

Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira



caliandra



ORGANIZADORES

Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Maria Carolina Villaça Gomes
Renato Fontes Guimarães
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes



CONSELHO EDITORIAL

Membros internos:

Prof. Dr. André Cabral Honor (HIS/UnB) - **Presidente**

Prof. Dr. Herivelto Pereira de Souza (FIL/UnB)

Prof^ª Dr^ª Maria Lucia Lopes da Silva (SER/UnB)

Prof. Dr. Rafael Sânzio Araújo dos Anjos (GEA/UnB)

Membros externos:

Prof^ª Dr^ª Ângela Santana do Amaral (UFPE)

Prof. Dr. Fernando Quiles García (Universidad Pablo de Olavide - Espanha)

Prof^ª Dr^ª Ilía Alvarado-Sizzo (UniversidadAutonoma de México)

Prof^ª Dr^ª Joana Maria Pedro (UFSC)

Prof^ª Dr^ª Marine Pereira (UFABC)

Prof^ª Dr^ª Paula Vidal Molina (Universidad de Chile)

Prof. Dr. Peter Dews (University of Essex - Reino Unido)

Prof. Dr. Ricardo Nogueira (UFAM)



A UnB quem faz
é a gente

Organizadores: Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Maria Carolina Villança Gomes
Renato Fontes Guimarães
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

Título: Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira

Volume: 1

Local: Brasília

Editor: Selo Caliandra

Ano: 2022

Parecerista: João Cândido André da Silva Neto

Capa: Luiz H S Cella



Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília
Heloiza Faustino dos Santos - CRB 1/1913

R454 Revisões de literatura da geomorfologia brasileira [recurso eletrônico] / organizadores Osmar Abílio de Carvalho Júnior ... [et al.]. – Brasília : Universidade de Brasília, 2022.
1057 p. : il.

Inclui bibliografia.

Modo de acesso: World Wide Web:
<<http://caliandra.ich.unb.br/>>.
ISBN 978-65-86503-85-2.

1. Geomorfologia - Brasil. I. Carvalho Júnior, Osmar Abílio de.

CDU 551.4

Lista de autores

Abner Monteiro Nunes Cordeiro
Adão Osdayan Cândido de Castro
Alberto Oliva
Alex de Carvalho
Ana Camila Silva
André Augusto Rodrigues Salgado
André Luiz Carvalho da Silva
André Paulo Ferreira da Costa
Antônio Carlos de Barros Corrêa
Antonio José Teixeira Guerra
Antônio Pereira Magalhães Junior
Antonio Rodrigues Ximenes Neto
Archimedes Perez Filho
Beatriz Abreu Machado
Breno Ribeiro Marent
Bruno Venancio da Silva
Carlos de Oliveira Bispo
Carmélia Kerolly Ramos de Oliveira
César Augusto Chicarino Varajão
Claudia Rakel Pena Pereira
Cristiano da Silva Rocha
Cristina Helena Ribeiro Augustin
Daniel Françoso de Godoy
Daniel Peifer
Danielle Lopes de Sousa Lima
Danilo Vieira dos Santos
David Hélio Miranda de Medeiros
Delano Nogueira Amaral
Dirce Maria Antunes Suertegaray
Edison Fortes
Edivando Vitor do Couto
Eduardo Souza de Moraes
Edwilson Medeiros dos Santos
Éric Andrade Rezende
Fabiana Souza Ferreira
Fábio Perdigão Vasconcelos
Fabrizio de Luiz Rosito Listo
Fabrizio do Nascimento Garritano
Felipe Gomes Rubira
Flávio Rodrigues do Nascimento
Francisco Dourado
Francisco Edmar de Sousa Silva
Francisco Leandro de Almeida Santos
Frederico de Holanda Bastos
Gisele Barbosa dos Santos
Giselle Ferreira Borges
Guilherme Borges Fernandez
Hugo Alves Soares Loureiro
Idjarrury Gomes Firmino
Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia
Jáder Onofre de Moraes
Jémison Mattos dos Santos
João Paulo de Carvalho Araújo
José Fernando Rodrigues Bezerra
Juliana Sousa Pereira
Julio Cesar Paisani
Jurandyr L. Sanches Ross
Karine Bueno Vargas
Kleython de Araújo Monteiro
Laryssa Sheydder de Oliveira Lopes
Leonardo dos Santos Pereira
Leonardo José Cordeiro Santos
Letícia Augusta Faria de Oliveira
Lidriana de Souza Pinheiro,
Lígia Padilha Novak
Luiz Fernando de Paula Barros
Manoel do Couto Fernandes
Marcel Hideyuki Fumiya,
Marcelo Martins de Moura Fé
Marcos César Pereira Santos
Maria Bonfim Casemiro
Mariana Silva Figueiredo
Marli Carina Siqueira Ribeiro
Martim de Almeida Braga Moulton
Michael Vinicius de Sordi
Mônica dos Santos Marçal
Neiva Barbalho de Moraes
Nelson Ferreira Fernandes
Nelson Vicente Lovatto Gasparetto
Oswaldo Girão da Silva
Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra
Otávio Cristiano Montanher
Paulo Cesar Rocha
Paulo de Tarso Amorim Castro
Paulo Roberto Silva Pessoa
Pedro Val
Peter Christian Hackspacher
Rafaela Soares Niemann
Raphael Nunes de Souza Lima
Roberto Marques Neto

Roberto Verdum
Rodrigo Vitor Barbosa Sousa
Rubson Pinheiro Maia
Sandra Baptista da Cunha
Sarah Lawall
Sérgio Cadena de Vasconcelos
Sérgio Murilo Santos de Araújo
Silvio Carlos Rodrigues
Silvio Roberto de Oliveira Filho
Simone Cardoso Ribeiro
Tania Cristina Gomes

Thais Baptista da Rocha
Thiago Gonçalves Pereira
Thiago Pereira Gonçalves
Thomaz Alvisi de Oliveira
Tulius Dias Nery
Úrsula de Azevedo Ruchkys
Vanda de Claudino-Sales
Vanessa Martins Lopes
Vinícius Borges Moreira
Vitor Hugo Rosa Biffi

PREFÁCIO

O presente livro consiste em um conjunto de revisões sobre os avanços teóricos e tecnológicos nos diversos temas da Geomorfologia. Concebido para estar em uma plataforma on-line com acesso gratuito, o livro destina-se aos cursos de graduação e pós-graduação que utilizam os conhecimentos geomorfológicos, incluindo Geografia, Geologia, Ecologia, Engenharia, Planejamento Territorial, entre outros. Para atender o escopo e o desafio imposto, a obra possui um total de 36 capítulos que congregam 111 pesquisadores das diversas regiões do Brasil, trazendo relatos relevantes de nossa paisagem e dos avanços alcançados pela Geomorfologia brasileira. Os capítulos do livro estão segmentados em contextos temáticos e geográficos de estudo, incluindo: dinâmica fluvial, ambientes costeiros, evolução de vertentes, micro relevo, ambientes cársticos, geomorfologia regional, geomorfologia estrutural; mapeamento geomorfológico, patrimônio natural, mitigação de riscos naturais; interações pedo-geomorfológicas, etnogeomorfologia, modelos numéricos, novas abordagens tecnológicas em geomorfologia. Além de abranger os conceitos e o estado da arte na análise dos processos e sistemas geomorfológicos, os capítulos realizam uma visão crítica dos diversos temas abordados.

Na última década, inúmeros avanços foram alcançados com o aumento da disponibilidade de dados de monitoramento da superfície terrestre, métodos computacionais e compartilhamento de experiências. A grande quantidade de dados e métodos resulta em novos desafios de análise e processamento na busca de respostas científicas dentro de uma apreciação crítica. A concepção desse livro integra revisões e discussões sobre essas novas abordagens teóricas, instrumentais e tecnológicas que passam a ter um fator primordial para estabelecer os novos rumos da ciência geomorfológica.

Dada a magnitude continental do nosso território, não é surpreendente que a paisagem brasileira seja evidenciada e detalhada em suas peculiaridades nos textos. Portanto, vários capítulos exploram e refletem a natureza distinta da paisagem e da biota brasileira, revelando os processos naturais e as perturbações antrópicas que alteram o meio ambiente e desencadeiam processos erosivos, movimento de massa, inundações, entre outros. Nesse contexto, as pesquisas aplicadas são extremamente oportunas devido à alta demanda para solução de problemas prementes e complexo de nossos ambientes e sociedade, necessitando continuamente de alternativas, novos conceitos, perspectivas tecnológicas e inovações metodológicas. Muitos capítulos abordam revisões sobre trabalhos aplicados na investigação geomorfológica e resolução de problemas, normalmente desencadeados por perturbações humanas com consequências variadas nos diferentes sistemas.

Os editores abnegaram a oportunidade de contribuir com capítulos para garantir a imparcialidade na seleção dos textos que compõe o livro. Por fim, os editores agradecem especialmente a União de Geomorfologia Brasileira e a todos os colaboradores que contribuíram com seus conhecimentos específicos para a elaboração dessa obra abrangente e de grande relevância para o conhecimento da Geomorfologia nacional.

Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Maria Carolina Villaça Gomes
Renato Fontes Guimarães
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

SUMARIO

1. CONSIDERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS EM TORNO DA PESQUISA EM GEOMORFOLOGIA: DO PROJETO AO ARTIGO CIENTÍFICO

André Augusto Rodrigues Salgado
Alberto Oliva

----- 16

2. ARQUIVOS FLUVIAIS QUATERNÁRIOS NO INTERIOR CONTINENTAL: O CONTEXTO SERRANO DE MINAS GERAIS, BRASIL

Antônio Pereira Magalhães Junior
Luiz Fernando de Paula Barros
Alex de Carvalho
Letícia Augusta Faria de Oliveira

----- 39

3. PROCESSOS DE REORGANIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM NO BRASIL

Breno Ribeiro Marent
Éric Andrade Rezende
Michael Vinícius de Sordi
André Augusto Rodrigues Salgado

----- 76

4. AVALIAÇÃO INTEGRADA DE SISTEMAS FLUVIAIS: SUBSÍDIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE VALORES PATRIMONIAIS

Carmélia Kerolly Ramos de Oliveira
Paulo de Tarso Amorim Castro
Úrsula de Azevedo Ruchkys

----- 98

5. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E GESTÃO DE RISCO DE INUNDAÇÕES

Claudia Rakel Pena Pereira
Sandra Baptista da Cunha

----- 124

6. AJUSTAMENTO FLUVIAL À AGROPECUÁRIA, URBANIZAÇÃO E RESERVATÓRIO E ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DO IMPACTO DESSAS ATIVIDADES NOS RIOS BRASILEIROS	
Eduardo Souza de Morais Otávio Cristiano Montanher	
-----	143
7. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DO BRASIL ASSOCIADA AO ATUAL CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL	
Giselle Ferreira Borges Neiva Barbalho de Morais Ana Camila Silva Leonardo dos Santos Pereira Sarah Lawall	
-----	176
8. CONTROLE TECTONO-ESTRUTURAL DOS SISTEMAS DE DRENAGEM: REVISÃO LITERÁRIA E PROPOSTAS METODOLÓGICAS	
Idjarrury Gomes Firmino Karine Bueno Vargas Edison Fortes	
-----	212
9. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E GESTÃO DOS RIOS NO BRASIL	
Mônica dos Santos Marçal Adão Osdayan Cândido de Castro Raphael Nunes de Souza Lima	
-----	240
10. INUNDAÇÕES E CONCEITOS CORRELATOS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ANÁLISE COMPARATIVA.	
Rodrigo Vitor Barbosa Sousa Paulo Cesar Rocha	
-----	265
11. SISTEMAS LACUSTRES INTERIORES: AVANÇOS E TÉCNICAS DE ESTUDO	
Gisele Barbosa dos Santos Paulo de Tarso Amorim Castro	
-----	278

12. EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA DE PLANÍCIES COSTEIRAS:
DO QUATERNÁRIO AOS EVENTOS ATUAIS

Guilherme Borges Fernandez
Thais Baptista da Rocha
Silvio Roberto de Oliveira Filho
Sérgio Cadena de Vasconcelos
André Luiz Carvalho da Silva
Thiago Gonçalves Pereira
Martim de Almeida Braga Moulton

----- 308

13. MORFOLOGIA COSTEIRA EM LITORAIS URBANOS

Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra
Fábio Perdigão Vasconcelos
Cristiano da Silva Rocha
Maria Bonfim Casemiro
Danilo Vieira dos Santos
Francisco Edmar de Sousa Silva
Delano Nogueira Amaral

----- 351

14. DELTAS DOMINADOS POR ONDAS: TRAJETÓRIA CONCEITUAL,
DINÂMICA E EVOLUÇÃO A PARTIR DE EXEMPLOS DO COMPLEXO
DELTAICO DO RIO PARAÍBA DO SUL

Thaís Baptista da Rocha
Sérgio Cadena de Vasconcelos
André Paulo Ferreira da Costa
Beatriz Abreu Machado
Mariana Silva Figueiredo
Lígia Padilha Novak
Thiago Pereira Gonçalves
Guilherme Borges Fernandez

----- 381

15. REGISTROS DAS VARIAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR NO
LITORAL BRASILEIRO E AS IMPLICAÇÕES
PERANTE A MORFOGÊNESE DE SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGI-
CAS EM AMBIENTES COSTEIROS

Felipe Gomes Rubira
Archimedes Perez Filho

----- 410

16. VALES INCISOS SUBMERSOS DA PLATAFORMA
CONTINENTAL SEMIÁRIDA DO BRASIL

Antonio Rodrigues Ximenes Neto
Lidriana de Souza Pinheiro
David Hélio Miranda de Medeiros
Paulo Roberto Silva Pessoa
Jáder Onofre de Moraes

----- 445

17. GEOMORFOLOGIA EÓLICA CONTINENTAL E OS
CAMPOS DE DUNAS HOLOCÊNICAS DO PAMPA NO RIO
GRANDE DO SUL, BRASIL

Tania Cristina Gomes
Roberto Verdum

----- 471

18. EROSÃO POR VOÇOROCAS: ESTADO DA ARTE

Juliana Sousa Pereira
Silvio Carlos Rodrigues

----- 499

19. MONITORAMENTO DA EROSÃO HÍDRICA NO BRASIL:
DOS MÉTODOS MANUAIS AOS DIGITAIS

Hugo Alves Soares Loureiro
Antonio José Teixeira Guerra
José Fernando Rodrigues Bezerra
Leonardo dos Santos Pereira
Fabrizio do Nascimento Garritano

----- 526

20. MOVIMENTOS DE MASSA: ESTADO DA ARTE,
ESCALAS DE ABORDAGEM, ENSAIOS DE CAMPO E LABORATÓRIO
E DIFERENTES MODELOS DE PREVISÃO

Fabrizio de Luiz Rosito Listo
Tulius Dias Nery
Carlos de Oliveira Bispo
Fabiana Souza Ferreira
Edwilson Medeiros dos Santos

----- 560

21.	MORFOGÊNESE DE MICRORRELEVOS SIMILARES A MURUNDUS NA PAISAGEM	
	Vinícius Borges Moreira Archimedes Perez Filho	
	-----	593
22.	APLAINAMENTO NO NOROESTE DO PARANÁ: DE MODELOS POLICÍCLICO À MORFOTECTÔNICA QUATERNÁRIA	
	Marcel Hideyuki Fumiya Edivando Vitor do Couto Leonardo José Cordeiro Santos	
	-----	615
23.	GEOMORFOLOGIA DO QUATERNÁRIO E GEOARQUEOLOGIA: ASPECTOS CONCEITUAIS, METODOLÓGICOS E APLICAÇÕES NO SUL DO BRASIL	
	Vitor Hugo Rosa Biffi Marcos César Pereira Santos Julio Cesar Paisani Nelson Vicente Lovatto Gasparetto	
	-----	648
24.	TERMOCRONOLOGIA APLICADA À EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO NORDESTE SETENTRIONAL DO BRASIL: UMA BREVE REVISÃO	
	Francisco Leandro de Almeida Santos Flávio Rodrigues do Nascimento Peter Christian Hackspacher (In Memoriam) Marli Carina Siqueira Ribeiro Bruno Venancio da Silva & Daniel França de Godoy	
	-----	677
25.	A TAXONOMIA DO RELEVO E A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA REGIONAL	
	Jurandyr L. Sanches Ross Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia	
	-----	701

26.	RELEVOS GRANÍTICOS DO NORDESTE BRASILEIRO: UMA PROPOSTA TAXONÔMICA	
	Frederico de Holanda Bastos Danielle Lopes de Sousa Lima Abner Monteiro Nunes Cordeiro Rubson Pinheiro Maia	
	-----	733
27.	REVISITANDO OS MODELOS CLÁSSICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO	
	Daniel Peifer Cristina Helena Ribeiro Augustin	
	-----	759
28.	SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGICAS E MODELOS CLÁSSICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO	
	Karine Bueno Vargas Idjarrury Firmino Michael Vinicius de Sordi	
	-----	793
29.	A GEOMORFOLOGIA NOS ESTUDOS INTEGRADOS DA PAISAGEM: ENFOQUE EVOLUTIVO E DINÂMICO NA INTERPRETAÇÃO DOS SISTEMAS GEOMORFOLÓGICOS	
	Roberto Marques Neto Thomaz Alvisi de Oliveira	
	-----	813
30.	ESTADO DA ARTE DOS ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS NO NORDESTE BRASILEIRO: UMA SÍNTESE (E VÁRIAS TESES)	
	Vanda de Claudino-Sales Antonio Carlos Barros Côrrea Kleython de Araújo Monteiro Rubson Pinheiro Maia	
	-----	845
31.	AS SUPERFÍCIES DE EROSÃO DO “BRASIL ORIENTAL”	
	César Augusto Chicarino Varajão	
	-----	875

32.	ETNOGEOMORFOLOGIA - RELAÇÕES ENTRE POPULAÇÕES TRADICIONAIS E A PAISAGEM FÍSICA	
	Simone Cardoso Ribeiro Vanessa Martins Lopes Osvaldo Girão da Silva Antônio Carlos de Barros Corrêa	
	-----	886
33.	DESAFIOS E PERSPECTIVAS DAS PESQUISAS SOBRE O PATRIMÔNIO GEOMORFOLÓGICO NO BRASIL	
	Vanda de Claudino-Sales Laryssa Sheydder de Oliveira Lopes	
	-----	910
34.	USO DO LIDAR NA GEOMORFOLOGIA: APLICAÇÕES E DESAFIOS FUTUROS	
	João Paulo de Carvalho Araújo Rafaela Soares Niemann Francisco Dourado Manoel do Couto Fernandes Nelson Ferreira Fernandes	
	-----	927
35.	MODELOS NUMÉRICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO (LEMS) E SUA IMPORTÂNCIA PARA ESTUDOS DE EVOLUÇÃO DA PAISAGEM	
	Nelson F. Fernandes Daniel Peifer Pedro Val	
	-----	953
36.	SOLO HISTÓRICO DA DESERTIFICAÇÃO NO BRASIL	
	Jémison Mattos dos Santos Sérgio Murilo Santos de Araújo Dirce Maria Antunes Suertegaray	
	-----	1000

37. GEOMORFOLOGIA ESTRUTURAL:
REVISITANDO TEORIAS, MÉTODOS E ESTUDOS
DE CASO NO NORDESTE BRASILEIRO

Frederico de Holanda Bastos
Abner Monteiro Nunes Cordeiro
Marcelo Martins de Moura Fé

----- 1029

5. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E GESTÃO DE RISCO DE INUNDAÇÕES

Claudia Rakel Pena Pereira¹ & Sandra Baptista da Cunha¹

¹ Universidade Federal Fluminense; claudiarakel@id.uff.br; sandracunha51@gmail.com

Resumo: A concentração populacional nas grandes cidades e os graves problemas causados por falta de moradia adequada vêm se agravando e, hoje, processos de risco associados à dinâmica fluvial têm gerado perdas econômicas e preocupações à gestão pública. As atividades de gestão de áreas de risco necessitam ser aprimoradas e colocadas em prática pelas municipalidades, pois aí se reduz o risco no território. A aplicabilidade dos estudos geomorfológicos pode apresentar abordagens para prevenção de inundações, manutenção de rios, restauração da várzea, entre outros. A geomorfologia fluvial é essencial para entender e gerenciar rios e desenvolver estratégias para o desenvolvimento sustentável. Entre os fatores necessários para compreender o fenômeno das inundações urbanas estão as características geomorfológicas (morfologia, declive, modificações antrópicas do relevo, etc.), características da rede hidrográfica e da rede de drenagem de águas pluviais (manutenção da rede – limpeza e conservação, dimensionamento de bueiros e condutos). O Plano de Gestão de Risco de Inundações deve apresentar planos, medidas e políticas que objetivem gerenciar o risco de inundações e conduzir o desenvolvimento dos sistemas de drenagem. Os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável- SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems) planejam o controle do escoamento superficial e da qualidade da água juntos à oferta de áreas de amenidade e que permitam um contato da população com o ecossistema natural. A proposta de um plano de gestão de inundações para bacias hidrográficas tem como objetivo a realização de medidas estruturais e não estruturais, de forma que a suscetibilidade ao fenômeno reduza e, como tal, consiga diminuir o grau de vulnerabilidade que a população está exposta, diminuindo assim, as consequências do risco. Este capítulo tem como objetivo realizar uma revisão conceitual sobre a contribuição dos estudos geomorfológicos para a gestão de risco de inundações.

Palavras-Chave: Geomorfologia Fluvial, Gerenciamento de Inundações, Sistema de Drenagem Urbana Sustentável.

Abstract: Severe problems caused by poor housing policies concomitant to large cities expanding population density have been aggravating, and nowadays, risk processes associated with fluvial dynamics are implying on great economic losses and public management concerns. Risk area management activities must be improved and carried out by different city councils, diminishing any territorial risks. Geomorphological studies applicability can present several approaches for

flood prevention, rivers maintenance, floodplain restoration, among others. Fluvial geomorphology is essential in understanding and managing rivers, in addition to developing sustainable development strategies. In the group of necessary factors for urban floods phenomenon comprehension, there are geomorphological characteristics (morphology, slope, relief anthropic changes, etc.), hydrographical characteristics and rainwater drainage network (network maintenance – cleanliness and conservation, culverts and pipes dimensioning). The Flood Risk Management Plan must present plans, measures and policies aiming to manage flood risks and conducting the drainage systems development. The Sustainable Urban Drainage Systems – SUDS – plans to control runoff and water quality among amenity areas provision, allowing contact between population and its natural ecosystem. A drainage basin flood management plan proposal aims to carry out structural and non-structural measures, leading to a phenomenon susceptibility reduction and, as such, decreasing the vulnerability risk to which the population remains exposed, therefore, also decreasing any risk consequences. This chapter aims to conduct a conceptual review on geomorphological studies contribution to flood risk management.

Keywords: Fluvial Geomorphology, Flood Risk Management, Sustainable Urban Drainage Systems.

Tema: Geomorfologia Fluvial

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização das cidades brasileiras e os problemas ambientais não ocorrem igualmente nos espaços urbanos; normalmente, atingem com mais veemência espaços físicos ocupados por classes menos favorecidas economicamente, cuja distribuição espacial está associada à desvalorização do espaço (JORGE, 2011). Os problemas relacionados com as inundações e movimento de massa não são conseqüências diretas do aumento da população urbana. Refere-se à carência de políticas públicas que se articulem com esses processos naturais (CARMO; MARQUES; MIRANDA, 2012).

De acordo com Ayog *et al* (2017), as inundações são o tipo mais devastador de desastre natural que afeta vidas humanas em todo o mundo. Segundo os autores, o padrão das inundações em todos os continentes vem mudando, tornando-se mais frequentes, intensos e imprevisíveis para as comunidades locais. Para Tingsanchali (2012), os impactos correspondentes às inundações urbanas são significativos devido a fatores como alta densidade populacional, grandes áreas impermeáveis e obstrução dos sistemas de drenagem. E, conforme Carneiro e Miguez (2011):

“Nestes casos, o quadro de alagamentos é crítico, a falta de áreas livres não edificadas é marcante, nem sempre as moradias apresentam condições mínimas de habitação, a infraestrutura urbana se sobrecarrega, perdas econômicas se avolumam e o custo das intervenções corretivas cresce. Como conseqüência, o leque de medidas para o controle de cheias torna-se limitado,

tanto do ponto de vista de disponibilidade de áreas físicas adequadas como em termos de capacidade de investimento do poder público”. (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011, p 17)

Em face de frequentes inundações, é necessário melhorar a contenção e a infiltração da água da chuva em todas as bacias hidrográficas urbanas (YAMASHITA, 2015). A solução tradicional para problemas urbanos de águas pluviais, na maioria dos países, refere-se a intervenções estruturais envolvendo a instalação de drenos pluviais, canais e barragens para evitar inundações locais. No entanto, um problema geral com esta abordagem é que o aumento da velocidade do fluxo pode alterar o regime fluvial da bacia hidrográfica (ADELOYE e RUSTUM, 2011).

Cunha (2011) enfatiza que as obras de retificação têm como propósito o controle das cheias, drenagem das terras alagadas e a melhoria do canal para a navegação. Para a referida autora, estas obras causam diversos impactos, como: mudança do padrão de drenagem, redução do comprimento do canal, perda dos meandros, alteração da forma do canal, diminuição da rugosidade do leito e aumento do gradiente do canal.

O que se observa nas cidades mais atingidas são poucos investimentos, tanto em medidas estruturais (obras de infraestrutura) quanto em medidas não estruturais, (mapeamento, previsão, planejamento, soluções alternativas). Sistemas de previsão e mapeamento das áreas atingidas por inundações seriam medidas não estruturais essenciais para o planejamento dos municípios que tiveram seu desenvolvimento às margens de rios. Essas medidas auxiliariam substancialmente na amenização dos danos decorrentes das inundações (PEREIRA, 2017). Para Van Herk *et al.* (2011), é necessária uma nova abordagem que inclua respostas estruturais e não estruturais, maximizando oportunidades multifuncionais para o uso da terra.

A Geomorfologia Fluvial interessa-se pelo estudo dos rios e das bacias hidrográficas, apresentando-se, atualmente, entre os campos mais dinâmicos da ciência geomorfológica (CUNHA, 2001). Conforme Cunha (1998), a geomorfologia fluvial compreende o estudo dos cursos d'água que se detém nos processos fluviais e nas formas resultantes do escoamento das águas; e o das bacias hidrográficas, que considera fatores condicionantes do regime hidrológico suas principais características. As contribuições geomorfológicas têm adotado uma perspectiva temporal para as mudanças do fluxo e da carga sedimentar bem como de elementos que interferem na dinâmica e funcionamento do sistema fluvial, como obras de engenharia.

Segundo Poser e Dransh (2010), a gestão de desastres é um processo que inclui atividades antes, durante e depois de um evento de risco que visa prevenir desastres, reduzindo seus impactos e recuperando-se de suas perdas. Para Miguez e Magalhães (2010), o Plano Diretor de Gerenciamento de Inundações “deve consistir em estratégias, medidas e políticas relacionadas entre si, que se destinam a gerenciar o risco de inundações e direcionar o desenvolvimento de sistemas de drenagem”.

Pompêo (2000) afirma que os projetos de drenagem urbana elaborados convencionalmente se apresentam “tecnicamente” corretos; no entanto, propendem a

perder sua eficiência rapidamente, pois não resolvem o alto crescimento da necessidade urbana por infraestrutura na proporção em que a cidade cresce, demandando investimentos cada vez mais custosos para permitir a continuação do funcionamento do sistema de drenagem. Essa situação agrava-se pela não existência ou não cumprimento dos planos de desenvolvimento urbano. Dessa maneira, tanto os projetos de drenagem urbana quanto o controle das enchentes, basicamente, resumem-se a ações emergenciais que atuam pontualmente após a ocorrência dos desastres.

Os sistemas de drenagem de águas superficiais segundo os valores da sustentabilidade são chamados de sistemas de drenagem sustentável. Segundo Woods-Ballard *et al.* (2007), o Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (*Sustainable Drainage Urban Systems – SUDS*) baseia-se em uma estrutura sustentável, ou seja, todos os gastos ambientais relacionados aos fatores socioeconômicos devem ser considerados nos processos e nas tomadas de decisões.

O aumento das inundações em áreas urbanas pode ser conferido nas modificações antrópicas, relacionadas especialmente com a desordenada urbanização, desmatamento e ocupação de áreas de risco. Para compreender as causas e os resultados dos impactos das inundações, além de planejar, investir e executar medidas que a minimizem, é necessário identificar os sistemas nos quais estes eventos ocorrem.

Desse modo, saber conviver com as inundações através da prevenção/mitigação dos seus impactos adversos é um princípio que deveria ser adotado pela sociedade civil e órgãos públicos através da integração de um planejamento urbano/ambiental com a gestão de risco de inundações. Portanto, este capítulo tem como objetivo realizar uma revisão conceitual sobre a contribuição dos estudos geomorfológicos para a gestão de risco de inundações.

2. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL

Segundo Christofletti (1980), a Geomorfologia Fluvial “dedica-se à análise dos processos e das formas relacionadas com o escoamento dos rios”. Na qual a função dos rios é o escoamento fluvial, que integra o ciclo hidrológico alimentado pelo escoamento das águas superficiais e contribuição das águas subterrâneas. Para Jorge e Uehara (1998), o escoamento superficial (ou deflúvio) é a parte que condiz à água precipitada que permanece na superfície do terreno, sujeita à ação da gravidade.

Os desastres mais frequentes ocorridos no Brasil nos últimos anos foram as inundações, que estão associadas, principalmente, à utilização intensiva do solo pelo homem (ocupando a planície de inundação), sem a preocupação de equilibrar a expansão urbana com a conservação ambiental. O efeito decorrente das inundações ocorre quando a população se estabelece no leito maior do rio, sujeito à inundação. As inundações ampliam sua frequência e magnitude em razão da ocupação e impermeabilização do solo e rede de condutos de escoamentos.

Segundo Botelho (2011), as inundações são fenômenos naturais que ocorrem nas áreas de baixos cursos dos rios. São controladas pelo volume e distribuição das águas

das chuvas, pelo tipo e densidade de cobertura vegetal, tipo de solo, substrato geológico, especificidades do relevo e a geometria do canal fluvial. Tais fatores influenciam na distribuição, periodicidade e intensidade das inundações em uma bacia hidrográfica. No entanto, o sistema hidrológico em áreas urbanizadas apresenta algumas especificidades, como por exemplo, a ocupação intensa e desordenada das margens dos rios (impermeabilizando o solo) e a inadequação dos sistemas de drenagem urbana.

Crabtree (1998 *apud* GUERRA e MARÇAL, 2006) ressalta a importância do conhecimento geomorfológico, no que diz respeito à dinâmica das bacias hidrográficas. Destacando o fato de que na gestão dos rios urbanos, o controle da poluição e do assoreamento se torna muito mais eficiente quando se tem uma política integrada – tendo a bacia hidrográfica como uma unidade de gestão, considerando as características geomorfológicas, hidrológicas e os processos bioquímicos que atuam nas bacias hidrográficas tanto naturais quanto urbanas.

Perante as intervenções antrópicas nos sistemas hidrográficos urbanos, é necessário que se tenham novas visões e medidas que garantam o melhor funcionamento das bacias hidrográficas urbanas; devem-se criar mecanismos alternativos que possam converter o processo hidrológico de infiltração, ampliando e modificando o tempo de chegada das águas ao final de cada sistema hidrográfico.

Desse modo, os estudos voltados à dinâmica fluvial estão relacionados à Geomorfologia Fluvial. De acordo com Arnaud-Fassetta *et al.* (2009), a Geomorfologia Fluvial contribui para a análise de risco, enfatizando os riscos hidrometeorológicos e os impactos do uso da terra e hidráulico, mudanças de gerenciamento nas planícies de inundação e nas encostas. Para Brunsden (1996), a abordagem geomorfológica ajuda a compreender os fatores do sistema físico que influenciam na suscetibilidade de tais sistemas, que pode ser determinada como a probabilidade de ocorrência de um dado evento geomorfológico, determinado pela capacidade de formação, magnitude-frequência e expressões espaciais.

A geomorfologia fluvial é uma ciência de síntese na interface entre as geociências, geografia e engenharia aplicada (Kondolf e Piégay, 2003). Ela fornece conhecimento em outros campos como ecologia, química, hidrologia, ciências humanas e ambientais, e permite que o sistema fluvial seja estudado em todas as dimensões temporais, do canal à planície de inundação, das nascentes à foz dos rios (Brierley e Fryirs, 2005). Dessa maneira, a Geomorfologia fluvial tornou-se essencial para a nossa capacidade de quantificar o impacto dos efeitos hidrometeorológicos.

3. GESTÃO DE RISCO DE INUNDAÇÕES

De acordo com o Perfil dos Municípios Brasileiros (Munic), dos 5.570 municípios brasileiros, 59,4% não possuíam documentos de planejamento e gerenciamento de risco, em 2017. Somente 25% tinham Plano Diretor considerando prevenção de enchentes e enxurradas e 23 % afirmaram ter Lei de Uso e Ocupação do Solo prevendo essas situações. A pesquisa indica que as áreas mais afetadas são as urbanas, por causa das

construções de habitações, rodovias e outras obras que intervêm na drenagem da água das chuvas e nos processos erosivos (IBGE, 2018).

Conforme Pompêo (2000), as inundações que ocorrem em áreas urbanizadas devem-se aos mais diversificados fatores, entre eles: o descomedido parcelamento do solo, impermeabilização de grandes superfícies, ocupação de áreas ribeirinhas tais como várzeas, fechamento de canalizações por detritos e sedimentos e obras de drenagem impróprias. O autor salienta que a expansão urbana deve ocorrer de forma planejada. Contudo, não se pode desconsiderar que a expansão urbana e os fatores mencionados anteriormente são antes conduzidos por questões sociais que os precedem.

Nascimento *et al.* (1997) afirmam que um planejamento muito voltado em medidas estruturais para amenizar os impactos das cheias, acaba esquecendo as restrições financeiras que irão impedir a execução de obras previstas. Ademais, a atividade social modela o espaço em circunstâncias nas quais se tornam escassos os recursos e as novas soluções desde então se tornam mais difíceis. Este tipo de planejamento não leva em consideração que a ausência de soluções integradas entre os sistemas urbanos e naturais torna-se um fator significativo para ocorrência de inundações frequentes. Dessa forma, é necessário desenvolver soluções alternativas para diminuir o alcance dos danos das inundações como: conservar a vegetação, regulamentar uso e ocupação do solo e zonedar áreas inundáveis, sistema de previsão e alerta de inundação, sistema de drenagem sustentável, educação ambiental direcionada ao controle da poluição difusa e dos resíduos sólidos.

A gestão integrada de bacias hidrográficas urbanas aplica-se sobre dois planos: setoriais e territoriais. O primeiro tem a finalidade de associar diferentes usos, enquanto o segundo objetiva-se em dividir horizontalmente distintas jurisdições sobre o território. A gestão integrada das bacias urbanizadas compreende, no plano setorial, além dos usos múltiplos dos recursos (abastecimento público, esgotamento sanitário, drenagem pluvial, industrial etc.), a precisão de articular-se com setores não usuários dos recursos como gestão municipal, habitação e transporte urbano. No plano institucional referente aos sistemas nacional e estadual dos recursos hídricos, procura-se identificar elementos de integração setorial e territorial compatíveis com as concepções institucionais (SILVA e PORTO, 2003). Ou seja, na perspectiva territorial busca-se a cooperação intergovernamental, considerando as três unidades básicas da Federação brasileira, a União, os Estados e os municípios. Já do ponto de vista da integração setorial, busca-se a cooperação interinstitucional, que permita uma efetividade do conjunto das funções públicas.

Na figura 1, observa-se a integração dos diferentes sistemas de águas urbanas, identificando os componentes na busca de uma solução integrada para estes aspectos.

Assim, a gestão integrada de águas urbanas diminui os gastos relacionados com a água em, por exemplo, inundações. Uma cidade sustentável incorpora os cursos d'água à paisagem urbana, preservando suas margens, restabelecendo o quanto possível a retenção natural, conservando as áreas de inundação ainda existentes.



Figura 1. Gestão integrada de águas urbanas. Fonte: Adaptado de Tucci (2003).

3.1. Inundações

Na pesquisa sobre Desastres Naturais na América Latina e Caribe, sistematizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), consta que, desde o ano de 2000, as inundações são o tipo de desastre mais comum na região. Os prejuízos causados por danos em 12 enchentes na região entre 2000 e 2019 foram estimados em 1 bilhão de dólares. O Brasil está entre os 15 países com maior população exposta ao risco de inundação de rios no mundo: foram registrados 70 desastres entre os anos de 2000 e 2019, afetando 70 milhões de pessoas (OCHA, 2020).

De acordo com a *Pesquisa de Informações Municipais* (MUNIC) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), constatou-se que 40,9% dos municípios brasileiros sofreram no mínimo um desastre natural entre 2008 e 2013. 1.543 municípios sofreram inundações graduais, com 8.942 casos registrados, e 1.574 municípios foram atingidos por inundações bruscas, com 13.244 ocorrências. A pesquisa revela que as inundações graduais deixaram 1.406.713 pessoas desabrigadas ou desalojadas, enquanto as inundações bruscas desabrigaram ou desalojaram 777.546 pessoas. O resultado apresenta que 48% das prefeituras não tinham instrumentos pré-definidos para enfrentar essas ocorrências (IBGE, 2014).

A inundação é um fenômeno natural; entretanto, seus efeitos podem ser maximizados por ações do homem. Chow (1956) conceitua inundação como fenômenos hidrológicos extremos, de frequência variável, natural ou por ação antrópica, que corresponde na submersão de áreas frequentemente emersas. Para Leopold (1994) “inundação pode ser definida como ocorrência de uma vazão de tal magnitude que ultrapassa as margens naturais ou artificiais em trecho do canal do rio”. Conforme Kron (2002), a partir do transbordamento, acontecem vários tipos de inundações; as mais normais são as inundações costeiras, graduais e bruscas. A primeira está relacionada ao local característico, ou seja, zona costeira, enquanto as últimas duas estão relacionadas à velocidade do próprio fenômeno e podem ocorrer em qualquer lugar.

Na definição da *National Disaster Education Coalition* – NDEC (2004), agência criada pelo governo dos Estados Unidos, *flood* são inundações que decorrem nas planícies de inundação, quando ocorre precipitação por vários dias, forte chuva em um curto tempo ou um acúmulo de gelo ou de restos, fazendo com que um rio ou um córrego transborde e inunde a área circunvizinha. As inundações bruscas ou enxurradas (em inglês *flash flood*) são aquelas que acontecem subitamente, com pouco tempo de alarme ou alerta para o lugar de ocorrência.

O aumento das inundações em áreas urbanas pode ser atribuído às alterações antrópicas, relacionadas principalmente com desordenada urbanização, desarborização e ocupação de áreas de risco. Para entender as causas e os efeitos das inundações, além de planejar, investir e executar medidas que o minimizem, é fundamental descrever os sistemas onde estes eventos ocorrem. As inundações ocorrem da seguinte forma, segundo Tucci (1999):

- em áreas ribeirinhas: “os rios, em geral, possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoar na maioria do tempo e o leito maior, que é inundado em média a cada 2 anos”. Existe ainda, o excepcional e o da vazante. A implicação causada pela inundação ocorre quando a população se estabelece no leito maior do rio, ficando submetida à inundação.
- inundações devido à urbanização: as inundações ampliam a sua frequência e magnitude devido à ocupação e impermeabilização do solo e rede de condutos de escoamentos. A urbanização também pode gerar obstruções ao escoamento através de aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento acompanhado a condutos e assoreamento.

Dessa maneira, as inundações em áreas ribeirinhas são decorrentes de um processo natural, e os danos acontecem, sobretudo, devido à ocupação da planície de inundação em período de estiagem. Em áreas urbanas, as inundações ocorrem, principalmente, pela projeção falha de drenagem nas cidades, e pela impermeabilização das superfícies que causam o aumento do escoamento superficial, em detrimento do escoamento subterrâneo. Tucci (2005) afirma que as inundações ampliadas pela urbanização geralmente ocorrem em bacias pequenas, ou seja, de alguns quilômetros quadrados. Diferentemente das grandes bacias, pois o efeito da combinação de drenagem dos vários canais de

macro drenagem, que são influenciados pela distribuição temporal e espacial das precipitações máximas.

De acordo com Jha *et al.* (2013), os impactos das inundações em áreas urbanas também são diferentes devido à tradicional alta concentração populacional e ativos no meio urbano. O que torna o dano mais intenso e mais dispendioso, uma vez que a exposição é maior. Assentamentos urbanos também contêm os principais atributos econômicos e sociais e bases de ativos de qualquer população nacional, de modo que a inundação urbana frequentemente traz sérias consequências para a sociedade. Ainda, segundo os autores, os impactos diretos causados pela inundação representam o maior risco à vida e propriedade. Os efeitos indiretos, em paralelo, aparecem apenas em um futuro distante – como doenças, oportunidades de educação e nutrição reduzidas, perda de subsistência, dentre outros. A princípio, tais impactos podem ser difíceis de identificar – e ainda mais difíceis de serem corretamente quantificados e avaliados.

3.2. Gestão de Risco de Inundações

Para Gouldby e Samuels (2005), o desafio da “prevenção” de inundações é fornecer um nível aceitável de proteção através da instalação de infraestrutura física em conjunto com alternativas e meios de redução de risco. Segundo Ahmad e Simonovic (2006), o gerenciamento de risco de inundações é compreendido em três etapas: planejamento antes da inundação, gerenciamento de emergência e recuperação após a inundação, como mostra a figura 2.

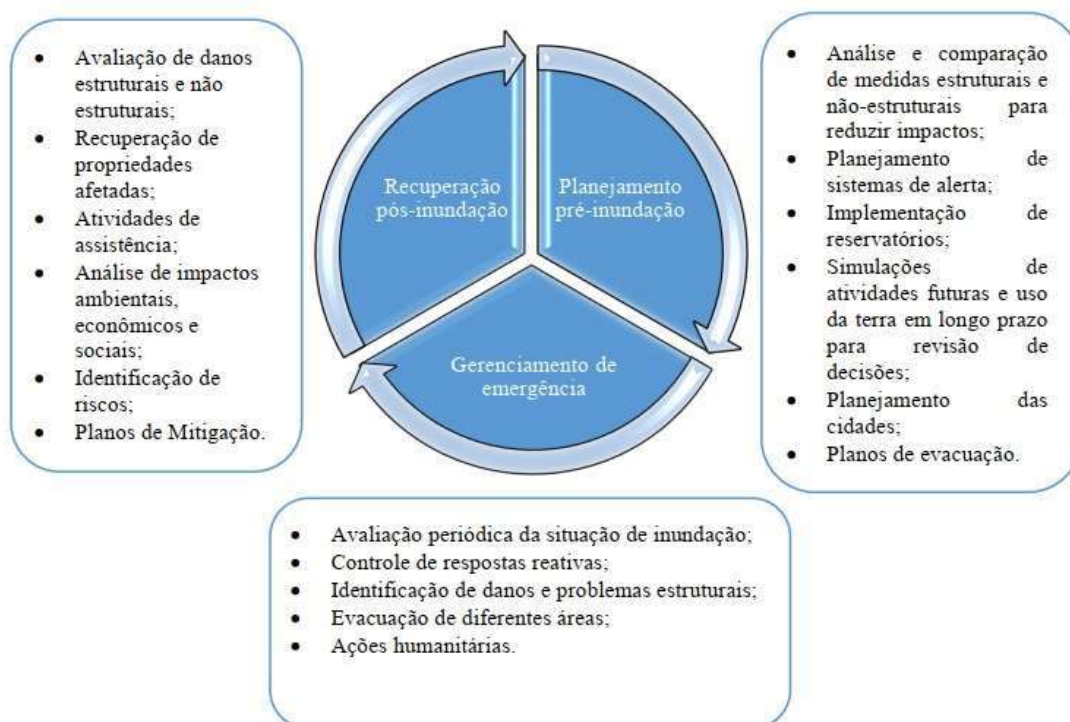


Figura 2. Gerenciamento de Risco de Inundação. Fonte: Adaptado de Ahmad e Simonovic (2006).

Menciondo (2006) salienta que o gerenciamento do risco de inundações urbanas, no que diz respeito ao alerta antecipado, proteção e reabilitação, requer um maior nível de inovação e parcerias. Para o autor, a principal questão é como lidar com esses desafios frente ao desenvolvimento urbano. Uma possibilidade que se apresenta é a descentralização da gestão de risco (macrodrenagem e microdrenagem de lotes urbanos). No contexto de implantação, as ações de controle de escoamentos podem ser tratadas em âmbito de macrodrenagem, microdrenagem, e em escala de lote.

Medidas reguladoras, como planos diretores e leis de zoneamento, bem como intervenções hidráulicas nos canais principais da macrodrenagem, são mecanismos centralizados de gerenciamento da drenagem – que têm sua eficácia influenciada pelas características de operação e manutenção dos sistemas de microdrenagem e das fontes geradoras do escoamento superficial, na maior parte lotes urbanos, com características, portanto, descentralizadas. É necessário, desse modo, trabalhar em ambas as escalas (MENDIONDO, 2006).

Para Miguez e Magalhães (2010), o Plano Diretor de Gerenciamento de Inundações deve compor um conjunto de técnicas, ações e políticas articuladas entre si, que visem administrar o risco de inundações e direcionar o desenvolvimento de sistemas de drenagem.

Essa visão é reforçada por Miguez *et al.* (2016), em um estudo que mostra que a implantação de um projeto de drenagem sustentável precisa ser acompanhada de medidas de urbanização sustentável, para que seus benefícios se mantenham ao longo do tempo. Assim, a estratégia para o controle de inundações deve levar em consideração todas as questões que envolvam a geração de águas pluviais, sua dependência dos processos físicos da bacia hidrográfica e sua interatividade com as características de uso do solo.

3.3. Medidas de Controle

Uma perspectiva conjunta da gestão de riscos de inundação urbana é uma combinação de medidas que, num todo, pode diminuir com êxito o risco de inundação em áreas urbanizadas. Sob o ponto de vista de controle de inundações (e, portanto, redução do próprio perigo), pode-se trabalhar sobre o processo de transformação de chuva em vazão, reduzindo a geração de vazões na passagem da chuva pela bacia. Essas medidas são tipicamente descritas como estruturais e não estruturais (Tabela 1), não se opõem umas às outras, e estratégias mais bem-sucedidas devem combinar ambos os tipos (JHA *et al.*, 2013).

As medidas estruturais representam as obras que podem ser implementadas objetivando a correção e/ou prevenção dos problemas de enchentes. Em paralelo, as medidas não estruturais são aquelas em que se procura diminuir os danos ou os efeitos das inundações, não por meio de obras, mas pela introdução de normas, regulamentos e programas que pretendam o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem (CANHOLI, 2014).

Tabela 1. Medidas para controle das inundações.

ESTRUTURAI	Extensivas	As medidas extensivas agem na bacia, transformando as relações entre precipitação e vazão	
	Intensivas	As medidas intensivas atuam exatamente na calha do rio, alterando as grandezas hidráulicas e características hidrodinâmicas do escoamento	Aceleram o escoamento
			Retardam o escoamento
			Derivam o escoamento
NÃO-ESTRUTURAI	<ul style="list-style-type: none"> • Preservação da vegetação¹ – Florestas e matas ciliares; • Regulamentação do uso do solo e zoneamento das áreas de inundação; • Edificações à prova de inundações; • Seguro-inundação. • Sistema de previsão e alerta de inundações; • Educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, da erosão e do lixo. 		

Fonte: Adaptado de Simons *et al.* (1977) apud Miguez *et al.* (2016).

Segundo Miguez *et al.* (2016), as *medidas estruturais* são interferências diretas nas calhas dos rios ou paisagem urbana; por exemplo, canalização, barragens, reservatórios, criação de parques longitudinais inundáveis, diques, reservatórios em praças ou lotes, entre outros. São consideradas medidas de controle, que modificam as relações de escoamento e, geralmente, são imprescindíveis para ações corretivas, como mostra a tabela 2. Dividem-se em:

- *Extensivas*, quando ocorre ação sobre a bacia, alterando a precipitação x vazão, podendo, dessa forma, classificá-la como medidas hidrológicas;
- *Intensivas*, quando a ação ocorre diretamente sobre o *escoamento* da água nos rios e canais, procurando alterar as condições hidrodinâmicas da onda da cheia, sendo, assim, classificadas medidas hidráulicas.

¹ Preservação ≠ Reflorestamento - O reflorestamento de encostas e a recuperação da mata ciliar são, em alguns estudos, classificados como medidas não estruturais que visam aumentar a capacidade de amortecimento das águas pluviais, por meio do restabelecimento dos processos de evapotranspiração, infiltração e interceptação da precipitação. Porém, ao voltar-se para a sua ação sobre a bacia, percebe-se que busca a reestruturação do funcionamento hidrológico, como citado acima, modificando a relação precipitação X vazão e, portanto, devendo ser classificada como uma medida estrutural extensiva (SIMONS *et al.*, 1977).

Tabela 2. Principais características das medidas estruturais segundo Simons *et al.*, 1977.

Medida	Principal vantagem	Principal desvantagem	Aplicação
Medidas extensivas			
Alteração da cobertura vegetal	Redução do pico de cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Controle de perda do solo	Reduz o assoreamento	Idem ao anterior	Pequenas bacias
Medidas intensivas			
Diques e polders	Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios e na planície
Melhoria do canal			
Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
Corte do meandro	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
Reservatório			
Todos os reservatórios	Controle à jusante	Localização difícil devido à desapropriação	Bacias intermediárias
Reservatórios com comportas	Mais eficiente com mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projetos de usos múltiplos
Reservatórios para cheias	Operação com mínimo de pedras	Custo não compartilhado	Restrito ao controle de enchentes
Mudança de canal			
Caminho de cheia	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
Desvios	Reduz vazão do canal principal	Idem ao anterior	Bacias médias e grandes

Fonte: adaptado Simons *et al.*, (1977).

As medidas extensivas são:

- *Cobertura vegetal*: a vegetação tem a capacidade de acumular parte do volume de água precipitado pela interceptação vegetal, além de aumentar a evapotranspiração e diminuir a velocidade do escoamento superficial pela bacia hidrográfica;

- *Controle da erosão do solo*: o aumento da erosão tem consequências ambientais pelo *transporte* de sedimentos e seus agregados, podendo contaminar dos rios à jusante e reduzir a sua seção, além de modificar o balanço de carga e transporte dos rios.

As medidas intensivas são:

- *Barragem para controle de inundação*: o reservatório de controle de enchentes funciona retendo o volume do hidrograma durante as enchentes, reduzindo, assim, o pico e o impacto à jusante do barramento;
- *Diques com polders*: são muros laterais de terra ou concreto, inclinados ou retos, construídos a uma certa distância das margens, que protegem as áreas ribeirinhas contra o extravasamento.

Por outro lado, as *medidas não estruturais* são formadas por ações indiretas, como zoneamento urbano (reconhecimento de áreas alagáveis e restrições na legislação urbana), conservação de áreas para alagamento, preservação das várzeas, educação ambiental, sistemas de alerta, plano de resíduos sólidos, dentre outros. Essas medidas têm o intuito de harmonizar a convivência da sociedade com os eventos de enchentes, tendo um caráter preventivo, de sustentação e, portanto, complementar ao corretivo (MIGUEZ *et al.*, 2016).

De acordo com Tucci (2007) as medidas não-estruturais fundamentais são as preventivas, como: previsão e alerta de inundação, zoneamento das áreas de risco e seguro. O **sistema de previsão e alerta** tem o propósito de se adiantar à ocorrência da inundação, avisando a população e tomando as medidas necessárias para reduzir os prejuízos resultantes da inundação. Para Tucci, um sistema de previsão em tempo real envolve os seguintes aspectos:

- *Sistema de coleta e transmissão de informações hidrológicas*: sistema de monitoramento por rede telemétrica, satélite ou radar e transmissão destas informações para o *centro* de previsão;
- *Centro de Previsão*: recepção e processamento de informações, modelo de previsão, avaliação e *emissão de alerta*;
- *Defesa Civil*: programas preventivos: educação, mapa de alerta, definição de locais críticos; alerta aos sistemas públicos - escolas, *hospitais*, infraestrutura; alerta à população de risco, remoção e *proteção* da população atingida durante a emergência.

O sistema de previsão e alerta, segundo Tucci (2007), possui três fases distintas, sendo estas:

- *Prevenção*: Planejar as atividades para reduzir as inundações no seu acontecimento. Capacitação da equipe da Defesa Civil. Comunicação da população. Mapa de alerta com identificação das áreas alagáveis. Preparação de áreas para receber a população desalojada. Monitoramento.
- *Alerta*: Acompanhamento da ocorrência dos eventos chuvosos com base em: nível de acompanhamento (acompanhamento técnico da evolução da

inundação); nível de alerta (previsão de um futuro crítico que será atingido dentro de um de cenário de tempo); nível de emergência (avaliação dos danos materiais e humanos).

- *Mitigação*: Refere-se às ações que devem ser realizadas para atenuar o prejuízo da população afetada por inundação, através do isolamento das áreas de risco, retirada da população, animais e proteção de locais de interesse público.

O **zoneamento** é a definição de um conjunto de regras para a ocupação do solo e deve considerar as áreas de risco de inundação, visando minimizar futuras perdas humanas e de materiais em grandes eventos. O zoneamento urbano permite o desenvolvimento racional coerente das áreas ribeirinhas. Desse modo, é indispensável regulamentar áreas de ocupações urbanas, e deve ser realizada uma proposta técnica discutida com a comunidade antes de ser inserida no Plano Diretor da Cidade. O zoneamento engloba as seguintes etapas: modelagem do processo físico das inundações; mapeamento das áreas sujeitas à inundação (conforme diferentes níveis de perigo); zoneamento.

Esta regulamentação apoia-se em critérios de ocupação de áreas de diferentes níveis de perigo (diferentes tempos de recorrência, por exemplo), tanto quanto ao uso como quanto aos aspectos construtivos. Portanto, essa é a fase de controle sobre a expansão e adensamento urbano. O Código de Construção deve orientar a construção de prédios quanto a aspectos estruturais, hidráulicos, de material e vedação. A regulamentação adequada das construções permite evitar futuros danos.

O **Seguro** contra inundações permite aos indivíduos ou empresas a obtenção de uma proteção econômica para perdas decorrentes dos eventos de inundação. O seguro é um procedimento exequível para empreendimentos com grande valor agregado, nos quais os proprietários possuem capacidade econômica de pagar o prêmio do seguro. Além do mais, conhecido o nível de risco, torna-se interessante também para as seguradoras que oferecem o serviço e delimitam as áreas possíveis de serem seguradas.

Portanto, o controle de inundação deve ser feito através da conciliação de medidas estruturais e não estruturais que conceda à população que vive em áreas de risco a possibilidade de minimizar danos e manter uma relação harmoniosa com o rio. Estas intervenções abrangem medidas de engenharia, social, econômico e administrativo; um exemplo é o Sistema de Drenagem Urbana Sustentável.

De acordo com Woods-Ballard *et al.* (2007), o Sistema de Drenagem Urbana Sustentável - SuDS (*Sustainable Drainage Urban Systems*) é um sistema que busca reduzir o escoamento superficial com a integração de pequenas e discretas unidades de controle de águas pluviais em toda a área planejada, através de componentes similares à paisagem natural. O SuDS tem como finalidade atenuar as consequências da expansão urbana sobre a quantidade e qualidade do escoamento superficial e de potencialização da oferta de bem-estar e biodiversidade.

A drenagem sustentável deve ser analisada conforme seu funcionamento em cadeia/sequência. Para Woods-Ballard *et al.* (2007), as águas pluviais, em momento viável, devem ser manuseadas em pequenas feições localizadas nas sub-bacias ao invés de serem conduzidas e manejadas em grandes sistemas nos pontos mais baixos das áreas de drenagem. As categorias técnicas apresentam-se da seguinte forma:

- Prevenção: plano paisagístico local, limpeza, manutenção doméstica para prevenir escoamento superficial e poluição, e reutilização de águas das chuvas;
- Controle de origem: telhados verdes e pavimentos permeáveis;
- Controle local: manejo da água em escala local (exemplo: escoamento de um estacionamento para uma bacia de retenção no próprio local);
- Controle regional: manejo do escoamento excedente de vários locais direcionando-os a grandes espaços, como por exemplo, lagos e brejos.

A prevenção, controle de origem, controle local e controle regional são técnicas que atuam na qualidade da água por meio de processos naturais como sedimentação, filtração, adsorção, biodegradação, volatilização, precipitação, absorção por plantas, nitrificação e fotólise, enquanto o controle da quantidade de água escoada é feito por processos mecânicos (WOODS-BLLARD *et al.*, 2007):

- Infiltração: a água superficial percola o solo e diminui a vazão do escoamento superficial;
- Detenção/Atenuação: é a diminuição de velocidade de fluxo. O armazenamento pode ser em bacia seca (de detenção), em bacia de retenção ou ainda em bacias subsuperficiais;
- Transporte: é o transporte do escoamento superficial de um lugar a outro. Isto pode ocorrer por canais abertos, canos e/ou trincheiras. Tal processo é fundamental para manejo de fluxo e conexão de SuDS em eventos extremos.

O Sistema de Drenagem Sustentável (SuDS) tem como qualidade a interação da comunidade junto à prevenção de controle de origem, incluindo os moradores ao planejamento e gestão dos sistemas, capacitando-os através de manuais e treinamentos. Os sistemas de drenagem sustentáveis são desenvolvidos como pequenas unidades discretas, distribuídas pelo terreno, com o objetivo de manter as características hidrológicas pelo terreno – com o objetivo de manter as características hidrológicas locais próximas das condições existentes antes da urbanização. Alguns exemplos de técnicas utilizadas por esse sistema são: telhados verdes, biorretenção (jardim de chuva), pavimentos permeáveis e porosos, microrreservatórios, trincheiras de infiltração, entre outros.

4. CONCLUSÃO

A Geografia, juntamente com a Geomorfologia, é fundamental no que se refere a inventariar e analisar o ambiente que é, antes de tudo, um espaço – humanizado e eminentemente geográfico. Os estudos geomorfológicos, visando avaliar e identificar áreas de risco para planejamento urbano e gestão de risco, vêm sendo cada vez mais aplicados. Esse desenvolvimento técnico e científico está em grande parte relacionado à própria necessidade de conhecimento dos processos relacionados aos desastres em vista da intensidade dos danos e prejuízos socioeconômicos causados. Dessa forma, a Geomorfologia auxilia a gestão de risco através do seu caráter integrador, buscando compreender a evolução espaço-temporal, observando as escalas de atuação desses processos, antes e depois da interferência do homem, em um determinado ambiente.

Como as inundações têm se tornado um desastre crítico frente à ocupação desordenada, seguida da degradação ambiental, a gestão de risco torna-se um instrumento importante no que diz respeito ao desenvolvimento de políticas públicas. É ela que permite categorizar os problemas, avaliar as necessidades de investimentos e dar suporte técnico ao poder público – para que, junto à comunidade, possa encontrar soluções para tais situações.

Desta forma, é necessária uma visão ampliada no que diz respeito à drenagem urbana, considerando condições físicas da bacia, aspectos sociais, urbanos, de engenharia, entre outros. É essencial que se façam medidas de revitalização do rio, pois apesar das limitações impostas pelo ambiente urbano, é possível realizar ações que diminuam os impactos negativos e proporcionem uma revalorização ecológica dos rios urbanos.

Do ponto de vista da sustentabilidade associada à drenagem urbana, surge uma nova forma de orientar as ações, baseada no reconhecimento da complexidade das relações entre os ecossistemas naturais, o sistema artificial e a sociedade. Esta postura exige um novo conceito em termos de técnicas e gerenciamento de drenagem e controle de inundações em áreas urbanizadas. A água tem um importante papel no meio urbano, existindo a necessidade de diferenciar o atendimento das demandas, questões relativas à qualidade, disponibilidade e escoamento de águas de chuva. A gestão destas águas constitui grande parte do saneamento urbano. A gestão da água no meio urbano é um caso à parte da gestão de recursos hídricos. A ação institucional deve integrar, por um lado, a gestão de recursos hídricos e, por outro, o saneamento ambiental.

Referências Bibliográficas

- ADELOYE, A. J.; RUSTUM, R. Lagos (Nigeria) flooding and influence of urban planning. **Urban Design and Planning**, [s.l.], v. 164, n. 3, p. 175 -187, 2011.
- AHMAD, S.; SIMONOVIC, S. P. An Intelligent Decision Support System for Management of Floods. **Water Resources Management**, Dordrecht- Netherlands, v. 20, n. 3, p. 391- 410, jun. 2006.
- ARNAUD- FASSETTA, G. *et al.* Fluvial Geomorphology and flood - risk management. **Géomorphologie: relief, processus, environnement**, [s.l.], v. 15, n. 2, p. 109 -128, 2009.

- AYOG, J.L. *et al.* Flood Risk Assessment on Selected Critical Infrastructure in Kota Marudu Town, Sabah, Malaysia. *In: International Symposium on Civil and Environmental Engineering*, 2016, Malaysia. **MATEC Web of Conferences 103**, Malaysia, v. 4019, p. 1–9, 2017. Disponível em: <https://www.matec-conferences.org/about-the-journal/aims-and-scope> Acesso: 27/03/2020.
- BOTELHO, R.G.M. Bacias Hidrográficas Urbanas. *In: GUERRA, A.J.T. (org.) Geomorfologia Urbana*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- BRIERLEY G.J.; FRYIRS K.A. **Geomorphology and river management**: applications of the river styles framework. Oxford: Blackwell, 2005.
- BRUNSDEN, D. Geomorphological events and landform change. Stuttgart, **Zeitschrift fur Geomorphologie**, 40,3, p.273-288, 1996.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- CARMO, R. L.; MARQUES, C.; MIRANDA, Z. A. I. **Dinâmica demográfica, economia e ambiente na zona costeira de São Paulo**. Campinas: Unicamp, 2012.
- CARNEIRO, P. R. F. e MIGUEZ, M. G. **Controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas**. São Paulo: Annablume, 2011.
- CASTRO, A.L.C. (coord.). **Glossário de Defesa Civil Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 2. ed. Secretaria Nacional de Defesa Civil, 1998. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/manuais/Manuais-de-Defesa-Civil/GLOSSARIO-Dicionario-Defesa-Civil.pdf>. Acesso :17 abr. 2020.
- CHOW, V. T. **Hydrologic Studies of floods in the United States**: Association Internatoionale d' Hydrologie, 1956.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. *In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (orgs.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. *In: Guerra, A.J.T.; CUNHA, S.B. (orgs.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. *In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (orgs.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/13109> Acesso: 17 abr. 2020.
- Disponível: <https://www.preventionweb.net/organizations/3760>. Acesso: 01 mar. 2020.
- GOULDBY, B.; SAMUELS, P. **Language of risk, project definitions**. FLOODsite report [s.l.] T32-04-01, march, 2005.
- GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- INTISTUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos Municípios brasileiros 2013**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos Municípios brasileiros 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.
- JHA, A.K.; MINER, T.W.; STANTON-GEDDES, Z. **Building Urban Resilience: Principles, Tools and Practice**. Directions in development: environment and sustainable development. Washington, DC: World Bank, 2013.
- JORGE, F.N.; UEHARA, K. Águas de Superfície. *In*: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (orgs.) **Geologia da Engenharia**. São Paulo: ABGE- CNPq –FAPESP, 1998.
- JORGE, M.C.O. Geomorfologia urbana: conceitos, metodologias e teorias. *In*: GUERRA, J.A. T. (org.) **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- KONDOLF, G.M.; PIÉGAY, H. Tools in Geomorphology: Problem Statement and Recent Practice. *In*: KONDOLF, G.M.; PIÉGAY, H.(eds.) **Tools in fluvial geomorphology**. Wiley, Chichester, p. 3-22, 2003.
- KRON, W. Keynote lecture: Flood risk = hazard x exposure x vulnerability. *In*: Second International Symposium of Flood Defense, 2002. Beijing - China, p. 82-97, 2002.
- MEDIONDO, E.M. An overview on flood risk management. **Revista Minerva Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v.2, n.2, p-131-143, 2006.
- MIGUEZ, M.G.; MAGALHÃES, L.P.C. Urban Flood Control, Simulation and Management: an Integrated Approach. *In*: PINA FILHO, A.C. **Methods and Techniques in Urban Engineering**, IntechOpen, 2010.
- MIGUEZ, M.G.; VERÓL, A.P.; REZENDE, O.M. **Drenagem Urbana: do projeto original à sustentabilidade**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- NASCIMENTO, N.O.; BATISTA, M.B.; DE SOUZA, V.C.B. Sistema Hidrourb para o pré-dimensionamento de soluções compensatórias em drenagem urbana. *In*: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1997, Vitória. **Anais [...]** Vitória, 1997. CD-ROM.
- NATIONAL DISASTER EDUCATION COALITION. **Talking about disaster: Guide for standard messages**. Washington, D.C., 2004.
- NWS/NOAA- NATIONAL WEATHER SERVICE/NATIONAL OCEANIC ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Glossary**, 2004. Disponível em: <http://www.nws.noaa.gov/glossary>. Acesso: 10 fev. 2020.
- PEREIRA, C.R.P. **Índice de Risco de Inundações como Ferramenta de Planejamento Urbano**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- POMPÊO, C.A. Drenagem Urbana Sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.] v.5, n.1, p.15-23, 2000.
- POSER, K.; DRANSCH, D. Volunteered Geographic Information for Disaster Management with Application to Rapid Flood Damage Estimation. **Geomatica**, vol. 64, p. 89–98, october. 2010.
- SILVA, R. T.; PORTO, M. F. do A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 17, n. 47, p.129-147, 2003.
- SIMONS, D.B. et al. **Flood flows, stages and damages**. Fort Collins: Colorado State University. 1977.
- TINGSANCHALI, T. Urban flood disaster management. **Procedia Engineering**, [s.l.] v.

32, p. 25 - 37, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Urban Flood Management**. Global Water Partnership, World Meteorologic Organisation, Cap-Net. Maio, 2007.

TUCCI, C.E.M. Aspectos Institucionais no Controle de Inundações. *In*: I Seminário de Recursos Hídricos do Centro Oeste, 1999, Brasília. **Anais [...]** Brasília, 1999.

TUCCI, C.E.M. **Gestão de Águas Pluviais urbanas**. Ministério das Cidades- Global Water Partnership- Word Bank- UNESCO. Porto Alegre, 2005.

TUCCI, C.E.M. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

UNITED NATIONS OFFICE FOR THE COORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS- OCHA. **Natural Disasters in Latin America and the Caribbean**. 2020. Disponível em: <https://gho.unocha.org/inter-agency-appeals/latin-america-and-caribbean>. Acesso: 10 fev. 2020.

VAN HERK, S.; ZEVENBERGEN, C.; ASHLEY, R. ;RIJKE, J. Learning and Action Alliances for the integration of flood risk management into urban planning: a new framework from empirical evidence from The Netherlands. **Environmental Science & Policy**, [s.l.], p. 1–12, 2011.

WOODS-BALLARD, B.; KELLAGHER, R.; JEFFERIES, C.; BRAY, R.; SHAFFER, P. **The SuDS Manual**. Londres: CIRIA, 2007.

YAMASHITA, S.; WATANABE, R.; SHIMATANI, Y. Smart Adaptation to Flooding in Urban Areas. **Procedia Engineering**, [s.l.] v. 118, p. 1096 -1103, 2015.

ZANIRATO, S. H. et al. Sentidos do risco: interpretações teóricas. *Biblio 3W*, **Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales**, [s.l.], v.XIII, n.785, 2008. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-785.htm>. Acesso em: abr. de 2020.

ZONENSEIN, J. **Índice de risco de cheia como ferramenta de gestão de enchentes**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Instituto Alberto Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia -COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.