

GEOLOGIA AMBIENTAL:

Tecnologias para o desenvolvimento sustentável - Vol. 1

Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)



Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)

**GEOLOGIA AMBIENTAL: TECNOLOGIAS PARA O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Atena Editora
2017

2017 by Eduardo de Lara Cardozo

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Edição de Arte e Capa: Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza (UEPA)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Profª Drª Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Profª Drª Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Profª Drª Lina Maria Gonçalves (UFT)

Profª Drª Vanessa Bordin Viera (IFAP)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

G345

Geologia ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável /
Organizador Eduardo de Lara Cardozo. – Ponta Grossa (PR):
Atena Editora, 2017.

297 p. : 57.346 kbytes – (Geologia Ambiental; v. 1)

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-39-4

DOI 10.22533/at.ed.3940809

Inclui bibliografia.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Geologia ambiental. 3. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Cardozo, Eduardo de Lara. II. Título. III. Série.

CDD-363.70

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

www.atenaeditora.com.br

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

Apresentação

Notícias como deslizamentos de encostas, regiões alagadas e ocupações irregulares sempre vêm à tona. E quando ocorrem, normalmente trazem junto a esses fatos, prejuízos econômicos e infelizmente anúncios relacionados à perda de vidas.

Alguns exemplos desses processos são recentes, como o caso do deslizamento de uma encosta em Angra dos Reis em 2010, onde houveram vítimas fatais, outro caso que chamou muito a atenção foi o rompimento, em 2015, de uma barragem de rejeitos no município de Mariana (Minas Gerais), bem como alagamentos em várias regiões brasileiras, são frequentemente divulgadas. Questões ambientais que ocorrem naturalmente, porém com o processo de ocupação irregular e degradação pela ação humana, os resultados nem sempre são positivos.

Os artigos aqui apresentados vêm ao encontro de muitos fatos ocorridos e que normalmente atribuímos apenas a questões ambientais. Porém, sabemos que não é bem assim! O deslizamento é um fenômeno comum, principalmente em áreas de relevo acidentado, as enchentes acontecem logo em seguida às chuvas intensas e em grandes períodos. Situações que há milhares de anos vem se repetindo, porém com o processo de urbanização, a retirada da cobertura vegetal, a ocupação de áreas irregulares, a contaminação do solo, a degradação do ambiente, entre vários outros pontos, acaba sendo intensificada pela constante alteração e ocupação desse espaço geográfico.

No primeiro volume da obra **“Geologia Ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável”** são abordadas questões como: análise da suscetibilidade a deslizamentos, avaliação de cenários sob perigo geotécnico, ordenamento territorial, a importância de estudos específicos considerando as complexidades e diversidades dos diferentes contextos, análise do comportamento geomecânico dos maciços rochosos, caracterização química-mineralógica e da resistência ao cisalhamento, estudos de resistência do meio físico em busca de segurança de instalações e a utilização de software no dimensionamento geotécnico aplicado a fundações profundas.

Neste primeiro volume também são contemplados os seguintes temas: análise da evolução da boçoroca do Córrego do Grito em Rancharia-São Paulo, estudos de áreas suscetíveis a ocorrência de inundações, diagnóstico ambiental voltado à erosão hídrica superficial e cartografia geotécnica, erosão e movimento gravitacional de massa, melhoramento fluvial do rio Urussanga - SC objetivando a redução de impactos associados às chuvas intensas, desassoreamento do Rio Urussanga - SC e caracterização do sedimento, potencialidades dos recursos hídricos na Bacia do Córrego Guariroba -MS.

E fechando este primeiro volume, temos os temas ligados ao: uso de tecnologias alternativas para auxiliar no tratamento de águas residuais, gestão de esgotamento sanitário, estudos sobre a contaminação dos solos por gasolina e

descontaminação através de bioremediação, metodologias que determinam a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, mapeamento geoambiental como subsídio à seleção de áreas para implantação de centrais de tratamento de resíduos sólidos, são apresentados.

Diferentes temas, ligados a questões que estão presentes em nosso cotidiano. Desejo uma excelente leitura e que os artigos apresentados contribuam para o seu conhecimento.

Atenciosamente.

Eduardo de Lara Cardozo

SUMÁRIO

Apresentação.....03

CAPÍTULO I

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DA UNIDADE GEOMORFOLÓGICA SERRAS CRISTALINAS LITORÂNEAS NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU/SC.

Maurício Pozzobon, Gustavo Ribas Curcio e Claudinei Taborda da Silveira.....08

CAPÍTULO II

AValiação DE CENÁRIOS SOB PERIGO GEOTÉCNICO: O CASO DA COMUNIDADE DO MORRO DA MARIQUINHA, FLORIANÓPOLIS-SC.

Gabriela Bessa, Daniel Galvão Veronez Parizoto, Rodrigo Del Olmo Sato, Nilo Rodrigo Júnior, Murilo da Silva Espíndola e Vítor Santini Müller.....30

CAPÍTULO III

AValiação DOS REMANESCENTES FLORESTAIS NA ELABORAÇÃO DE CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO O CASO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO - SP

Raquel Alfieri Galera, Fernando Cerri Costa e Ricardo de Souza Moretti.....42

CAPÍTULO IV

Caracterização E CLASSIFICAÇÃO GEOMEcÂNICA DE MACIÇOS ROCHOSOS COMPOSTOS PELAS PRINCIPAIS LITOLOGIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

Walter dos Reis Junior e Maria Giovana Parizzi.....57

CAPÍTULO V

Caracterização GEOTÉCNICA E MINERALÓGICA DE UMA ARGILA FORMADA SOB ATIVIDADE HIDROTHERMAL

Marcelo Heidemann, Luiz Antônio Bressani, Juan Antonio Altamirano Flores, Matheus Porto, Breno Salgado Barra e Yader Alfonso Guerrero Pérez.....73

CAPÍTULO VI

PROPOSIÇÕES PARA UM CISALHAMENTO DIRETO DE CAMPO: ALTERNATIVA EM MAPEAMENTOS GEOTÉCNICOS.

Vitor Santini Müller, Nilo Rodrigues Júnior, Murilo da Silva Espíndola, Regiane Mara Sbroglia, Rafael Augusto dos Reis Higashi e Juan Antonio Altamirano Flores.....89

CAPÍTULO VII

USO DE MODELO GEOLÓGICO DIGITAL COMO FERRAMENTA DE ORIENTAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO

Carlos Magno Sossai Andrade, Patrício José Moreira Pires e Rômulo Castello Henrique Ribeiro.....102

CAPÍTULO VIII

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA BOÇOROCA DO CÓRREGO DO GRITO EM RANCHARIA-SP DE 1962 A 2014

Alyson Bueno Francisco.....118

CAPÍTULO IX

CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO NAS MICROBACIAS DO MÉDIO RIO GRANDE

Eduardo Goulart Collares, Ana Carina Zanollo Biazotti Collares, Jéssica Avelar Silva e Amanda Francieli de Almeida.....126

CAPÍTULO X

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SUPERFICIAL DO MUNICÍPIO DE PACOTI NO ESTADO DO CEARÁ. EROSIVIDADE, ERODIBILIDADE E UNIDADES DE RELEVO PARA GEOTECNIA

Francisco Kleison Santiago Mota, Jean Marcell Pontes de Oliveira, Naedja Vasconcelos Pontes, César Ulisses Vieira Veríssimo e Sônia Maria Silva de Vasconcelos.....138

CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE AMEAÇAS E DESASTRES NATURAIS NA ÁREA URBANA DE SANTARÉM - PA

Fábio Ferreira Dourado e Milena Marília Nogueira de Andrade.....160

CAPÍTULO XII

MELHORAMENTO FLUVIAL DO RIO URUSSANGA PERTENCENTE À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA, SUL DE SANTA CATARINA

Sérgio Luciano Galatto, Gustavo Simão, Jader Lima Pereira, Nadja Zim Alexandre e Vilson Paganini Belletini.....174

CAPÍTULO XIII

METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DO RIO URUSSANGA-SC PARA FINS DE DEPOSIÇÃO

Nadja Zim Alexandre, Carlyle Torres Bezerra de Menezes, Gustavo Simão, Jader Lima Pereira e Sérgio Luciano Galatto.....190

CAPÍTULO XIV

POTENCIALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO CÓRREGO GUARIROBA, MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE-MS

Giancarlo Lastoria, Sandra Garcia Gabas, Guilherme Henrique Cavazzana, Juliana Casadei e Tamiris Azoia de Souza.....204

CAPÍTULO XV

ASPECTOS PRINCIPAIS SOBRE O USO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA AUXILIAR NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

Bruna Ricci Bicudo, Lígia Belieiro Malvezzi e Edilaine Regina Pereira.....214

CAPÍTULO XVI

AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS OPERACIONAIS PRESENTES EM ALGUMAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO CEARÁ

Thiago de Norões Albuquerque, Tícia Cavalcante de Souza e Wladya Maria Mendes de Oliveira.....225

CAPÍTULO XVII

COMPARATIVO DE BIORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR GASOLINA

Diego Moreira da Silva, Marcela Penha Pereira Guimarães, Raphael Moreira Alves e Francisco Roberto Silva de Abreu.....239

CAPÍTULO XVIII

DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO E SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA EM TAQUARUÇU DO SUL - RS

Gabriel D'Avila Fernandes, José Luiz Silvério da Silva, Willian Fernando de Borba, Lueni Gonçalves Terra, Carlos Alberto Löbler e Edivane Patrícia Ganzer.....251

CAPÍTULO XIX

MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO À SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: APLICAÇÃO AO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DA CONCEIÇÃO - SP

Hermes Dias Brito, Fábio Augusto Gomes Vieira Reis, Claudia Vanessa dos Santos Corrêa e Lucilia do Carmo Giordano.....263

Sobre o organizador.....286

Sobre os autores.....287

CAPÍTULO IX

CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO NAS MICROBACIAS DO MÉDIO RIO GRANDE

**Eduardo Goulart Collares
Ana Carina Zanollo Biazotti Collares
Jéssica Avelar Silva
Amanda Francieli de Almeida**

CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO NAS MICROBACIAS DO MÉDIO RIO GRANDE

Eduardo Goulart Collares

Universidade do Estado de Minas Gerais

Passos – MG

Ana Carina Zanollo Biazotti Collares

Universidade do Estado de Minas Gerais

Passos – MG

Jéssica Avelar Silva

Engenheira Ambiental, autônoma

Conceição Aparecida – MG

Amanda Francieli de Almeida

Engenheira Ambiental, autônoma

São Sebastião do Paraíso - MG

RESUMO: Este trabalho estuda aspectos morfométricos das microbacias hidrográficas que compõem as sub-bacias hidrográficas do Médio Rio Grande e que podem contribuir para identificar aquelas mais suscetíveis à ocorrência de inundações. Nas análises foram consideradas as seguintes variáveis: Densidade Hidrográfica; Índice de Circularidade; Relação de Relevo e Fator Topográfico. O processamento dos dados foi realizado no SIG ArcGis 10.0 da ESRI, os resultados são apresentados na escala 1:50:000. Ao longo do leito principal do Rio Grande a ocorrência de inundações não mostra ser um fator preocupante, porém a preocupação é maior no interior das suas sub-bacias e, neste âmbito, os resultados produzidos identificam as microbacias, inseridas nestas sub-bacias, que apresentam características morfométricas mais favoráveis à ocorrência de inundações. As microbacias consideradas com alta suscetibilidade morfológica à inundações correspondem a 6,5% do total de microbacias e estão distribuídas por toda área de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: zoneamento ambiental; recursos hídricos; mapeamento geoambiental.

1. INTRODUÇÃO

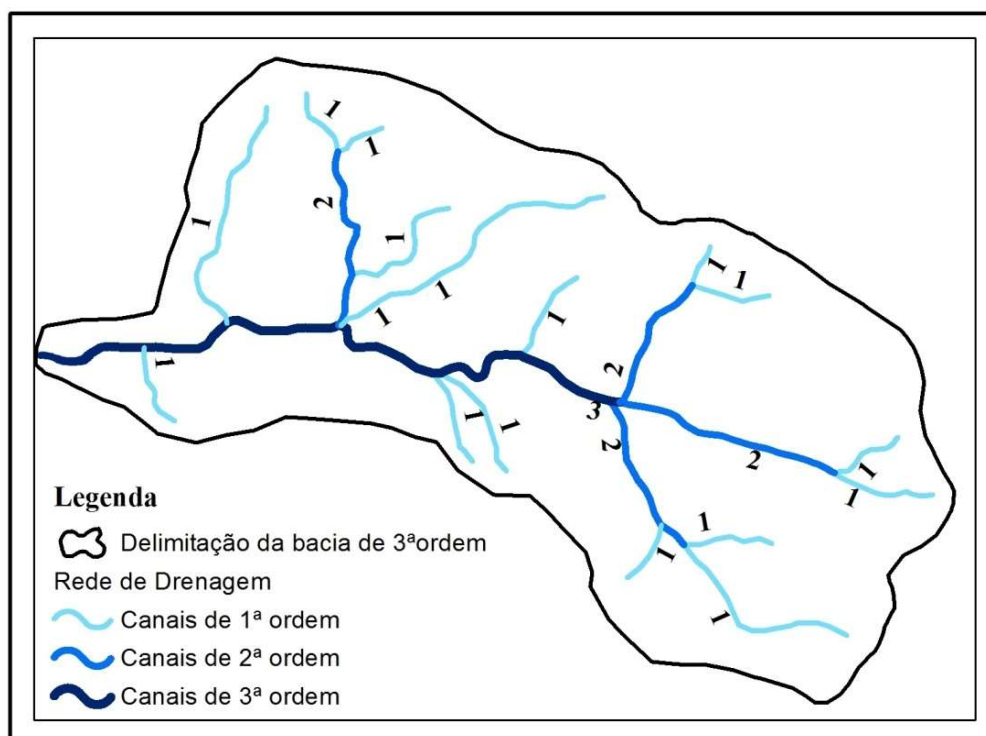
Estudar a configuração de uma rede de drenagem e a sua inter-relação com os limites definidos pela bacia que a envolve é atribuição do que se denomina “análise morfométrica”. A análise morfométrica de bacias hidrográficas consiste em processos sistemáticos e racionais que se preocupam em medir aspectos do relevo e da sua rede de drenagem (HORTON, 1945). Para Christofolletti (1980), esta análise tem início com o estabelecimento da hierarquia fluvial e, em seguida, processam-se análises lineares, areais e Hipsométricas.

Horton (1945), com base na lei de Playfair, utilizou pela primeira vez uma

análise quantitativa em sistema de drenagem, estabeleceu um sistema para classificação de canais em uma rede hidrográfica e determinou novas leis fundamentais relacionando o número e o comprimento de canais.

Strahler (1957) utilizou um sistema de classificação de canais com algumas modificações com relação ao sistema definido por Horton. Pelo sistema de Strahler, os canais sem tributários são considerados como de primeira ordem; da confluência de dois canais de primeira ordem surgem os canais de segunda ordem, e assim sucessivamente, sendo a ordem da bacia hidrográfica correspondente ao valor do canal de maior ordem. Este procedimento elimina o conceito de que o rio principal deva ter o mesmo número de ordem da nascente até a foz, como proposto por Horton, e facilita a classificação dos canais, eliminando a necessidade de se refazer a ordenação a cada confluência. Esta forma de classificação tem sido amplamente utilizada em todo o mundo na análise morfométrica de bacias hidrográficas (Figura 1).

Figura 1 - Exemplo de hierarquização de canais, segundo a proposta de Strahler (1957) de uma bacia de terceira ordem.



No Brasil, o uso de parâmetros morfométricos e análise de sua influência na caracterização ambiental de bacias hidrográficas foram efetuados inicialmente por Prochnow (1990) e Fontes (1997). Prochnow (1990) levantou variáveis de cunho geométrico e geomorfológico em cinco bacias da bacia do Piracicaba, dentre as quais deu mais importância para a *densidade de drenagem* e *índice de sinuosidade*. Fontes (1997) utilizou-se de um grande número de variáveis lineares e de superfície e as aplicou no macrozoneamento geoambiental de uma bacia hidrográfica. Posteriormente, Collares (2000) realizou o zoneamento geoambiental

da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari – SP, efetuou um ampla análise temporal das variações ocorridas na rede de drenagem da bacia e correlacionou as alterações ocorridas com as diferentes formas de ocupação do terreno.

A relação dos parâmetros morfométricos com a maior ou menor propensão a processos de inundação em uma bacia hidrográfica é mencionada na literatura primeiramente por Miller (1953 apud Christofolletti, 1974), ao propor o Índice de Circularidade de uma bacia hidrográfica, que é definido como a relação existente entre a área da bacia (A) e a área do círculo de igual perímetro (Ac). O *índice de circularidade* tem significado semelhante ao índice de forma (Christofolletti, 1969 e Tavares; Queiroz, 1981), ao coeficiente de compacidade (Villela; Mattos, 1980) e à relação de alongação (Schumm, 1956) que correlacionam o perímetro da bacia com a sua área. As quatro variáveis indicam que à medida que o valor encontrado se aproxima da unidade (Ic=1,0) a bacia tende à forma circular e, assim são mais propensas à inundações.

Segundo Morisawa (1962), o *índice de circularidade*, em combinação com a densidade hidrográfica e a relação de relevo deverá determinar o *fator topográfico*, que é a componente morfométrica da bacia influente em processos de inundação. O *fator topográfico* é definido pela seguinte equação:

$$Ft = Dh \cdot Ic \cdot Rr \quad (1)$$

Onde:

Ft – *fator topográfico*

Dh – *densidade hidrográfica*

Ic – *índice de circularidade*

Rr – *relação de relevo*

A *amplitude altimétrica máxima* (Hm) e a *relação de relevo* (Rr), são duas variáveis que foram apresentadas inicialmente por Schumm (1956) e estão relacionadas às variações topográficas da bacia. A *amplitude altimétrica máxima* corresponde à diferença altimétrica, em metros, entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto no divisor de águas. Os valores altimétricos para as microbacias analisadas foram retirados das cartas topográficas do IBGE.

A *relação de relevo* (Rr) relaciona a *amplitude altimétrica máxima* (Hm) com o seu maior comprimento (L), indicando que quanto mais elevado o valor de Rr, maior o desnível entre a cabeceira e foz. A *relação de relevo* pode ser definida pela seguinte expressão:

$$Rr = Hm / L \quad (2)$$

Morisawa (1962) utilizou-se desta variável para preencher o componente relativo ao relevo na determinação do fator topográfico, o qual indica se a bacia apresenta características favoráveis ou não a inundações. Os estudos efetuados por Patton; Baker (1976) em bacias com alto e baixo potenciais a inundações indicaram a relação de relevo como uma das três variáveis morfométricas (também incluem densidade de drenagem e ordem dos canais) mais influentes na indicação de bacias com alto potencial à inundação.

A *densidade hidrográfica* (Dh) foi inicialmente definida por Horton (1945)

com a denominação de frequência de rios e corresponde à relação entre o *número de rios* ou cursos d'água e a *área* da bacia hidrográfica (A). Quando da utilização do sistema de ordenação de canais proposto por Strahler (1957), o número de rios deve corresponder ao *número de canais de primeira ordem* (N_1), considerando que todo rio se inicia de uma nascente. A *densidade hidrográfica* é expressa pela seguinte expressão:

$$Dh = N_1 / A \quad (3)$$

Christofolletti (1974) considerou Dh uma variável de grande importância por representar o comportamento hidrológico de uma determinada área em um dos seus aspectos fundamentais, que é a capacidade de gerar novos cursos d'água. Em se tratando das alterações antrópicas a que uma bacia possa estar submetida, variações temporais nos valores de Dh devem refletir modificações nas demais variáveis morfométricas ou mesmo na ordem hierárquica da bacia.

As Tabelas 1 e 2 mostram um resumo das variáveis morfométricas utilizadas em um estudo de bacia hidrográfica, bem como meio para obtenção e unidades de medida.

Tabela 1 - Variáveis morfológicas.

| VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Nome da Unidade | Obtenção | Unidade |
| Área (A) | Comando topology (Autocad Map) | km ² |
| Perímetro (P) | Comando topology (Autocad Map) | km |
| Largura média (Dm) | $Dm = A/L$ | km |
| Índice de circularidade (Ic) | $Ic = A/Ac$ | - |
| Amplitude altimétrica máxima (Hm) | Carta Topográfica (IBGE) | m |
| Relação de relevo (Rr) | $Rr = Hm/L$ | m/km |

Tabela 2 - Variáveis de rede de drenagem.

| VARIÁVEIS DE REDE DE DRENAGEM | | |
|--|--------------------------------|------------------------|
| Nome da Unidade | Equação | Unidade |
| Ordem de canais - Strahler | Comando topology (Autocad Map) | - |
| Numero total de canais 1ª ordem (N1) | Comando topology (Autocad Map) | - |
| Comprimento total de rede de drenagem (Lt) | Comando topology (Autocad Map) | km |
| Densidade de drenagem (Dd) | $Dd = L/A$ | km/km ² |
| Densidade hidrográfica (Dh) | $Dh = N1/A$ | canais/km ² |
| Fator Topográfico (Ft) | $Ft = Dh * Ic * Rr$ | - |

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande (CBH - GD7) integra a Bacia Hidrográfica do Rio Grande que engloba territórios dos Estados de Minas Gerais e São Paulo, apresentando 145.000 km² de área de drenagem.

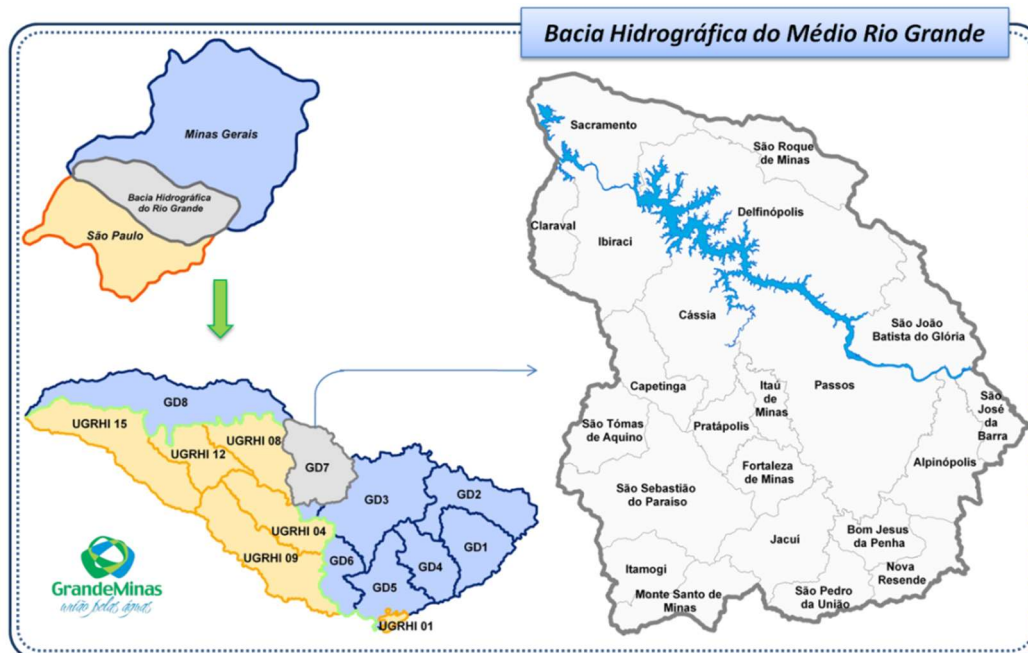
A Bacia do Rio Grande constitui-se em catorze unidades de gerenciamento de recursos hídricos, sendo que oito encontram-se em território mineiro e seis em território paulista. O CBH-GD7 é um dos oito comitês que compõem a porção mineira.

A área de estudo localiza-se na região sudoeste do estado de Minas Gerais, com aproximadamente 9.800km², englobando 22 municípios (Figura 2).

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Na área de abrangência das Sub-bacias Hidrográficas dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande realizou-se análise morfométrica para unidades ambientais correspondentes às microbacias de 2^a, 3^a e 4^a ordens de ramificação. A rede hidrográfica foi estabelecida com base nas cartas topográficas do IBGE (escala 1:50.000) e no respectivo modelo digital do terreno produzido no SIG ArcGIS® 10, também, com base nestas cartas topográficas. A produção da base cartográfica foi realizada na plataforma do programa AutoCAD® Map 2010.

Figura 2 - Localização da Bacia Hidrográfica do Médio Rio Grande.



Uma vez estabelecida a base cartográfica, foram então digitalizadas: a rede hidrográfica; as delimitações das macrounidades (sub-bacias hidrográficas) e

unidades ambientais (microbacias hidrográficas); as curvas de nível. Para o posterior processamento destes dados, foi importante que, tanto as linhas da borda (limites das sub-bacias e microbacias), como cada ordem de canal de drenagem, de cada compartimento, fossem digitalizadas em “layers” distintos.

Com as redes de drenagem e linhas de borda digitalizados, foi necessária a construção de topologias, de “rede”, para os canais de drenagem, e de “polígono”, para as linhas de borda dos compartimentos. Por meio das topologias foi possível a obtenção de dados quantitativos referentes aos canais de drenagem e área e perímetro dos compartimentos (sub-bacias e microbacias hidrográficas). Detalhes sobre a construção de topologias são descritos por Collares (2000).

Uma vez determinadas as informações quantitativas básicas referentes às redes de drenagem e limites dos compartimentos foi possível utilizar operações matemáticas simples para determinar as variáveis consideradas importantes na análise morfométrica. As principais variáveis morfométricas avaliadas foram aquelas expostas nas Tabelas 1 e 2.

Para a classificação das unidades ambientais (microbacias hidrográficas) perante cada variável adotou-se um critério estatístico envolvendo o método do desvio padrão (*Standard Deviation*), do software ArcGis® 10, que mede a dispersão dos valores individuais em torno da média, sendo a média quadrática dos desvios em relação à média aritmética de uma distribuição de frequências. Desta forma, foram constituídos os limites entre três classes: **Baixo, Médio e Alto**. Nas Tabelas de 3 a 6 são apresentados os valores limites adotados na classificação das variáveis morfométricas que mais influenciam no processo de inundação.

Tabela 3 - Valores limites das classes para Densidade Hidrográfica.

| UNIDADES AMBIENTAIS | CLASSIFICAÇÃO QUANTO A DENSIDADE HIDROGRÁFICA (canais/km ²) | | | |
|---------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| | CLASSES | VALORES 2° Ordem | VALORES 3° Ordem | VALORES 4° Ordem |
| | Baixa | 0,12 – 1,13 | 0,40 – 1,25 | 0,66 – 1,39 |
| | Média | 1,13 – 5,57 | 1,25 – 5,21 | 1,39 – 3,15 |
| | Alta | 5,57 – 17,51 | 5,21 – 22,61 | 3,15 – 8,47 |

Tabela 4 - Valores limites das classes para Índice de Circularidade.

| UNIDADES AMBIENTAIS | CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO ÍNDICE DE CIRCULARIDADE | | | |
|---------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| | CLASSES | VALORES 2° Ordem | VALORES 3° Ordem | VALORES 4° Ordem |
| | Baixa | 0,10 – 0,17 | 0,24 – 0,34 | 0,28 – 0,34 |
| | Média | 0,17 – 0,73 | 0,34 – 0,78 | 0,34 – 0,77 |
| | Alta | 0,73 – 0,84 | 0,78 – 0,81 | 0,77 – 0,86 |

Tabela 5 - Valores limites das classes para Relação de Relevo.

| UNIDADES AMBIENTAIS | CLASSIFICAÇÃO QUANTO A RELAÇÃO DE RELEVO (m/km) | | | |
|---------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| | CLASSES | VALORES 2° Ordem | VALORES 3° Ordem | VALORES 4° Ordem |
| | Baixa | 18,32 – 55,12 | 14,74 – 43,12 | 14,41 – 29,71 |
| | Média | 55,12 – 250,52 | 43,12 – 145,54 | 29,71 – 86,99 |
| Alta | 250,52 – 826,64 | 145,54 – 289,87 | 86,99 – 164,88 | |

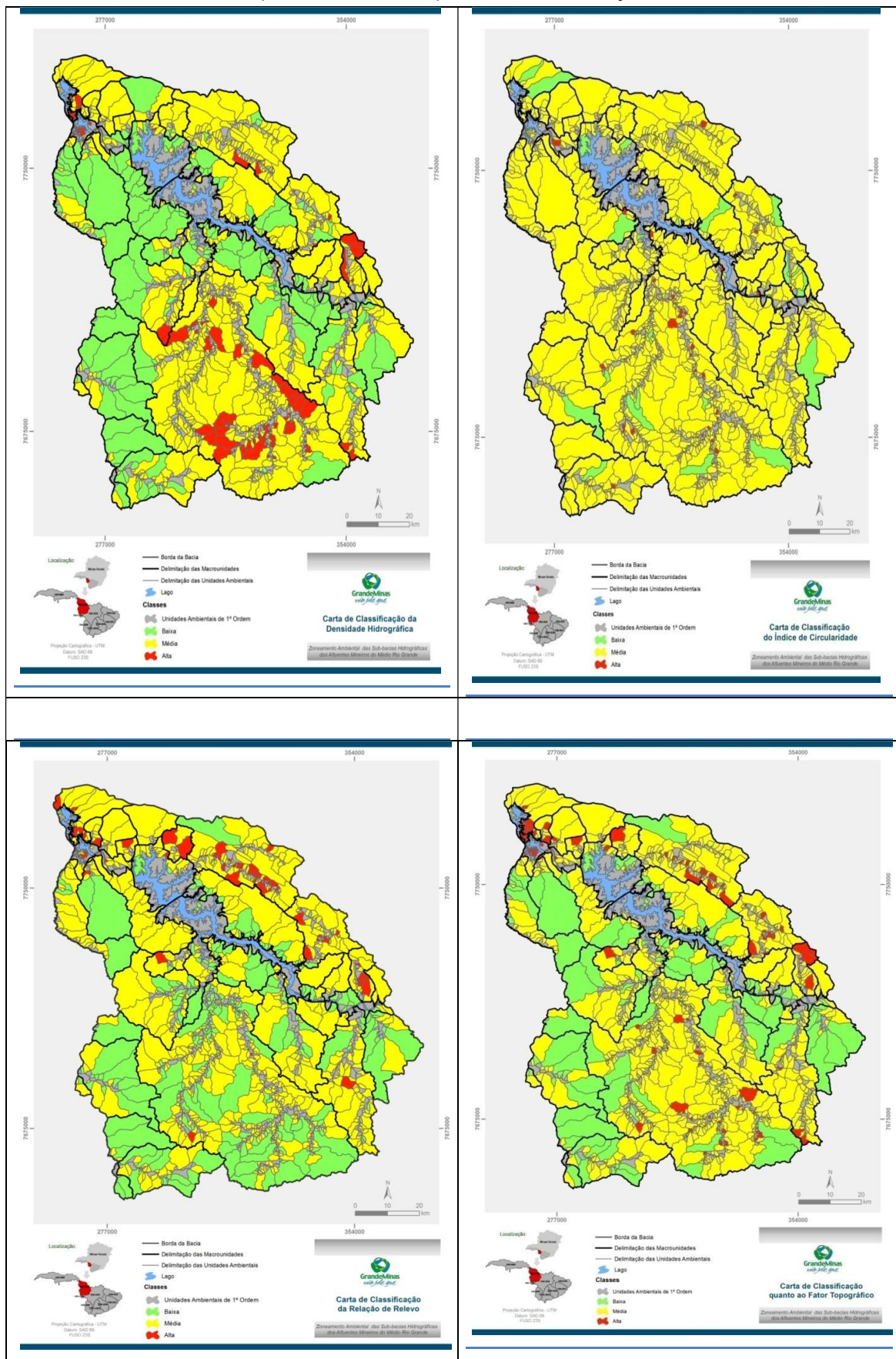
Tabela 6 - Valores limites das classes para Fator Topográfico.

| UNIDADES AMBIENTAIS | CLASSIFICAÇÃO QUANTO A FATOR TOPOGRÁFICO | | | |
|---------------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| | CLASSES | VALORES 2° Ordem | VALORES 3° Ordem | VALORES 4° Ordem |
| | Baixa | 0,57 – 24,16 | 4,50 – 21,28 | 5,72 – 20,88 |
| | Média | 24,16 – 331,51 | 21,28 – 275,34 | 20,88 – 125,97 |
| Alta | 331,51 – 2.721,07 | 275,34 – 1.584,00 | 125,97 – 614,51 | |

4. RESULTADOS

A Figura de 3 apresenta as classificações das unidades ambientais (microbacias hidrográficas) referentes às variáveis morfométricas que mais influenciam no processo de inundação: Densidade Hidrográfica; Índice de Circularidade; Relação de Relevo e Fator Topográfico.

Figura 3 - Cartas de classificação das Unidades Ambientais quanto aos parâmetros morfométricos que influenciam nos processos de inundação.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na identificação e análise de áreas suscetíveis a inundações da bacia do Médio Rio Grande alguns aspectos, além dos dados morfométricos, deverão ser considerados: vazões de cheia das microbacias; estudo de chuvas intensas e levantamento das planícies de inundação em toda a área da bacia. A partir daí, as seguintes cartas poderão ser produzidas: Carta de suscetibilidade morfométrica e hidrológica das unidades ambientais ao desenvolvimento de inundações; Carta de áreas críticas quanto à ocorrência de inundações; Carta de Classificação das unidades ambientais quanto à suscetibilidade à inundação.

Neste primeiro nível de análise aqui apresentado efetuou-se o estudo da suscetibilidade morfométrica das microbacias a processo de inundação. O estudo mostrou que 67 microbacias apresentaram alta suscetibilidade morfométrica a processo de inundação (correspondente a 6,5% do total de microbacias) e 854 microbacias apresentaram média suscetibilidade (correspondente a 82%).

No âmbito geral, pode-se dizer que na Bacia do Médio Rio Grande não é comum a ocorrência de inundações em áreas urbanizadas, apesar de ocorrerem esporadicamente em algumas cidades. O canal do Rio Grande é regularizado pelas barragens de Furnas e Mascarenhas de Moraes e, a não ser em casos de extrema necessidade das hidrelétricas, ultrapassa a sua cota de segurança. Na avaliação da suscetibilidade às inundações, além dos parâmetros morfométricos e hidrológicos, deve-se priorizar o mapeamento das planícies de inundação que ocorrem no entorno dos principais recursos hídricos superficiais. Estas planícies estão distribuídas por toda a área da Bacia do Médio Rio Grande.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG); o Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais (FHIDRO) pelo apoio financeiro e à parceria da Fundação de Ensino Superior de Passos (FESP) com a Agência de Desenvolvimento Sustentável do Sudoeste Mineiro (ADEBRAS).

REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI, A. A análise da densidade de drenagem e suas implicações geomorfológicas. **Geografia**. V. 4, n. 8, p. 23-42. 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo. Ed. Edgard Blucher Ltda, 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora Edgard Blücher / EDUSP, 150 p. 1980.

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do rio Capivari - SP**. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

FONTES, A. L. **Caracterização geoambiental da bacia do rio Japaratuba – SE**. Rio Claro, 1997. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1997.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, 56(3), 1945, p. 275-370.

MORISAWA, M.E. **Quantitative geomorphology of some watersheds in the Appalachian Plateau**. Geological Society of America Bulletin. .1962. V.73, n.9, p.1025-1046.

PATTON, P.C.; BAKER, V.R. **Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls**. *Water Resources Research*, 12(5), 1976, p.941-952.

PROCHNOW, M. C. R. **Análise ambiental da sub-bacia do Rio Piracicaba: subsídio ao planejamento e manejo**. Rio Claro, SP. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP. 1990

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy, **Geol. Soc. America Bulletin**, 67, 1956, p. 597-646.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Haven: Transacion. **American Geophysical Union**, 1957. v38. p. 913-920.

TAVARES, A.C.; QUEIROZ, A. N. de. **Análise geomorfológica da Bacia do Ribeirão Claro** *Boletim de Geografia Teorética*, v.11, n.21-22, p. 47-64, 1981.

ABSTRACT: This research studies the morphometric aspects of hydrographic micro-basins which comprise the hydrographic sub-basins of the Mid Rio Grande and can contribute to identify those more susceptible to flooding occurrence. In the analyses the following variables were considered: Hydrographic Density; Circularity Degree; Relief Index; Topographic factor. The data processing was carried out at GIS ArcGis 10.0 of ESRI, the results are presented in the 1:50:000 scale. Along the Rio Grande main course the flooding occurrence does not show to be worrying, however the

preoccupations are even bigger inside their sub-basins and, the results produced identify the micro-basins, inserted in these sub-basins, which present more favorable morphometric to flooding occurrence. The micro-basins considered Highly Relevant correspond to 6,5% of the total of micro-basins and are spread to all the study area.

KEYWORDS: environmental zoning, water resources, geo-environmental mapping.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-93243-39-4



9 788593 243394