

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS COM O USO DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BENEVENTE, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL, COMO SUBSÍDIO AOS PLANEJAMENTOS AMBIENTAL E TERRITORIAL

^aFERNANDA BARBOZA DOS SANTOS, ^bFABRÍCIO HOLANDA DO NASCIMENTO

¹Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória - ES | CEP 29075-910, Brasil

^afernandabarboza1987@hotmail.com, ^bfabricio.climatologia2015@gmail.com

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo avaliar os parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do Rio Benevente, localizada na porção sul do Estado do Espírito Santo, Brasil, por meio do uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR). Para a efetivação da pesquisa foi necessário realizar um levantamento bibliográfico acerca dos principais temas abordados, como, análise morfométrica de bacia, bacias hidrográficas, uso de geotecnologias em análise ambiental, entre outros. Além disso, foram acessadas as bases cartográficas necessárias à confecção dos mapas, em *sites* de instituições públicas, como Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os resultados desta pesquisa permitiram um conjunto de conclusões acerca da área de estudo em relação aos parâmetros morfométricos e a relação desses com os processos de inundação e alagamentos, haja vista que a área de estudo é constantemente afetada por esses eventos, e em muitos casos, potencializados pelo uso e ocupação do solo inadequados. Dessa forma, o estudo proporciona aos gestores e à sociedade um aporte teórico-metodológico acerca da bacia hidrográfica em estudo, auxiliando-os na gestão e nas tomadas de decisões em relação aos planejamentos ambiental e territorial da bacia do Rio Benevente.

Palavras-chave: Sistema de informações geográficas; sensoriamento remoto; Modelo digital de elevação; planejamento ambiental.

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

EVALUATION OF MORPHOMETRIC PARAMETERS USING REMOTE SENSING PRODUCTS: CASE STUDY OF THE BENEVENTE RIVER BASIN, STATE OF ESPÍRITO SANTO, BRAZIL, AS A SUBSIDY FOR ENVIRONMENTAL AND TERRITORIAL PLANNING

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the morphometric parameters of the Benevente River watershed, located in the southern portion of the State of Espírito Santo, Brazil, through the use of Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing (RS). To carry out this research it was necessary to carry out a bibliographic survey about the main topics addressed, such as the morphometric analysis of a watershed, watersheds, the use of geotechnologies in environmental analysis, among others. Besides this, the cartographic bases necessary for the making of the maps, were accessed in sites of public institutions, such as the Jones dos Santos Neves Institute (IJSN), the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), and the National Institute for Space Research (INPE). The results of this research allowed for a set of conclusions about the study area in relation to morphometric parameters and their relationship with flooding and inundation processes, given that the study area is constantly affected by these events, and in many cases, enhanced by inappropriate land use and occupation. In this way, the study provides managers and society with a theoretical and methodological contribution about the watershed under study, helping them in the management and decision-making process regarding the environmental and territorial planning of the Benevente River basin.

Keywords: Geographic Information System; Remote Sensing; Digital Elevation Model; Environmental Planning.

Introdução

A análise ambiental de uma bacia hidrográfica, como o caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, com área aproximada de 1.207 km², é de grande relevância, tendo em vista que é um desafio a ser empreendido por pesquisadores e tomadores de decisão, sobretudo quando se considera sua importância social e ambiental para as populações que ali residem e necessitam de seus recursos.

Sendo a bacia hidrográfica uma das principais referências espaciais mais consideradas nos estudos do meio físico, as definições dessa unidade são diversas e muitas delas confusas, partindo de uma “[...] área drenada por uma rede de cursos d’água interligados” (Rodrigues e Adami, 2011, p.57), a aquelas mais complexas, como definem Rodrigues; Adami (2011):

[...] sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximos à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. (p.57).

Dessa maneira, a bacia hidrográfica envolve praticamente todos os processos referentes ao funcionamento de uma rede fluvial, que incluem alterações diretas e indiretas, desencadeadas pela água, inclusive os processos pedogenéticos, além de ser um

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

agente de transformações físico-químicas e bioquímicas dos ambientes onde circulam (Rodrigues; Adami, 2011).

Nesse contexto, Coelho (2007) afirma que entre os métodos de análise de uma bacia hidrográfica a análise dos parâmetros morfométricos refere-se ao estágio inicial, “[...] pois é nela que são estabelecidos os seus limites, a área ocupada, os principais cursos d’água, sub-bacias, hierarquia fluvial, as formas de relevo predominantes, municípios e/ou estados inseridos, entre outros” (p.2437). E estes, por sua vez, dão base para outras análises, como os estudos geológicos, os geomorfológicos, os pedológicos, as análises hidrodinâmicas, os estudos socioeconômicos e territoriais, etc. (Coelho, 2007).

Do ponto de vista físico, Christofolletti (1980) ressalta que os parâmetros morfométricos de uma bacia hidrográfica possibilitam a abordagem areal, linear e hipsométrica. No entanto, somente os parâmetros físicos não são suficientes para a compreensão do todo de uma bacia, fazendo-se necessário conhecer as relações socioeconômicas e políticas que ali são existentes, garantindo uma percepção integral do sistema. Os parâmetros morfométricos possibilitam também a identificação de suas características gerais. Assim, servem de base para os tomadores de decisão, no que se refere ao planejamento socioambiental e reestruturação regional na mesma, bem como a identificação de áreas que são mais suscetíveis a processos de inundação, possibilitando a prevenção e mitigação das consequências desses eventos (Lorenzon *et al.*, 2015; Soares; Souza, 2012).

De acordo com Vidal-Abarca *et al.* (1987), os estudos morfométricos de uma bacia hidrográfica, baseados em hierarquizações de componentes da rede fluvial, possibilitam a sistematização da diversidade de formas de uma bacia, a tipificação e as unidades territoriais. Assim, a partir da interpretação dos parâmetros morfométricos, bem como as características da área de captação fluvial, ajudam na interpretação da dinâmica da bacia hidrográfica.

Estes estudos eram desenvolvidos, e ainda são, pelo menos boa parte, através do uso de cartas topográficas, pois elas fornecem dados que subsidiam a delimitação das bacias e definição da rede de drenagem, entre outros aspectos. No entanto, outros dados surgiram ao longo do tempo, sobretudo a partir do uso dos Sistema de Informações Geográficas (SIG), e produtos derivados do Sensoriamento Remoto (SR), a exemplo dos Modelos Digitais de Elevação (MDE), como o *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e o Topodata, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (Rodrigues e b Adami, 2011).

Neuman *et al.* (2008) afirmam que os modelos digitais de elevação são muito importantes no Brasil como fonte de informações, pois embora há uma grande quantidade de informações sobre o relevo, estas, em muitos casos, não refletem os detalhes necessários em algumas regiões e em outras são inexistentes, como é o caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente. Além disso, esses modelos são importantes também aos tomadores de decisão, na medida em que fornecem dados para o planejamento ambiental

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

e são gerados a partir de fotogrametria, da topografia e do Sensoriamento Remoto, ou seja, dispensando, em alguns casos, a pesquisa de campo.

Nesta pesquisa, o conceito de SIG adotado é aquele que o define como uma tecnologia da qual se pode realizar coleta de dados, armazenamento, análise e geração de informações e saída de dados (visualização), em especial por meio de mapas (Figura 1). O Sensoriamento Remoto (SR) é conceituado como uma maneira de se obter um conjunto de informações de um objeto ou superfície sem necessariamente ter contato direto com o objeto. Essas atividades envolvem a detecção, a aquisição e a análise das informações (Rosa, 2005; Maio *et al.*, 2008).

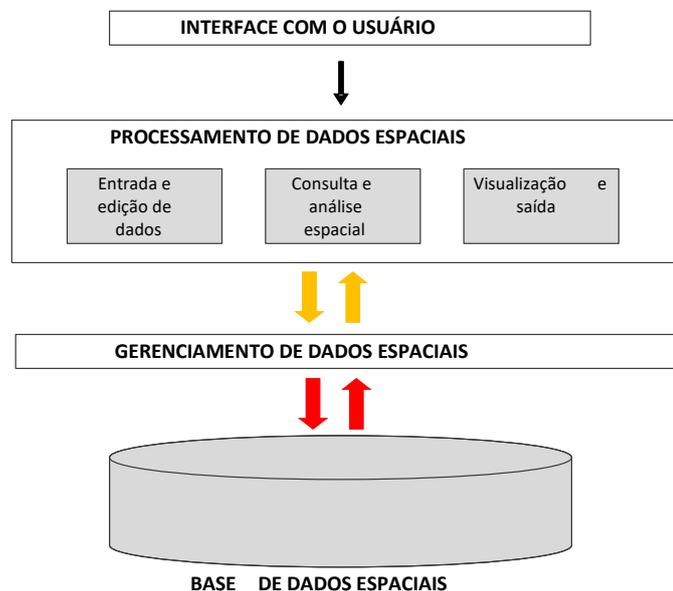


Figura 1. Estrutura de um SIG e interface com o usuário

Fonte: Câmara *et al.* (2003).

Marble *et al.* (1983), elaboraram um dos primeiros livros sobre o assunto e, na tentativa de entender o SIG melhor, os autores sugerem dividi-lo em quatro subsistemas, quais sejam: entrada, pré-processamento, análise e saída de dados espaciais.

As Geotecnologias, das quais fazem parte os SIG e o SR, são importantes tecnologias e possuem grande relevância no auxílio às pesquisas em diversas áreas do conhecimento, tanto no âmbito acadêmico quanto no profissional, sobretudo a partir do uso de sistemas de *hardwares* e *softwares* e produtos (planos de informação e produtos de Sensoriamento Remoto, a exemplo das imagens de satélites), de modo gratuito, que juntos, facilitam as aplicações e pesquisas geográficas (Coelho, 2013; Lo e Yeung, 2008).

De acordo com Burrough (1987), o SIG, ou GIS, do inglês Geographic Information System, é uma ferramenta capaz de realizar diversas funções, como processar

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

dados gráfico e não gráficos (alfanuméricos), privilegiando, principalmente, a análise espacial e modelagens da superfície.

Diante disso, este trabalho tem o objetivo de realizar um mapeamento e avaliação dos parâmetros morfométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Benevente (BHRB), localizada na porção sul do Espírito Santo por meio do uso de Geotecnologias e produtos de Sensoriamento Remoto. De modo específico, produzir material bibliográfico que possa subsidiar os tomadores de decisão na elaboração de conhecimento necessário aos planejamentos ambiental e territorial da área de estudo, auxiliando-os nas tomadas de decisão, pois se dispondo do mapeamento dessas áreas, pode-se designá-las usos mais adequados que possam minimizar os impactos negativos do uso e ocupação do solo inadequados.

Esse trabalho se justifica pela sua importância para a área de estudo, considerando que a BHRB, frequentemente tem sido acometida por enchentes, inundações e alagamentos, em especial no baixo curso do Rio Benevente e nos municípios de Anchieta e Alfredo Chaves, conforme apontam pesquisas desenvolvidas por Coelho (2010) e Lorenzon *et al.* (2015).

2. Localização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Benevente (BHRB) localiza-se na porção sul do Estado do Espírito Santo, Brasil e compreende parte dos municípios de Guarapari, Alfredo Chaves, Anchieta e uma pequena parte de Piúma, que juntos somam uma população de 188.130 habitantes (IBGE, 2017). Possui uma área de aproximadamente de 1.207 km² e é uma importante unidade de abastecimento dos municípios citados (Figura 2).

A área de estudo faz parte das doze (12) bacias hidrográficas (BH) do estado do Espírito Santo, segundo o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA).

Coelho (2010), ao realizar uma pesquisa em um dos municípios desta bacia (Anchieta), menciona a complexidade da rede hidrográfica da área de estudo, sobretudo no baixo curso do Rio Benevente, em especial na porção centro-sul do município de Anchieta, destacando-se os córregos Mambuaca, Cedro, São Lourenço, Arrozal, Bela Vista e o Rio Pongal.

Do ponto de vista climatológico, a área de estudo é influenciada por basicamente todos os sistemas atmosféricos que influenciam o *tempo*¹ e o clima do Espírito Santo. Por sua localização próxima ao litoral sul do Estado, as condições da atmosfera local sofrem efeitos da maritimidade e recebe influência de massas de ar provindas do oceano Atlântico. De acordo com as estações pluviométricas localizadas ao longo da bacia, da Agência Nacional de Águas (ANA), os totais pluviométricos podem chegar a valores

¹ Doravante quando o termo for mencionado ele será grifado em *itálico*.

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

acima de 1.800mm, sobretudo nas áreas mais elevadas (estação de Vila Nova Matilde, a 980 metros de altitude, enquanto nas áreas com cotas mais baixas, os valores de pluviosidade são reduzidos, como por exemplo, em Anchieta, a 6 metros de altitude (Tabela 1).

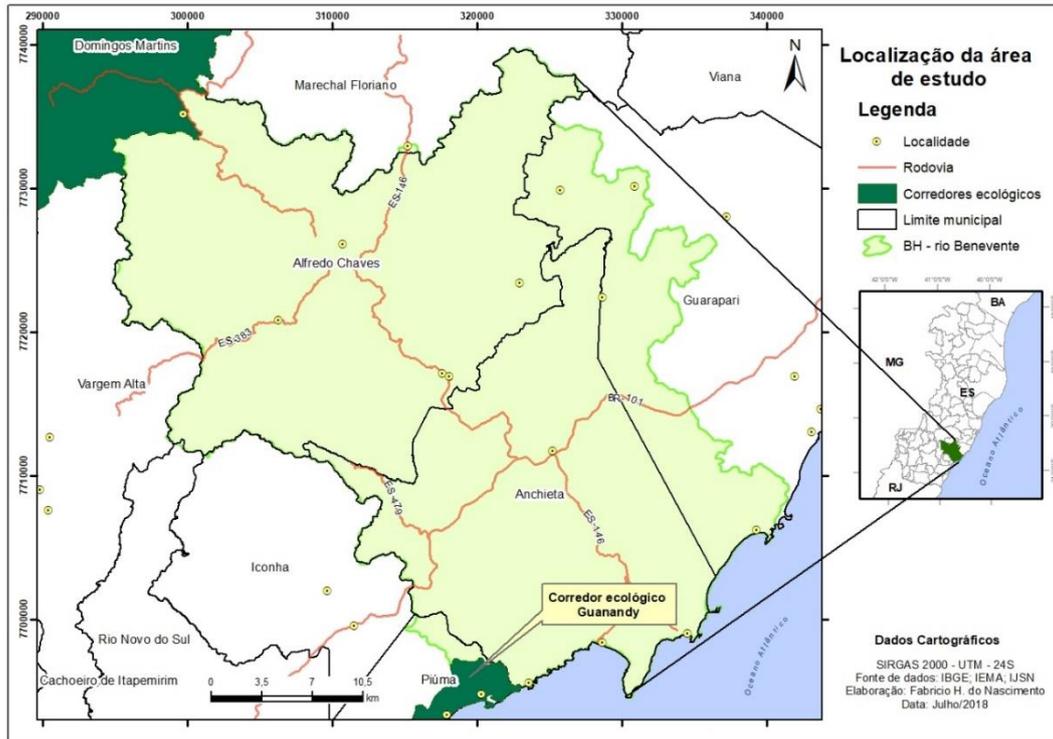


Figura 2. Localização da área de estudo - bacia hidrográfica do Rio Benevente.

Fonte: Organizado pelos autores, 2018.

Tabela 1. Dados das estações pluviométricas localizadas na bacia hidrográfica do rio Benevente (série histórica 2000 – 2017)

Estação	Código	Altitude (m)	X	Y	Média anual (2000-2017)
Guarapari (DNOS)	2040004	8	342838,93	7715613,71	1316,02
Iguape	2040027	8	343664,72	7723245,31	Sem dados
Alfredo Chaves (DNOS)	2040002	100	317662,66	7717450,03	Sem dados
Matilde (DNOS)	2040011	515	311169,26	7725863,96	1715,79
Vila Nova MARAVILHA	2040020	980	296840,92	7722288,28	1821,42
Anchieta (DNOS)	2040009	6	327693,33	7698703,90	1130,85
Anchieta_Jabaquara	2040063	40	325119,99	7711919,06	Sem dados

Fonte: ANA (2018).

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

No que se refere ao uso e cobertura do solo, a área de estudo é caracterizada por mata nativa, cultivos agrícolas (maior parte da economia dos municípios que compõem a bacia), pastagem/solo exposto, área urbanizada e extração mineral, conforme pode ser observado na Figura 3.

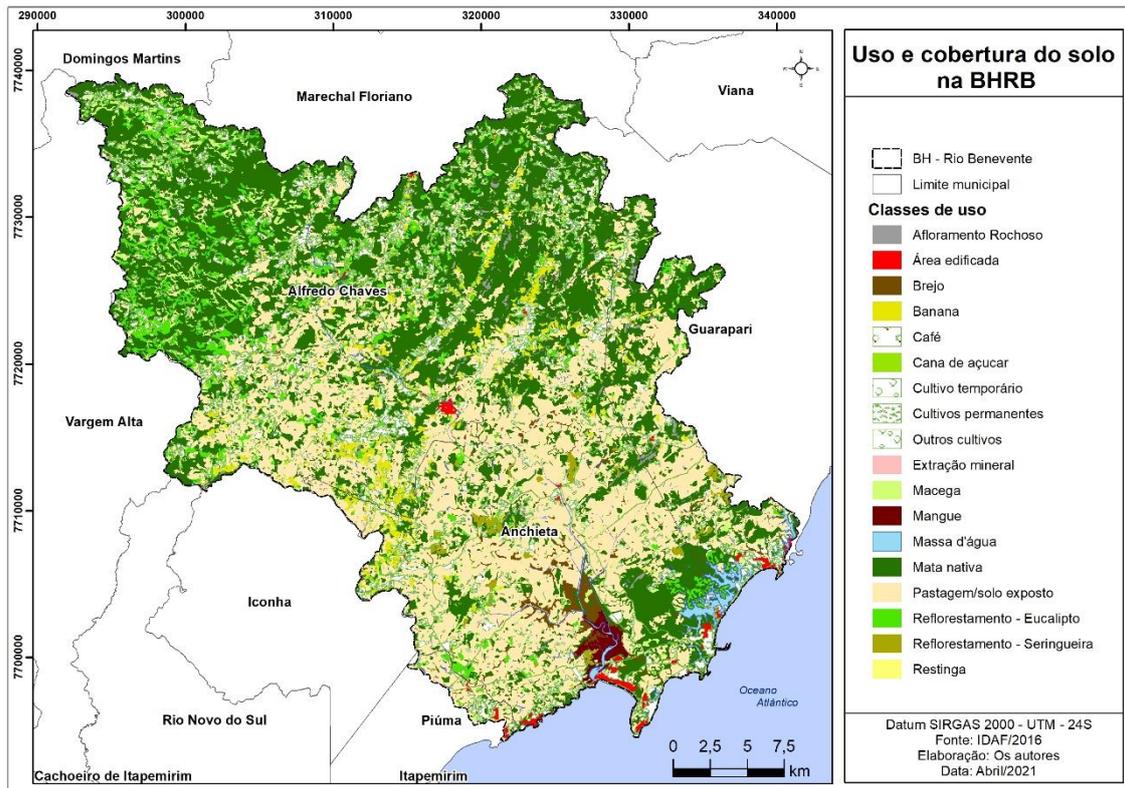


Figura 3. Uso e cobertura do solo na BH do Rio Benevente

Fonte: IDAF/2016. Elaborado pelo autores, 2021.

Em relação a questão geoambiental a área de estudo possui atributos naturais de grande relevância e originalidade, possuindo áreas de proteção ambiental (APA), em especial no município de Anchieta, como o Parque Monte Urubu, o Parque Serra de Itaperoroma, a estação ecológica municipal dos Papagaios, dentre outros. Ademais, é possuidora de um ambiente de valor cênico e arqueológico (Sambaquis e as ruínas do Rio Salinas) (Coelho, 2010).

3. Materiais e métodos

Para que os objetivos deste trabalho fossem alcançados foi necessário dividi-lo em pelo menos três etapas. A primeira, que corresponde aos trabalhos de gabinete, refere-se a busca de referencial teórico-metodológico entre livros, teses, dissertações e artigos científicos que abordam os principais temas mencionados no texto, tais como: análise de

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

bacias hidrográficas, uso de geotecnologias na análise ambiental, parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas, entre outros. Também, nesta etapa foram acessadas as bases cartográficas necessárias ao mapeamento dos parâmetros morfométricos da área de estudo destacada, entre *Vetorial* e *Raster*, conforme tabla 2.

Tabela 2. Origem dos dados cartográficos utilizados no trabalho

Dados cartográficos	Estrutura de dados	Instituição	Site de pesquisa
Limite municipal_ES	Vetorial	IJSN/Geobases	http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/ ; https://geobases.es.gov.br/mapas-munic%C3%ADpios-es
Ottobacias_hidrográficas	Vetorial	IJSN/IEMA	http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/ ; http://i3geo.iema.es.gov.br/aplicmap/geral.htm?9fac85211c0de83bc9a8d59b4503610a
Estradas e rodovias	Vetorial	IJSN/Geobases	http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/ ; https://geobases.es.gov.br/mapas-munic%C3%ADpios-es
Corredores ecológicos	Vetorial	IEMA	http://i3geo.iema.es.gov.br/aplicmap/geral.htm?9fac85211c0de83bc9a8d59b4503610a
Uso e cobertura do solo_ES	Vetorial	IDAF/IJSN/Geobases	https://geobases.es.gov.br/downloads
Localidades_ES	Vetorial	IJSN/Geobases	http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/ ; https://geobases.es.gov.br/mapas-munic%C3%ADpios-es
MDE_Topodata	Raster	INPE	http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/

Fonte: Organizado pelos autores, 2018.

Após o levantamento da base de dados deu-se início ao mapeamento dos parâmetros morfométricos da bacia, referindo-se à segunda fase da pesquisa. Neste âmbito, abriu-se um projeto no SIG ArcGIS® 10.5, extensão ArcMap, a mais utilizada em trabalhos científicos e acadêmicos. Assim, foram gerados os mapas hipsométrico, declividade, orientação de vertentes, características das vertentes, hierarquia de rios e densidade de drenagem. A terceira etapa da pesquisa foi dedicada à discussão, análises dos resultados, bem como as principais considerações. A Figura 4 refere-se ao fluxograma que sintetiza a metodologia utilizada no mapeamento dos parâmetros morfométricos. Vale lembrar que todos os dados, vetoriais e raster, estão georreferenciados de acordo com o Datum Sirgas 2000, projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM) e zona 24S, conforme aponta Fitz (2008), no intuito de estabelecer uma padronização cartográfica.

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

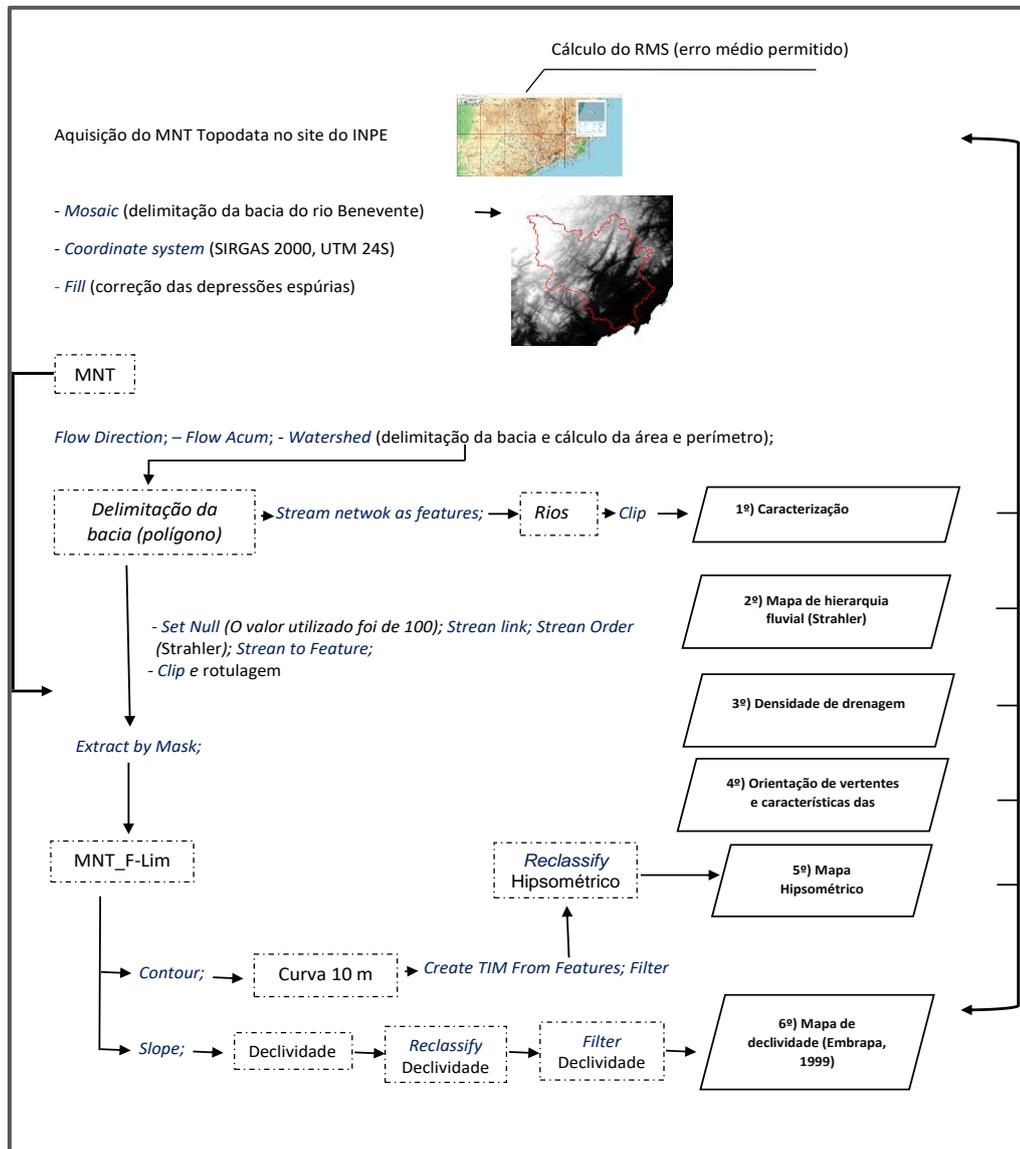


Figura 4. Fluxograma sintetizado da elaboração dos mapas.

Fonte: Coelho (2007), adaptado pelos autores, 2018.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Mapa hipsométrico

Para o mapa hipsométrico foi usada a estrutura da grade triangular conhecida como *Triangular Irregular Network (TIN)*. Esta estrutura é do tipo vetorial, de topologia de tipo nó-arco, o que possibilita a análise do relevo através de uma rede triangular interligada. Coelho (2007) afirma que o mapa hipsométrico permite uma melhor

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

avaliação do relevo, à medida que por meio deste, é possível observar os limites e a ocorrência das principais serras encontradas no interior de uma bacia.

A Figura 5 apresenta o mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Rio Benevente. Neste, é possível observar altitudes que variam de 0 a 1.560 metros. A porção noroeste certamente é a mais elevada, com altitudes que podem chegar a 1.560 metros, é caracterizada por uma forte dissecação do relevo, certamente, produto de ação geológica aliada a ação das chuvas e pela densa rede de drenagem do local que será analisada *a posteriori*. Por outro lado, na porção sudeste da bacia, notam-se cotas que não ultrapassam os 700 metros, e majoritariamente por altitudes abaixo dos 173 metros, além de ser a porção mais densamente ocupada, a área é acometida, com frequência, por intensos processos de enchentes, inundações e alagamentos, sobretudo em períodos de fortes chuvas (Coelho, 2010; Lorenzon *et al.*, 2015).

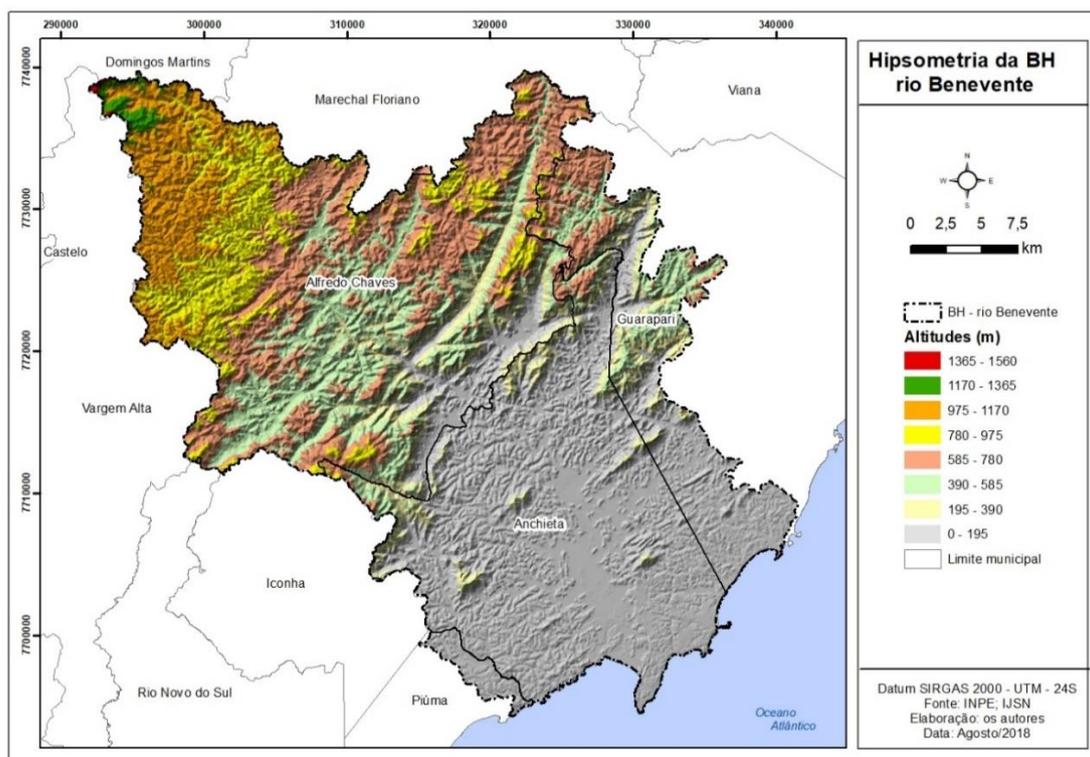


Figura 5. Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Rio Benevente.

Fonte: Organizado pelos autores, 2018.

4.2. Mapa de declividade

A declividade do relevo pode ser definida como o grau de inclinação do terreno em relação a um plano horizontal. O cálculo é baseado na variação entre dois pontos do terreno, ou seja, as curvas de nível em relação as distâncias que os separa. A declividade

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

é um atributo importante para o planejamento e gestão de bacias, em especial no que se refere a forma de racionalizar o manejo e a gestão dos recursos hídricos (Tonello *et al.*, 2006).

Dessa forma, quanto mais próximas forem as isolinhas mais inclinado (escarpado) é o terreno, e quanto mais distantes forem as cotas mais plano é o terreno. Geralmente, sua representação é dada em graus ou em percentual. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999), classifica a declividade em classes e em percentual, sendo que cada uma das seis classes representa uma característica do relevo, que varia de plano a forte-montanhoso. A Figura 6 apresenta as classes de declividades encontradas na área de estudo e seus respectivos percentuais (Tabla 3).

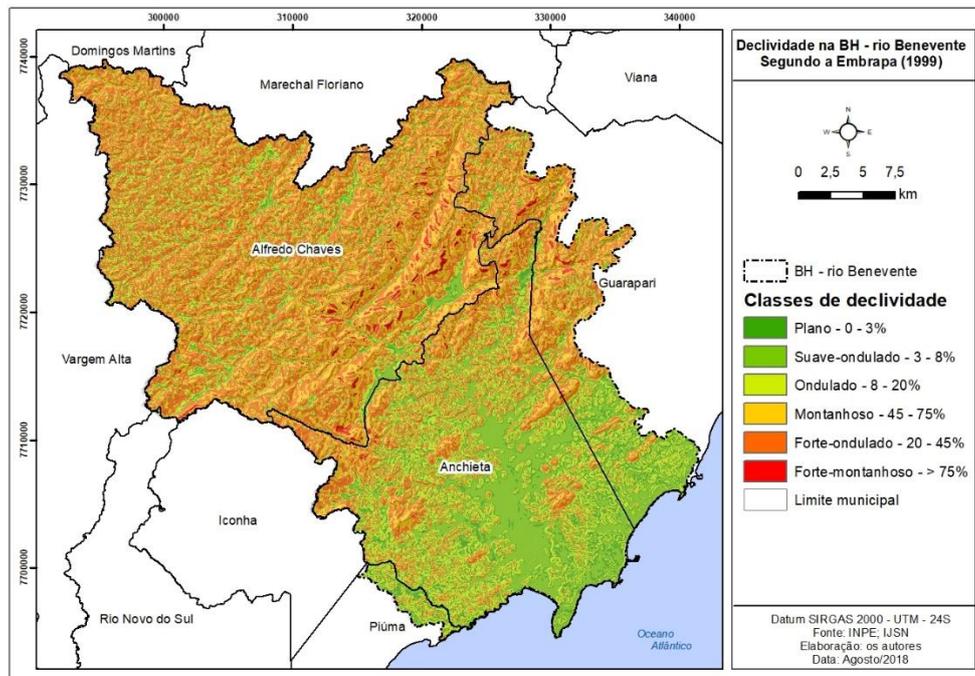


Figura 6. Mapa de declividade da bacia hidrográfica do Rio Benevente.

Fonte: Organizado pelos autores, 2018.

Por meio do mapa é possível identificar que as declividades na área de estudo variam de plano (0 a 3 %) a forte montanhoso (acima de 75 %). Neste contexto, mais de 63 % do relevo da BHRB é ondulado a forte ondulado, com declividades que podem chegar a 45 %, principalmente na porção noroeste da bacia, que são justamente as áreas mais elevadas (altitudes acima de 1.500 metros). Todavia, as áreas à sudeste da bacia são classificadas entre plano a suave-ondulado, com declividades de até 8 %, que correspondem juntas a cerca de 20 % da área de estudo, áreas estas suscetíveis a processos de inundação, sobretudo em períodos de fortes chuvas, nos meses de novembro a janeiro, caracterizados como período chuvoso na região Sudeste do Brasil.

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

Tanto em Alfredo Chaves quanto em Anchieta, é possível identificar áreas com declividades acima de 45 % ocupadas, seja por áreas urbanas, seja por áreas agrícolas. Em contrapartida, também é possível identificar áreas de planície de inundação densamente ocupadas, conseqüentemente o solo desses locais são pavimentados, conforme pode ser observado na Figura 3, acarretando diversas conseqüências, como diminuição do escoamento superficial das águas e corroborando com o aumento dos processos de inundação e alagamentos (Coelho, 2010; CPRM, 2016; Lorenzon *et al.*, 2015).

Na porção mais elevada da bacia, há ocorrências de chuvas orográficas, notadamente no município de Alfredo Chaves, fato que potencializa a ocorrência de processos de escoamento superficial, e conseqüentemente enchentes e inundações, em especial nas áreas mais baixas da bacia, nas áreas urbanas de Alfredo Chaves e Anchieta.

Tabela 3. Classes de relevo e seus respectivos percentuais, segundo a EMBRAPA, da área de estudo

Classes de relevo	Percentual (%)	Área (km ²)
Plano - 0 – 3 %	9,65	116,41
Suave-ondulado - 3 – 8 %	10,08	121,60
Ondulado - 8 – 20 %	25,50	307,62
Forte-ondulado - 20 – 45 %	38,64	466,13
Montanhoso - 45 – 75 %	14,50	174,92
Forte-montanhoso - > 75 %	1,63	19,66
Total	100	1.206,35

Fonte: Organizado pelos autores, 2018.

A Figura 7 refere-se à área urbanizada do município de Alfredo Chaves, situada em um fundo de vale, praticamente toda alagada, após um evento de fortes chuvas que ocorreu no mês de janeiro de 2020 sobre parte do Estado do Espírito Santo, nomeadamente devido a influência de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Além da ZCAS, entre os dias 17 e 18, uma frente fria passou sobre o Sudeste brasileiro, e associado aos ventos úmidos da costa do Espírito Santo, trouxe consigo elevados volumes de chuva que afetou, pelo menos, metade do Espírito Santo, trazendo consigo diversos impactos devido a processos de inundações e alagamentos (INCAPER, 2020)². Além disso, é possível observar áreas com declividades acentuadas com ocupação humana, situação não recomendada pela legislação ambiental brasileira, definida pela Lei 12.651/2012, em seu artigo 4º, parágrafo V como área de preservação permanente (APP).

² Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER (2020). **Informativo climático mensal do Espírito Santo – janeiro/2020**. Disponível em <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/informativo-climatico>, acesso em 10 abril 2021.

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>



Figura 7 - Área urbanizada do município de Alfredo Chaves. Inundação ocorrida após fortes chuvas do dia 17 de janeiro de 2020.

Fonte: Jornal A Gazeta, 2020³.

4.3. Perfil de curvatura

Em geomorfologia as vertentes são unidades básicas do relevo. De igual modo, elas também são consideradas como fator fundamental na explicação e compreensão do desenvolvimento da paisagem. Segundo Veloso (2002), as vertentes são elementos da superfície terrestre inclinada em relação a um plano horizontal, podendo ser dos tipos retilíneo, côncavo e convexo.

A importância de se analisar as formas das vertentes em um determinado lugar está relacionada à sua influência, direta e indiretamente, no escoamento superficial das águas (fluvial e pluvial) e da erosão (IBGE, 2009). Neste sentido, as superfícies de forma convexas referem-se aquelas onde o fluxo de água se espalha, conquanto que as superfícies de forma côncavas são consideradas como coletoras de água, ou seja, favorecem a convergência de fluxo de água (IBGE, 2009; Mikosik, 2010).

Na área de estudo, boa parte de suas vertentes é caracterizada como convexas e côncavas. Na porção noroeste da bacia, cujas as altitudes e declividades são elevadas, as superfícies são majoritariamente côncavas, fato que evidencia uma forte dissecação do relevo, com uma grande quantidade de vales encaixados (Figura 8). Na porção centro-sudeste as superfícies são bem distribuídas entre côncavas e convexas. No entanto, ressalta-se mais uma vez que é justamente área da bacia mais suscetível a processos de inundação e a porção mais urbanizada da área de estudo, conforme pode ser observado na Figura 3.

³ Jornal A Gazeta/ES (2020). “Sobe para seis o número de mortos após fortes chuvas no ES”. Notícia do dia 18/01/2020. Disponível em: <<https://www.agazeta.com.br/es/sul/sobe-para-seis-o-numero-de-mortos-apos-fortes-chuvas-no-es-0120>>, acesso em 06 abril 2021.

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

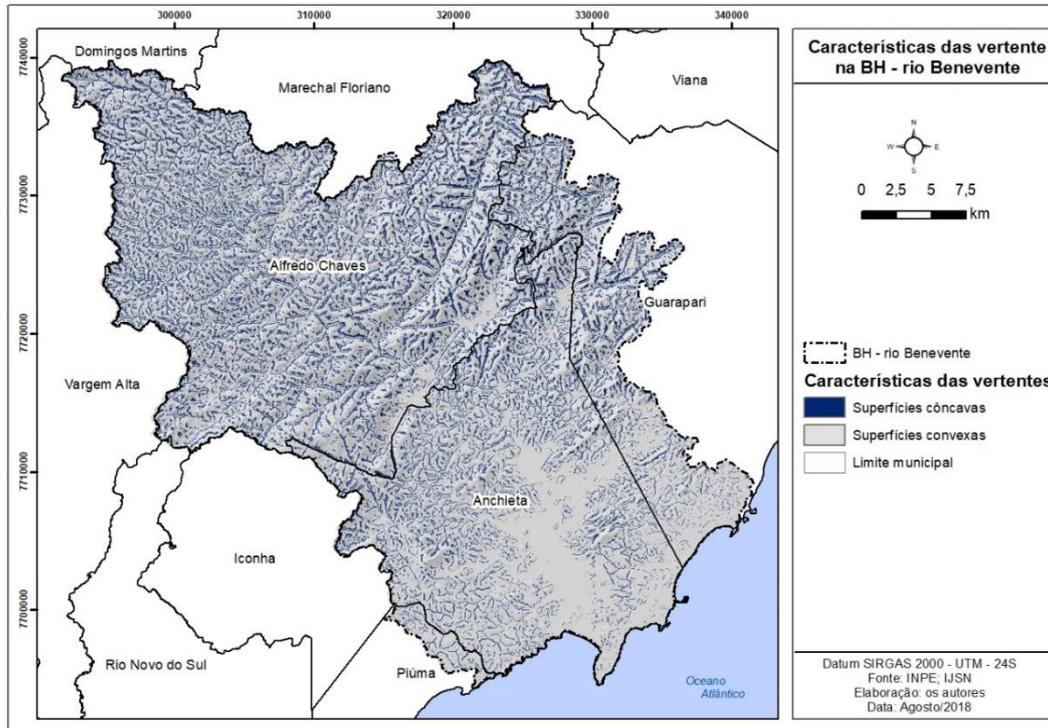


Figura 8 – Características do relevo da bacia hidrográfica do Rio Benevente.

Fonte: Organizado pelos autores, 2018.

4.4. Mapa de orientação de vertentes

O estudo das vertentes, sem sombra de dúvida, é muito importante para a compreensão de diversos fenômenos geoambientais. E a avaliação da orientação do relevo não é diferente. Ela possibilita a compreensão dos fluxos de água das chuvas, a exposição da vertente à insolação, entre outras. Geiger (1980) relaciona fatos climáticos à orientação das vertentes. Dessarte, o autor assevera que “[...] o clima das encostas, ou clima das exposições, é determinado, em primeiro lugar, porque as superfícies inclinadas recebem da radiação solar direta mais ou menos calor do que as superfícies horizontais” (p.382).

Segundo Valeriano (2008) a orientação das vertentes refere-se a uma medida em ângulo horizontal da direção do escoamento superficial. Esta medida, na maior parte das vezes é expressa em azimute, ou seja, em relação ao norte geográfico (graus), assim, relacionada ao sistema cardeal.

Como já mencionado, o estudo da orientação das vertentes é imprescindível. Em latitudes altas, a orientação das vertentes possui uma maior influência no regime térmico, e conseqüentemente, hídrico também. Já em regiões de clima temperado, este mecanismo

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

atua na distribuição de sistemas agrícolas. Assim, a orientação das vertentes torna-se um conhecimento de grande relevância para os planejamentos ambiental e territorial (Valeriano, 2008, p.95).

A Figura 9 apresenta o mapa de orientação de vertentes da bacia hidrográfica do Rio Benevente. Nele, é possível perceber que as vertentes com direção norte, áreas que recebem mais calor e umidade no Hemisfério Sul, estão concentradas sobretudo nas porções centrais e noroeste da bacia.

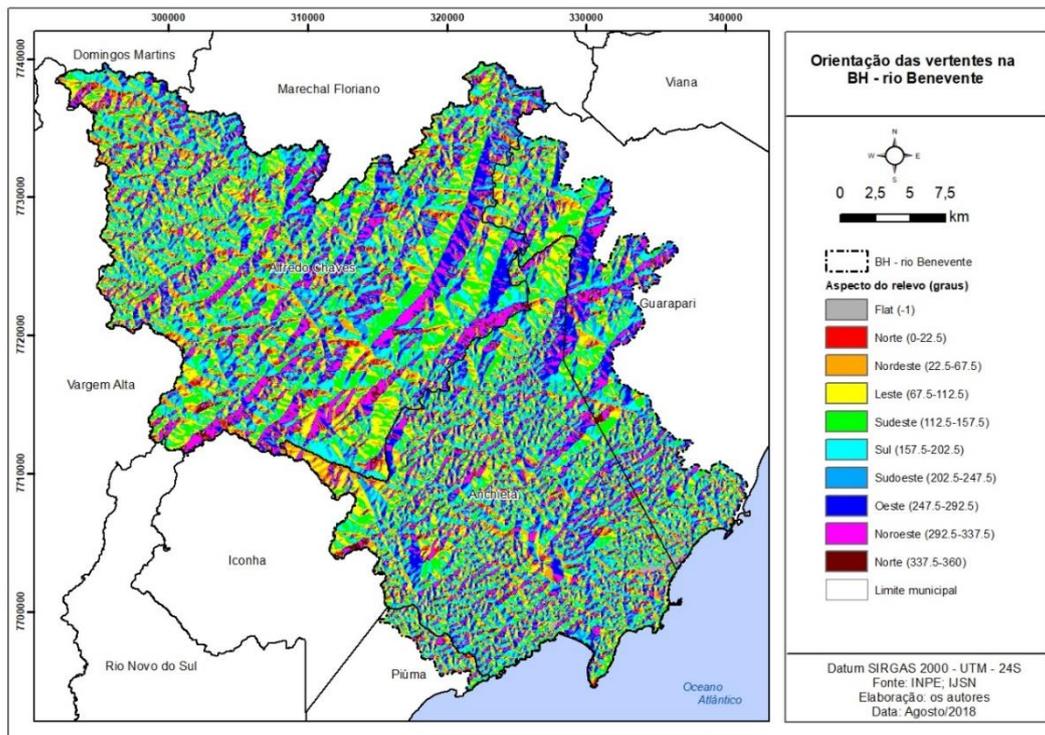


Figura 9 – Mapa de orientação de vertentes na BH do Rio Benevente.

Organizado pelos autores/2018.

4.5. Mapa de hierarquia fluvial

A hierarquia fluvial de uma bacia hidrográfica diz respeito ao estabelecimento de uma classificação de um curso d'água (ou a área drenada a qual ele pertence) no todo da bacia. Seu estudo é justificado devido sua importância no que se refere aos estudos morfométricos de uma bacia e ao gerenciamento físico-econômico da mesma (Coelho, 2007).

Dentro do sistema de classificação da hierarquia de rios há dois modelos principais: o de Horton (1945) e o de Strahler (1952). Neste último, considerado nesta pesquisa, os canais de drenagem sem tributários são entendidos de primeira ordem,

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

estendendo-se da nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem; os de terceira ordem, a partir de dois de segunda ordem, e assim sucessivamente.

Segundo a classificação de Strahler (1952), a BH do Rio Benevente possui canais de até 5ª ordem, conforme Figura 10. A nomeação dos rios foi desenvolvida a partir da carta topográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) e pelo mapeamento da rede hidrográfica da Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH, 2016).

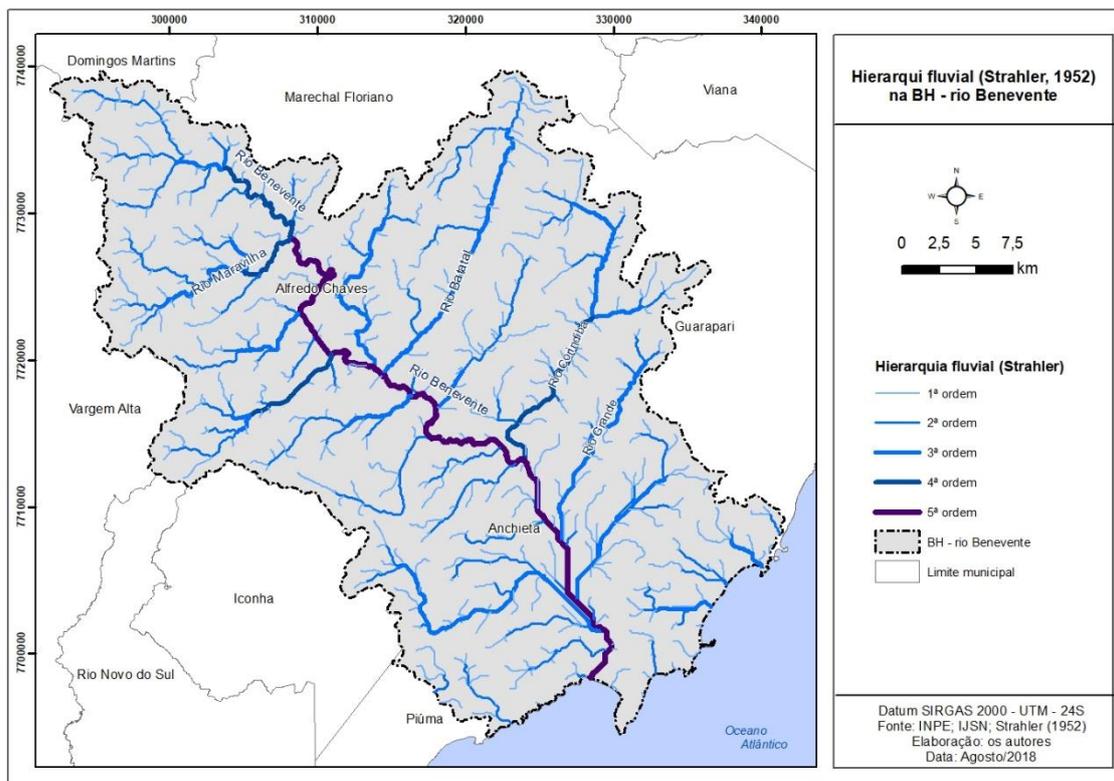


Figura 10 – Mapa de hierarquia fluvial na BH do rio Benevente.

Fonte: Organizado pelos autores, 2018.

Conforme o mapa de hierarquia fluvial (Figura 8), o rio principal (Rio Benevente) pertence a uma hierarquia de 5ª ordem, considerado um rio permanente de médio porte com cerca de 80 km de comprimento, da sua nascente, no município de Alfredo Chaves, até sua foz com o oceano Atlântico, em Anchieta. A importância desse parâmetro é justificada pelo fato de a hierarquia de uma rede de drenagem fornecer dados acerca deste sistema. Assim, quanto maior a hierarquia de drenagem de uma bacia maior será sua complexidade hidrológica, maior extensão dos rios e maior a capacidade da bacia de receber elevados valores de fluxos (Pinheiro, 2003). Nesse contexto, na área de estudo,

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

na porção sudeste da bacia, onde percebe-se rios de até 3ª ordem, é caracterizada por áreas urbanizadas, que em períodos de fortes chuvas são acometidas por inundação e alagamentos. Além disso, nessa porção da bacia, são encontradas áreas industriais (mineração), como o Pólo Industrial de Serviços de Anchieta, na margem esquerda do Rio Benevente, inclusive abrangendo parte de áreas que são protegidas por lei (lei municipal de nº 13/2006), e um projeto que prevê a construção de um porto e ampliação de um parque de pelotização, um terminal de extração de petróleo e gás natural (Coelho, 2010).

4.6. Mapa de densidade de drenagem

A densidade de drenagem é um importante atributo em estudos de bacias hidrográficas, pois ela indica menor ou maior velocidade com que o fluxo de água deixa a bacia. Cardoso *et al.* (2006) afirmam que esse parâmetro fornece informações acerca do desenvolvimento da rede de drenagem, bem como sua eficiência. Nessa perspectiva, como aponta Christofolletti (1969), quanto mais alto o valor da densidade de drenagem, menor será o processo de infiltração e melhor a estruturação dos canais.

A Figura 11 apresenta a densidade de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Benevente. Neste, é possível observar que a porção sudeste da área de estudo possui densidades que variam de 1,2 a 2,3 km², caracterizando a porção como a que possui a melhor estruturação dos canais.

4.7. Outros parâmetros estatísticos

A Tabela 4 apresenta os dados estatísticos que foram gerados a partir de cálculos na calculadora geométrica do SIG ArcGIS® 10.5, extensão ArcMAP (*Calculate Geometry*). Destaque para o índice de circularidade (0,22 IC) que para conhecê-lo, foi utilizada a metodologia desenvolvida por Schumm (1956), em que índices de circularidade (Ic) abaixo de 0,51 revelam que a bacia hidrográfica tende a ser mais alongada, fato que favorece o processo de escoamento superficial, conquanto que índices com valores maiores há a suscetibilidade a processos de inundação. Cardoso *et al.* (2006) apontam que: “Em bacias com forma circular, há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem, simultaneamente, em toda sua extensão concentrando grande volume de água no tributário principal.” (p.244).

O perímetro da bacia foi calculado a partir da ferramenta *Calculate Geometry*, disponível no ArcMap, e que refere-se ao comprimento médio ao longo dos divisores de água da bacia. O parâmetro comprimento de canais foi gerado na mesma ferramenta mencionada, e constitui-se na medida em planta da nascente até a sessão de referência de cada tributário, incluindo o rio principal de 5ª ordem (Coelho, 2007).

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

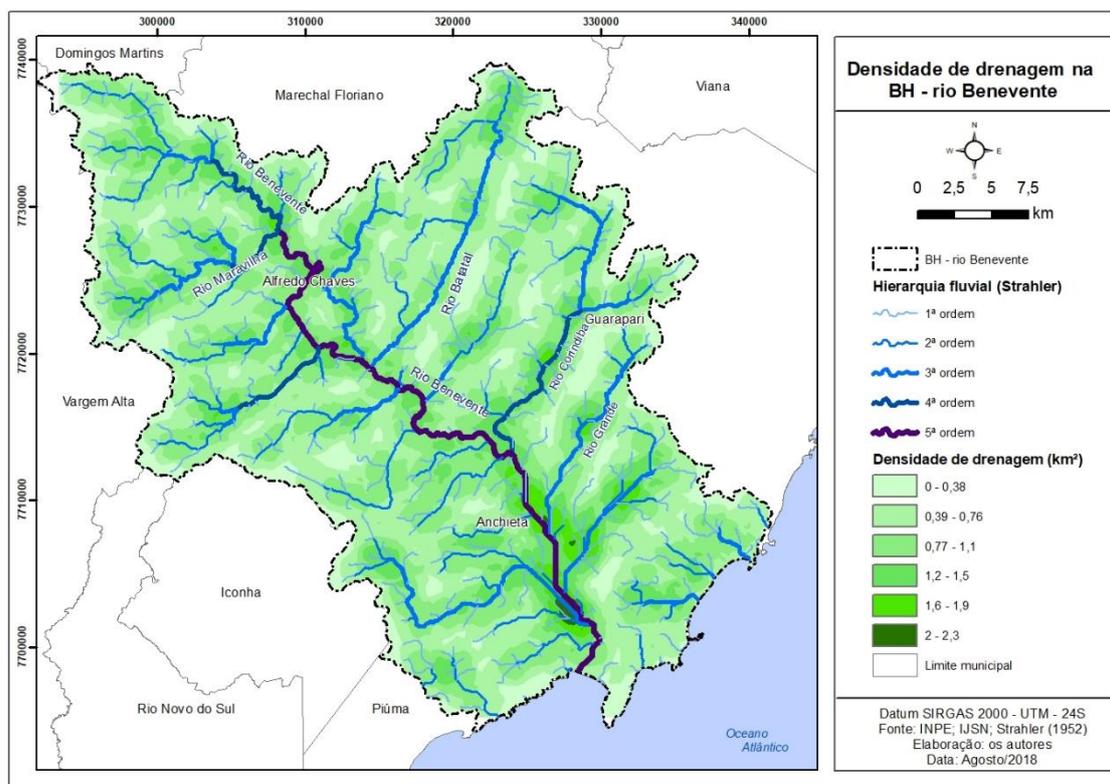


Figura 11. Mapa de densidade de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Benevente

Fonte: Organizado pelos autores, 2018.

Tabela 4. Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do Rio Benevente

Parâmetros	Medida	Método de análise
Área da bacia	1.206,35 (km ²)	Calculate Geometry (ArcMap 10.5)
Perímetro da bacia	261,49 (km)	Calculate Geometry (ArcMap 10.5)
Cumprimento dos canais	972,21 (km)	Calculate Geometry (ArcMap 10.5)
Densidade de drenagem	0,806 (km/km ²)	$Dd=Lt/A^*$
Índice de circularidade	0,22 (IC)	Método de Schumm (1956) $(Ic = 12,57 \cdot A/P^2)^{**}$

Fonte: Organizado pelos autores, 2018.

*Onde Dd = Densidade da drenagem (km/km²); Lt = comprimento total dos rios (km); A = área da bacia (km²). **Ic = índice de circularidade; A = área da bacia (km²); P = perímetro da bacia (km).

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

5. Considerações finais

A metodologia empregada nesta pesquisa foi importante na elaboração e identificação dos parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do Rio Benevente, localizada na porção Sul do Estado do Espírito Santo, Brasil. Assim, os resultados foram satisfatórios, considerando a escala de análise, pois os mapas gerados refletem a realidade da bacia estudada. Nesse contexto, os dados e informações geradas nesta pesquisa podem ser utilizados na análise ambiental da bacia, pois fornece aos gestores e à sociedade maior aporte teórico-metodológico acerca das características físicas da BHRB.

O modelo digital de elevação (MDE), Topodata, de 30 metros de resolução, atende bem a estudos em escalas semelhantes a desta pesquisa, pois possuem precisão adequada para os objetivos propostos. Além disso, ressalta-se que os dados cartográficos e o MDE utilizado nesta pesquisa podem ser acessados gratuitamente pela *internet*, garantindo assim, estudos satisfatórios e sem custo ao pesquisador.

Não é pretensão desse estudo esgotar aqui as possibilidades de análise, mas abrir caminhos para que outras propostas envolvendo o uso do SIG, aliado a técnicas em SR possam continuar/aperfeiçoar esta pesquisa na área de estudo e em outras localidades do Espírito Santo, possibilitar o conhecimento do território capixaba e garantir aos tomadores de decisão referencial científico que possa ser útil na definição de estratégias e diretrizes de uso e ocupação do solo, bem como para os planejamentos ambiental e territorial nas bacias hidrográficas do Estado.

Referências bibliográficas

Burrough, P.A. (1987). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Clarendon Press, Oxford. 193p.

Brasil (2012). **LEI 12.651 de 25 de maio de 2012**. Estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>, acesso em 11 abril 2021.

Brasil. Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2016). Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: Município de Alfredo Chaves. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15873>>, acesso em 11 abril 2021.

Christofoletti, A. (1969): Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*, v. 18, n. 9, p. 35-64.

Christofoletti, A. (1980): *Geomorfologia*. 2ª Ed. São Paulo: Edgard Blücher.

Coelho, A. L. N. (2007): Aplicações de geoprocessamento em bacias de médio e grande porte. Anais XIII Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 de abril, p. 2437-2445.

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

Coelho, A. L. N. (2010): Uso de produtos de sensoriamento remoto para delimitação de área efetivamente inundável: estudo de caso do baixo curso do rio Benevente Anchieta – ES. *Revista Geográfica Acadêmica* v.4, n.2, xii.

Di Maio, A., Rudorff, B. F. T., Moraes, E. C., Pereira, G., Moreira, M. A. (2008): *Sensoriamento Remoto*. Curso Astronáutica e Ciências do Espaço. Agência Espacial Brasileira (AEB), INPE.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1999). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatísticas (IBGE). (2009): *Manual técnico de geomorfologia*. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatísticas (IBGE). (2018): Informações por Cidade e Estado. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/por-cidade-estado-geociencias.html>>. Acesso em 10 ago. 2018.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER (2020). *Informativo climático mensal do Espírito Santo – janeiro/2020*. Disponível em <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/informativo-climatico>, acesso em 10 abril 2021.

Jornal A Gazeta/ES (2020). “Sobe para seis o número de mortos após fortes chuvas no ES”. Notícia do dia 18/01/2020. Disponível em: <<https://www.agazeta.com.br/es/sul/sobe-para-seis-ou-numero-de-mortos-apos-fortes-chuvas-no-es-0120>>, acesso em 06 abril 2021.

Lo, C.P.; Yeung, A. K.W. (2008). *Concepts and Techniques of Geographic Information Systems*, 2nd Edition, Ph. Series in Geographic Information Science, Prentice-Hall.

Lorenzon, A.S. *et al.* (2015). Influência das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Benevente nas enchentes no município de Alfredo Chaves-ES. *Revista Ambiente Água* vol. 10 n. 1 Taubaté – Jan. / Mar, p.195-206.

Marble, D. F. *et al.* (1993). Geographic information systems and remote sensing. *Manual of remote sensing*, v. 1, p. 923-958.

Mikosik, A. P. M., Paula, E. V., De Santos, L. J. C. (2010). Influência da curvatura das vertentes na ocorrência de escorregamentos translacionais na sub-bacia do rio Sagrado (Morretes/PR). VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia e III Encontro Latino/ Americano de Geomorfologia. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/9/9.pdf>>, acesso em 02/08/2018, p. 1-11.

Rosa, R. (2005): Geotecnologias na Geografia Aplicada. *Revista do Departamento de Geografia – USP*. 16, p. 81-90.

Neuman, G., Silveira, C. T. Da., Sampaio, T. V. M. (2018): Análise da influência da escala na obtenção dos atributos topográficos derivados de MDE. *Revista Ra'Ega*. Curitiba, v.43 Temático de Geotecnologias, p. 179 -199.

Pinheiro, R. M. P. (2003): *Sub-bacias hidrográficas do Alto Jaguaribe Tauá-CE: vulnerabilidades ante a incidência de degradação/desertificação*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 195 p.

Prefeitura Municipal de Anchieta - PMA (2006). Plano Diretor Municipal de Anchieta. (Lei Complementar Nº. 13, De 18 De Setembro De 2006).

Barboza Dos Santos, F., Holanda Do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus (Artículos), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 27, 95–114. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.646>

Schumm, S. A. (1956): Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. *Bulletin of Geological Society of America*, n. 67, p. 597-646

Soares, M. R. G De J; Souza, J. L. M. De. (2012): Análise morfométrica da bacia do rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). *Revista Geografia (Londrina)*, v. 21, n. 1, p. 019-036, jan./abr.

Tonello, K. C., Dias, H. C. T., Souza, A. L. De, Ribeiro, C.A. A. S. R., Leite, F. P. (2006): Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. *Revista Árvore*, v.5, n.30, p.849-857, < <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n5/a19v30n5.pdf>>. 09 Agosto, 2018.

Strahler, A.N. (1957): *Quantitative analysis of watershed geomorphology*. New Halen: Transactions, American Geophysical Union, v. 38, p. 913-920.

Tucci, C. E. M. (Org.). (2009): *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4. ed. 1ª reimpressão. – Porto Alegre, Brasil: Editora da UFRGS/ABRH, 943 p.

Valeriano, M. M., Carvalho Junior, O. A. (2003): Geoprocessamento de Modelos Digitais de Elevação para Mapeamento da Curvatura Horizontal em Microbacias. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 4, Nº 1 17-29.

Valeriano, M. De M. (2008): *Dados Topográficos*. In.: Florenzano, T. G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais (org.). São Paulo: Oficina de Textos, p. 73-104.

Vidal-Abarca, M.R, Montes, C., Suárez, M.L., Ramírez-Díaz, L. (1987): Caracterización morfométrica de la cuenca del río Segura: Estudio cuantitativo de las formas de las subcuencas. *Papeles de Geografía (Física)* Nº. 12, pp. 19-31.