de forma contínua. Entre 2008 e 2024, foram removidos aproximadamente 10 milhões de m³ de sedimentos, com custos que somam 729 milhões

de reais. A série histórica, como representado no Gráfico 1, mostra oscilações nos volumes removidos nos anos iniciais, com um pico seguido de estabilização nos últimos cinco anos, além de variações nos valores investidos anualmente, com destaque para 2023 e 2024, quando os custos ultrapassaram 71 milhões de reais por ano. A continuidade das ações ao longo de mais de 15 anos, com volumes elevados e investimentos crescentes, evidencia um sistema que se tornou estruturalmente dependente de manutenção intensiva devido às modificações nos balanços dos processos geomorfológicos originais da bacia.

Gráfico 1 - Síntese dos volumes escavados do leito X volumes desassoreados X investimentos



Fonte: Autoras.

Como desdobramento futuro, a pesquisa está na etapa de desenvolvimento de um caminho metodológico, com base na revisão da literatura, para reconstituir o estágio de pré-perturbação do canal e compreender os processos de avulsão do rio Tietê, a fim de que seja possível comparar as taxas atuais de assoreamento com a dinâmica original dos processos erosivos e deposicionais do sistema, ampliando, desse modo, a compreensão das ações antrópicas que ocorreram ao longo do tempo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo procurou contribuir para o avanço dos métodos e técnicas voltados à compreensão das modificações provocadas pela sequência de intervenções antrópicas no sistema fluvial do Tietê, a partir da abordagem histórico-geomorfológica, ao explorar instrumentos de acesso a dados sobre o canal, muitas vezes ocultos em fontes pouco exploradas. A análise documental permitiu reconstituir, de forma inédita, os balanços e



padrões de deposição, com base nos registros de remoção de sedimentos ao longo do trecho canalizado do rio.

Embora frequentemente consideradas fontes secundárias na geomorfologia, esses documentos revelaram-se de grande relevância, pois contém informações sobre formas, processos e materiais, que são temas centrais da análise geomorfológica.

Nesse sentido, sua sistematização mostrou-se fundamental para quantificar os impactos da ação antrópica sobre esse sistema fluvial, atualmente dependente de serviços contínuos de manutenção, com custos milionários acumulados em menos de duas décadas. Esses gastos configuram um ônus permanente para o poder público, que poderia ser inexistente caso o rio tivesse sido preservado em suas condições geomorfológicas originais.

Palavras-chave: Antropoceno, Rios urbanos, Assoreamento, Geoindicadores.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1957.

CARVALHO, Deborah Luciana Ribeiro de. **Indicadores geomorfológicos de mudanças ambientais no sistema fluvial do Alto Tietê (município de São Paulo): pesquisa documental**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

DOUGLAS, I. *The Urban Environment*. London: Edward Arnold. 229 p, 1983.

GOUDIE, A.S. **The human impact on the natural environment: past, present, and future**. West Sussex: Wiley-Blackwell, 410 p., 1986.

GOUVEIA, I.C.Moroz Caccia. **Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da geomorfologia antropogênica na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí, na região metropolitana de São Paulo**. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GOUVEIA, I.C.Moroz-Caccia; RODRIGUES, C. **Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí – RMSP**. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), São Paulo, v. 21, n. 1, p. 257–283, 2017.

LEOPOLD, L.B.; MADDOCK, T. **The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications**. United States Geological Survey, Prof. Paper, n. 252, 56 p., 1953.



LEOPOLD, L.B.; MILLER, J.P. *Ephemeral streams: hydraulic factors and their relation to the drainage network*. US Geological Survey, 1956.

LUZ, Rodolfo Alves da. **Mudanças geomorfológicas na planície fluvial do rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do processo de urbanização**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

LUZ, R.A. da; RODRIGUES, C. **Reconstituição geomorfológica de planícies fluviais urbanizadas: o caso do rio Pinheiros, São Paulo-SP**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, n. 1, 2014.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalem, Ketem Pub. House.1983.

RICCOMINI, C; SANT'ANNA, L.G; FERRARI, A.L. **Evolução geológica do rift continental do sudeste do Brasil**. In: *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, 2004.

RODRIGUES, C. **Geomorfologia aplicada: avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros**. 1997. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

RODRIGUES, C. **A urbanização da metrópole sob a perspectiva da geomorfologia**. In: CARLOS, A.F.; OLIVEIRA, A.U. *Geografias de São Paulo*. São Paulo: Contexto, v. 1, p. 89–114, 2004.

RODRIGUES, C. **Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista**. *Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo (USP)*, v. 17, p. 101–111, 2005.

RODRIGUES, C. **Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidro-geomorfológicos**. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 20, p. 111–125, 2010.

RODRIGUES, C. **Atributos ambientais no ordenamento territorial urbano. O exemplo das planícies fluviais na metrópole de São Paulo**. *GEOUSP Espaço e Tempo*, v. 19, n. 2, p. 324–347, 2015.

RODRIGUES, Cleide et al. **Antropoceno e mudanças geomorfológicas: sistemas fluviais no processo centenário de urbanização de São Paulo**. *Instituto Geológico*, v. 40, n. 1, p. 105–123, 2019.

RODRIGUES, C.; LUZ, R.A. da; MOROZ CACCIA-GOUVEIA, I.C.; VENEZIANI, Y.; SIMAS, I.T.H.; CARVALHO, D. **Abordagem histórica e fontes de informação para o mapeamento geomorfológico retrospectivo de áreas urbanizadas**. *Derbyana*, v. 45, 2024.

THOMAS, W.L. **Man's role in changing the face of the Earth**. University of Chicago Press, Chicago, 1236 p., 1956.