

CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE – BA

Nathan Matos Soares¹
Ramon Batista dos Santos²
Danilo Paulúcio da Silva³

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

O banco de dados morfológicos para bacias hidrográficas é fundamental para auxiliar a gestão dos recursos hídricos, embora para pequenas bacias essas informações ainda são escassas. Assim esse estudo teve como objetivo quantificar a morfologia e aspectos hidrológicos da bacia do Rio Verde. Para foram utilizadas imagens SRTM com 30 metros de resolução a fim de se obter o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Condicionado (MDEHC). Sendo o processamento dos dados realizados por meio do software ArcGIS 10.8 da ESRI. Como resultado obteve-se uma área de 11105,9 km² e perímetro de 791,239 km. De acordo com a classificação de Strahler a bacia é de 7ª ordem na hierarquia fluvial, com um total de 9446,42 km de canais. O relevo tem altitude máxima de 1766,7 m e declividade média de 6,33%. A densidade de drenagem foi de 0,851 km/km², o coeficiente de compacidade igual a 0,851 e fator de forma de 0,30. A partir dos dados obtidos conclui-se que a bacia do Rio Verde tem baixa tendência a inundações e pouca probabilidade de ocorrência de picos de cheias.

Palavras-chave: Geoprocessamento em recursos hídricos; hidrologia; planejamento ambiental.

INTRODUÇÃO

A história do desenvolvimento da civilização poderia ser escrita em termos da relação do homem para com a água. Diversos aspectos do ciclo hidrológico influenciam na vida humana, tais como: atividades domésticas e industriais; geração de energia; transporte de cargas; produção agrícola, dentre outras. A má distribuição dos recursos hídricos associada a falta de planejamento e gestão das políticas públicas pode

¹Graduando em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Campus Itapetinga, nathan.matos@hotmail.com

²Graduando em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Campus Itapetinga, rmbatistasantos@gmail.com.

³Professor Doutor, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Campus Itapetinga, Departamento de Ciências Exatas e Naturais - DCEN, dpaulucio@uesb.edu.br.



comprometer a disponibilidade dos recursos hídricos para diferentes usos trazendo malefícios para a sociedade em todo o mundo.

Para auxiliar na manutenção da disponibilidade dos recursos hídricos, o estudo das bacias hidrográficas é fundamental, uma vez que fornece informações para adequada gestão e permite diagnosticar, dimensionar e controlar problemas socioambientais. Segundo Tucci (2009) bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água precipitada delimitada topograficamente. A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, discorre sobre os princípios e normas para a gestão de recursos hídricos adotando bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão.

O comportamento da água em bacias hidrográficas é função de suas características morfológicas como a área, forma, topografia, geologia, uso e tipo de solo, cobertura vegetal, dentre outros. Por consequente essas características possuem influência nos processos do ciclo hidrológico, na infiltração, na quantidade de água produzida como deflúvio, na evapotranspiração e nos escoamentos dentro da bacia. Desta forma para entender as relações entre fatores morfológicos e os processos hidrológicos de bacias hidrográficas, é necessário dispor de informações acerca das características da bacia em termos quantitativos (LIMA, 2008).

Segundo Tonello (2005), análises morfométricas abordam diversos parâmetros que quantificam a bacia e podem ser divididas em: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem. A combinação desses dados diversificados permite a diferenciação de áreas homogêneas e mostra indicadores físicos específicos para determinados locais, determinando as potencialidades e limitações da bacia, favorecendo assim subsídios para o planejamento adequado das atividades a serem desenvolvidas na região (ALVES e CASTRO, 2016).

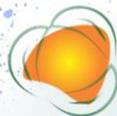
Deste modo esse trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Verde com a finalidade de se obter dados para auxiliar no melhor entendimento do comportamento hidrológico da área, auxiliando a gestão das políticas públicas voltadas para recursos hídricos e naturais da região.

Realização



Apoio





METODOLOGIA

O estudo de vazões foi realizado para a bacia hidrográfica do Rio Verde Ottocodificação 67194, localizado no estado da Bahia. Está compreendida entre os paralelos $10^{\circ}17'32''S$ e $12^{\circ}5'4''S$ e os meridianos $41^{\circ}39'28''W$ e $42^{\circ}36'28,5''W$, abrangendo os municípios baianos de Xíque-Xique, Itaguaçu da Bahia, Gentio do Ouro, Ibipeba, Ipupiara e Brotas de Macaúbas. O rio nasce em Brotas de Macaúbas e tem sua foz no município de Xíque-Xique onde desagua no Rio São Francisco (Figura 1).

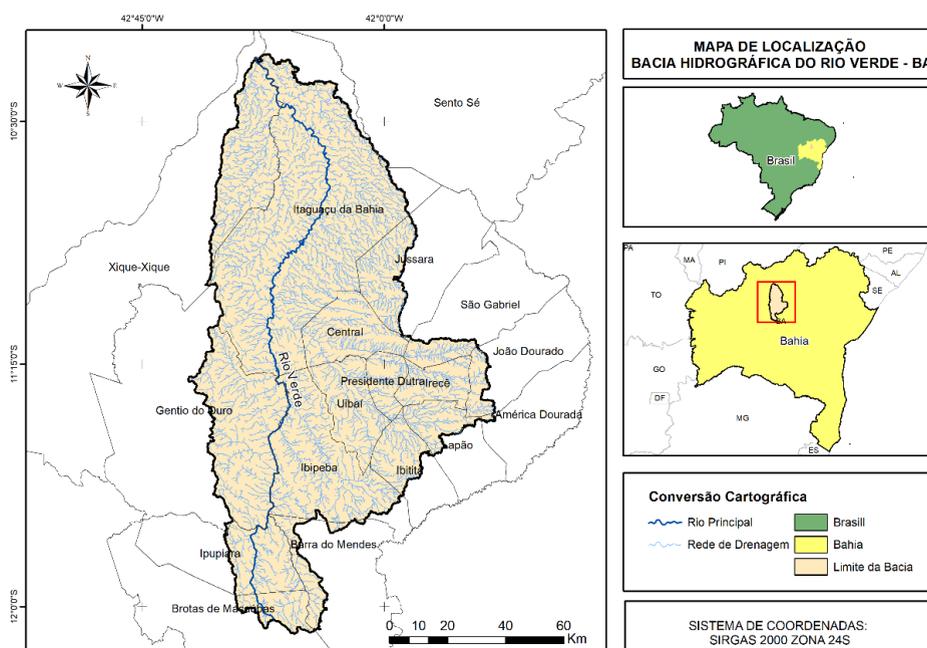


Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Verde.

Para a delimitação e determinação das características morfométricas da bacia em estudo foi utilizado o Modelo de Elevação Digital (MDE) da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM). Foram necessárias as cartas 10S42ZN, 10S435ZN, 11S42ZN, 11S435ZN e 12S435ZN com resolução espacial de 30 metros, disponibilizadas pelo projeto TOPODATA do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Para o processamento e manipulação das imagens SRTM foi utilizado o software ArcGIS 10.8/ArcMap® do ESRI. Para obtenção do MDEHC em ambiente de SIG, primeiramente foram preenchidas as depressões espúrias do MDE, em seguida

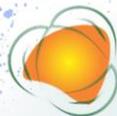
determinou-se a direção de fluxo e do fluxo acumulado e então, gerou-se a rede de drenagem numérica, para essa bacia considerou-se o acúmulo de 8 mil células ou mais.

Segundo Esri (1997), MDEHC é a melhor representação digital do relevo capaz de reproduzir, o caminho preferencial de escoamento da água superficial observado no mundo real. Para garantir melhor qualidade dos dados alguns procedimentos são imprescindíveis, como: afinar a hidrografia para caracterizar o caminho preferencial do escoamento superficial, que suavizam a rede de drenagem, visando às verificações topológicas e à orientação da hidrografia no sentido nascente-foz, realizados por procedimentos automáticos e computacionais operados a partir da aplicação do software de geoprocessamento.

A parti do MDEHC da bacia do Rio Verde foram determinadas as características morfométricas: Área de drenagem (A); Perímetro da bacia (P); Coeficiente de compacidade (Kc); Fator de forma (Kf); Índice de circularidade (Ic); Densidade de drenagem (Dd); Coeficiente de rugosidade (Rn); Coeficiente de manutenção (Cm); Índice de sinuosidade (Is); Gradientes dos Canais(G); Declividade do rio principal(S); Extensão do percurso superficial (Epe); Ordem dos cursos d'água e ainda altitude e declividade da bacia. Na Tabela 1 são apresentadas as definições e equações para a determinação de cada parâmetro.

Tabela 1: Equações e definições dos parâmetros morfométricos

Característica	Equação	Definição
Fator de Forma	$Kf = \frac{A}{La^2}$	Relaciona a forma da bacia com a de um retângulo.
Coeficiente de compacidade	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	Relaciona a forma da bacia com um círculo.
Índice de circularidade	$Ic = \frac{12,57 \times A}{P^2}$	Assim como o coeficiente de compacidade relaciona a forma da bacia com círculo de área igual.
Densidade de drenagem	$Dd = \frac{Ct}{A}$	Indica o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem e está relacionado com o tempo para a saída do escoamento superficial da bacia.
Coeficiente de rugosidade	$Rn = Hdm \times Dd$	O coeficiente de rugosidade indica a resistência escoamento na rede de drenagem.



Coeficiente de manutenção	$C_m = \frac{1}{Dd} \times 1000$	Tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento permanente.
Índice de sinuosidade	$I_s = \frac{L-L_a}{L_a} \times 100$	Expressa a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre dois pontos extremos do canal principal.
Gradientes dos Canais	$G = \frac{A_{max}}{L} \times 100$	Indica a declividade dos cursos de água em porcentagem,
Extensão do percurso superficial	$E_{ps} = \frac{0,5}{Dd}$	Representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente.
Declividade do rio principal	$S = \frac{\Delta H}{L}$	Estabelece relação entre a diferença de altitudes máxima e mínima na bacia e o comprimento total do canal principal

Onde: P = Perímetro da bacia, km; A = Área da bacia, km²; La = Comprimento axial, km; L = Comprimento do rio principal, km; Hdm = declividade média, m; Ct = Comprimento total dos canais, km; ΔH = amplitude altimétrica, m; Amax = altitude máxima, m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Verde está ocupando áreas da Depressão Sanfranciscana, Platô de Irecê e da Chapada Diamantina, e apresenta uma elevação que varia de 1766 m a 382 m com média de 660 m (Figura 2). O curso do rio principal nasce em uma região serrana, tendo sua nascente em altitude de 1100 m, segue margeando os povoados de Nanique, Macaco, Mirorós, Rio Verde e Lagoa da Palha, correndo no sentido Sul-Norte, tendo altitudes menores ao sul com valores inferiores a 500 m, apresentando um regime intermitente, principalmente em sua porção central.

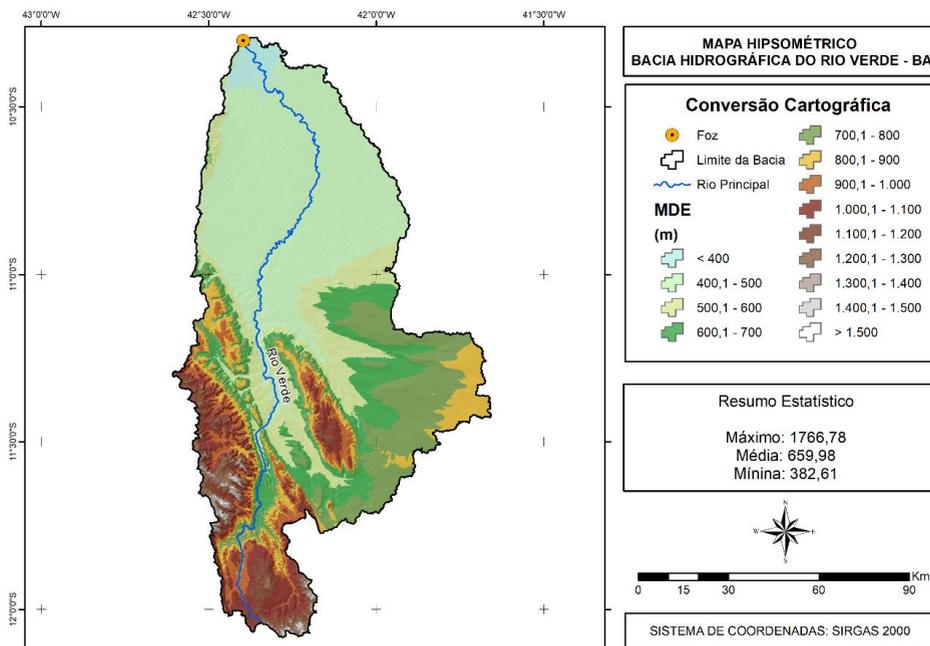


Figura 2: Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio verde - BA.

A bacia do Rio Verde apresenta uma área de 11 105,9 km² e perímetro de 791,239 km. A área de drenagem da bacia é a variável básica para mensurar a potencialidade hídrica e resposta hidrológica para a região, já que a maioria das características da bacia está, de alguma forma, correlacionada com ela. O rio principal tem o comprimento de 288,766 km, e tem uma drenagem endorreica, que ocorre quando um rio não desagua no mar, mas em outro rio ou lago, no interior do continente. Neste caso o desague é feito no rio São Francisco.

O perfil longitudinal é a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso de água para as diversas localidades situadas entre a nascente e a foz do um rio, expressando a sua declividade, ou gradiente. Para o perfil longitudinal do rio verde temos que da foz até os primeiros 150 km de percurso a altitudes são inferiores a 450 m, no qual começa se elevar de forma acentuada, onde após 280 km a atitude chega a 1100 m, onde se encontra a nascente do rio principal. Vale ressaltar que o perfil longitudinal de um rio é um elemento importante da geomorfologia da bacia de drenagem em que, juntamente com a rede de canais, fixam as condições de contorno para os processos de inclinação (Knighton, 1984).

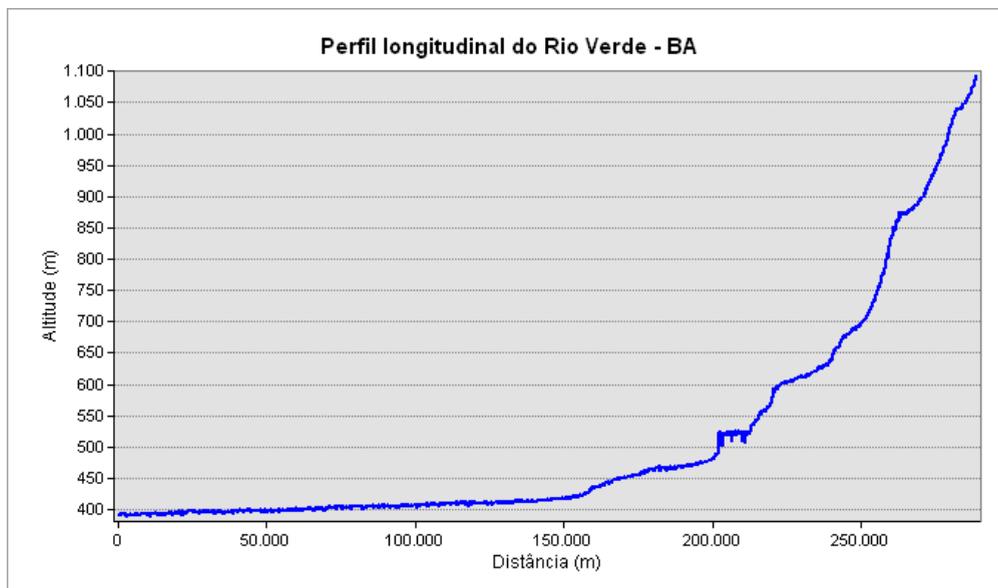
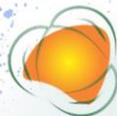


Figura 3: Perfil Longitudinal da foz a nascente do Rio Verde -BA

As características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Verde estão apresentadas na Tabela 2. Em relação a geometria da bacia o fator de forma (Kf), razão entre área e talvegue, de 0,30 mostra que temos uma bacia comprida menos sujeita a picos de enchente, pois o tempo de concentração da água precipitada é maior, além disso, o alongamento da área diminui a probabilidade de uma mesma chuva intensa atingir toda a bacia. O Índice de circularidade (Ic) de 0,22 e o Coeficiente de compacidade (Kc) de 2,10 mostra que a bacia estudada não está próxima da forma circular, sendo uma bacia cumprida, tendo tendência a conservação pois o escoamento direto de uma dada chuva não se concentra tão rapidamente como em bacias de formato mais circulares (VILLELA e MATTOS, 1975).

Tabela 2: Características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Verde.

Características Geométricas	
Área de drenagem	11.105,9 km ²
Perímetro	791,239 km
Comprimento axial da bacia	191,91 km
Fator de forma	0,30
Coeficiente de compacidade	2,10
Índice de circularidade (IC)	0,22
Características do Relevo	



Declividade	Máxima: 178,9% Média: 6,3% Mínima: 0%
Altitude	Máxima: 1766,78 m Média: 659,98 m Mínima: 382,61 m
Coefficiente de rugosidade	5,386
Características da Rede de Drenagem	
Comprimento total de todos os canais	9446,42 km
Comprimento do rio principal	288,766 km
Densidade de drenagem	0,851 km/km ²
Coefficiente de manutenção	1175,08 m ²
Declividade do rio principal	4,79 m/km 3,68%
Gradientes dos Canais	0,6%
Extensão do percurso superficial	0,587 km
Índice de sinuosidade	50,4%

Quanto a rede de drenagem o rio principal apresenta uma sinuosidade de 50,4% este índice expressa a velocidade de escoamento superficial no canal principal, segundo a classificação de Mansikkaniemi (1970) o rio é muito sinuoso e quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor.

A densidade de drenagem (Dd) na bacia é de 0,851 km/km² que reflete em uma área com drenagem regular conforme classificado por Beltrame (1994), valores baixos de Dd indicam áreas com alta infiltração e pior estruturação dos canais.

A Extensão do percurso superficial (Eps) é um importante indicador da distância média percorrida pela água precipitada e permite inferir se a bacia hidrográfica apresenta ou não risco de inundação. No atual trabalho foi obtido o valor de 0,587km, para o Eps, isso significa que água precipitada nessa bacia percorre um pequeno trajeto até chegar ao leito do rio, isso aumenta a probabilidade de ocorrer picos de cheias. A área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, Coeficiente de manutenção (Cm), para a bacia do Rio Verde é de 1175,08 m².

A declividade média de uma bacia hidrográfica é característica determinante na taxa e velocidade do fluxo de água ao longo do canal, assim como no tempo de residência



da água na bacia (Lima, 2008). A bacia do Rio Verde apresentou valores de declividade que variam de 0% a 178,9 %, com uma média de 6,3%. Na Figura 4 está apresentada a distribuição de classes de declividade. 56% da área da bacia apresenta uma declividade plana, enquanto 22,5% apresenta classe de declividade suavemente ondulada. A declividade ondulada e fortemente ondulada soma 20,3% da área com 13,3% e 7% respectivamente. As baixas declividade da bacia influenciam em vários processos hidrológicos, tais como a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo, entre outros. O rio principal por sua vez, apresentou uma declividade média de 3,68%, com valores máximos de 24,5%.

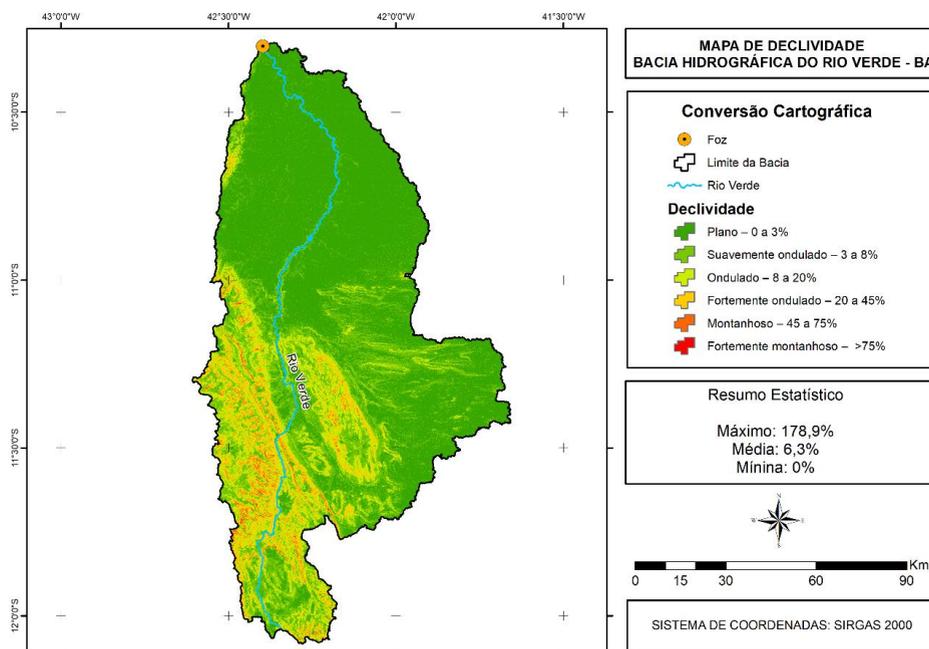


Figura 4: Classes de declividade da bacia hidrográfica do Rio Verde - BA.

O sistema de codificação de bacias desenvolvido por Otto Pfafstetter conhecido como “Otto-codificação”, associa um número de identificação único para cada bacia, que são organizadas em uma estrutura hierárquica. A bacia do Rio Verde é uma bacia de 5º posição e suas sub-bacias são de 6º posição. As sub-bacias que drenam para o Rio Verde foram as bacias do Riacho Lajedo, com 1275 km² de área; a bacia do riacho Conceição com 524,9 km²; a bacia do Baixão do Gabriel com uma área de drenagem de 2438,5 km², sendo a maior sub-bacia do Rio verde; e a bacia do riacho Bandeira com

891 km² de área. De posse do código de Otto Pfafstetter foi possível identificar a posição relativa das bacias e interbacias com relação às demais, sejam estas subdivisões ou localizadas a montante ou a jusante como apresentado na Figura 5.

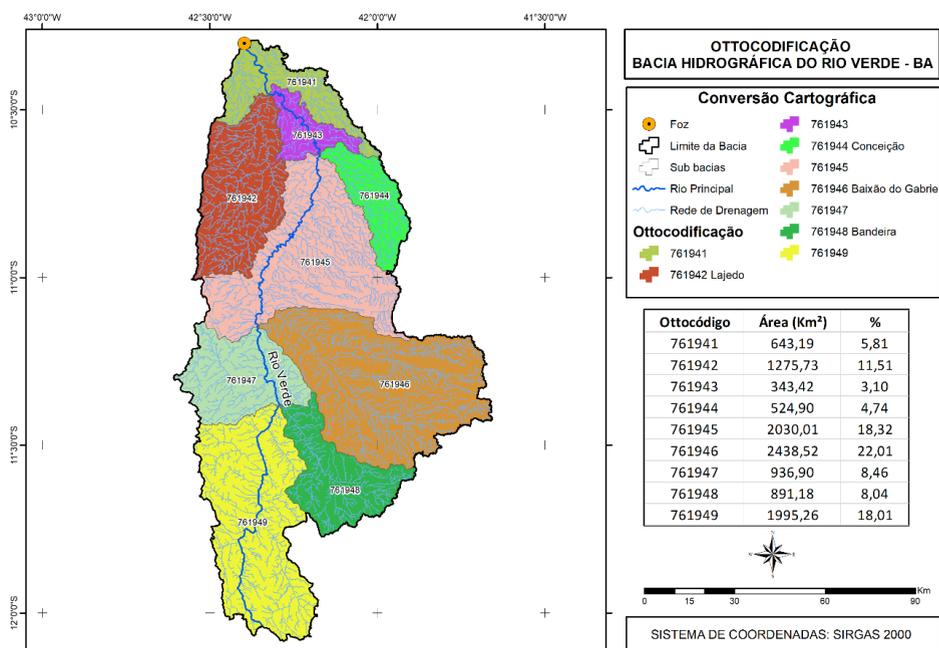


Figura 5: Ottocodificação e sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Verde - BA.

A hierarquia fluvial estabelece ordem e grau de diversos cursos d'água dentro da mesma bacia hidrográfica. No que diz respeito a rede de drenagem do Rio Verde a hierarquia entre os canais fluviais encontra-se apresentados na Figura 6. De acordo com a classificação proposta por Strahler (1954), os canais sem tributários são denominados de primeira ordem, os de segunda ordem são originados no encontro de canais de primeira ordem, os de terceira surgem da confluência de dois canais de segunda ordem e assim sucessivamente. Dessa forma, quanto maior a ordem da bacia, maior será a ramificação do sistema de drenagem. A distribuição dos canais fluviais na bacia soma 9446,42 km de rios, sendo 4890,64 km de canais de primeira ordem, 2384,7 km de segunda ordem, 1054,06 km de terceira ordem, 610,44 de quarta ordem, 199,14 km de quinta, três rios de sexta ordem somando 117,79 km e um de sétima ordem 189,64 km.

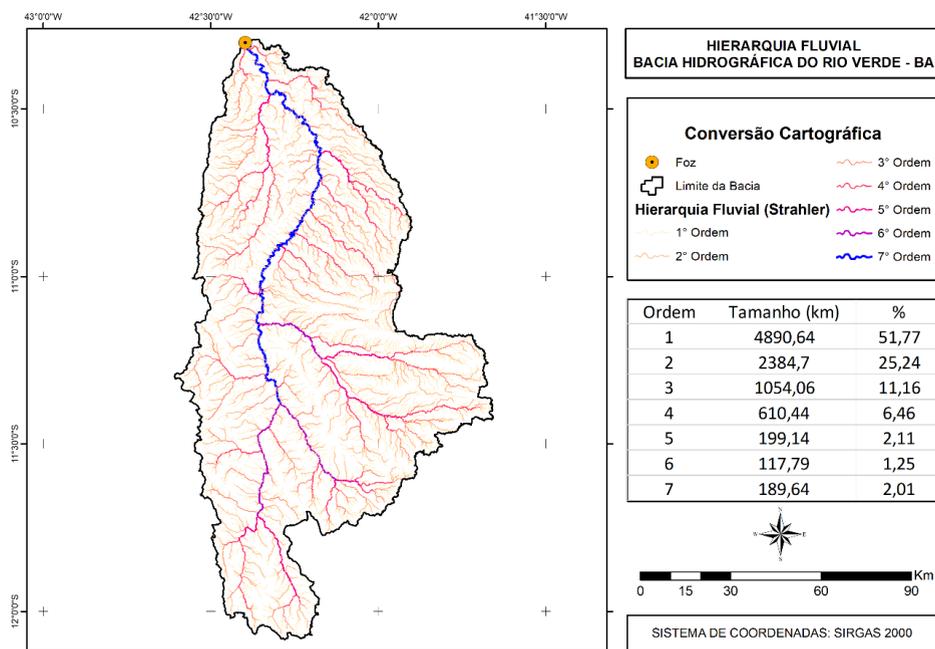
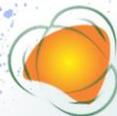


Figura 6: Hierarquia dos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio Verde – BA.

CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os dados morfológicos obtidos conclui-se que o processamento de dados espaciais pode gerar informações para auxílio na gestão e planejamento dos recursos hídricos para pequenas bacias hidrográficas. A bacia do Rio Verde demonstrou-se ser uma bacia de forma cumprida, não sujeita a inundações e com baixa probabilidade de picos de enchente como comprovado pelo Fator de forma, Índice de circularidade e coeficiente de compacidade. Sendo uma bacia com drenagem regular como mostra a Densidade de drenagem. Tendo a maior parte do território da bacia uma declividade plana. Uma Hierarquia fluvial de 7º ordem com mais de 9446,42 km de cursos d'água.

REFERÊNCIAS

ALVES, Júlia Maria de Paula; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. Influência de feições

Realização

Apoio



geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 117-124, 2016.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. ARC/INFO v.7.1.1. Help on Line. Redlands, Califórnia: ESRI, 1997.

Knighton, David. *Fluvial forms and processes* – London: Edward-Arnold Publishers Ltda, 1984, 218 p

LIMA, Walter de Paula. "**Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**." (2008).

MANSIKKANIEMI, Hannu. **Deposits of sorted material in the Inarijoki-Tana river valley in Lapland**. TURKU UNIV (FINLAND) INSTITUTUM GEOGRAPHICUM, 1970.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS (1997) - Ministério do Meio Ambiente – **Política Nacional de Recursos Hídricos – Lei Nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997, 33 páginas – Brasília – DF.

STRAHLER, Arthur N. Statistical analysis in geomorphic research. **The Journal of Geology**, v. 62, n. 1, p. 1-25, 1954.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.

Realização

Apoio