

Prospectiva (Frutal).

# Geoprocessamento aplicado nos campos rupestres do Parque Estadual da Serra do Cabral.

Miazaki, Angela Silva.

Cita:

Miazaki, Angela Silva (2016). *Geoprocessamento aplicado nos campos rupestres do Parque Estadual da Serra do Cabral*. Frutal: Prospectiva.

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/editora.prospectiva.oficial/40>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/pVe9/Qc0>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.  
Para ver una copia de esta licencia, visite  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>.

*Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.*



**Geoprocessamento aplicado nos  
campos rupestres do Parque  
Estadual da Serra do Cabral**

**Angela Silva Miazaki**



**Angela Silva Miazaki**

**Geoprocessamento aplicado nos campos  
rupestres do Parque Estadual da Serra do  
Cabras**

**Frutal-MG  
Editora Prospectiva  
2016**

Copyright 2016 by **Angela Silva Miazaki**

**Capa:** Jéssica Caetano

**Foto de capa:**

<http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2015/03/12-1024x680.jpg?0a23b3>

**Revisão:** A autora

**Edição:** Editora Prospectiva

**Editor:** Otávio Luiz Machado

**Assistente de edição:** Jéssica Caetano

**Conselho Editorial:** Antenor Rodrigues Barbosa Jr, Flávio Ribeiro da Costa, Leandro de Souza Pinheiro, Otávio Luiz Machado e Rodrigo Portari.

**Contato da editora:** [editorapropectiva@gmail.com](mailto:editorapropectiva@gmail.com)

**Página:** <https://www.facebook.com/editorapropectiva/>

**Telefone:** (34) 99777-3102

**Correspondência:** Caixa Postal 25 – 38200-000 Frutal-MG

---

MIAZAKI, Angela Silva.

Geoprocessamento aplicado nos campos rupestres do Parque Estadual da Serra do Cabral. Frutal: Prospectiva, 2016

85 f.

ISBN: 978-85-5864-018-3

1. Serra do Espinhaço. 2. SIG. 3. Geomorfologia. 4. Variáveis Limnológicas. II. Universidade do Estado de Minas Gerais. III. Título.

*Agradecimentos à equipe de pesquisadores do projeto “Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres” – SISBIOTA BRASIL; CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo auxílio financeiro.*

***Dedicado a Luca*** 

## PREFÁCIO

Ter a honra de organizar o prefácio para o trabalho da Angela Miazaki não é tarefa difícil, tendo em vista sua postura sempre comprometida. No seu trabalho de conclusão de curso abordou temáticas interessantes e mais importante ainda porque foram inovadoras na UEMG – Frutal.

Trabalhar questões de Botânica, Geologia, Geomorfologia e utilizando o Geoprocessamento enriqueceu muito o trabalho, pois, mirou a interdisciplinariedade. Lembro-me de dizer a ela, como orientador de iniciação científica do Projeto Sisbiota, que seu trabalho poderia ser desmembrado em cinco TCCs.

O que sempre foi verdade, já que os textos versavam sobre diversas áreas. No campo do Geoprocessamento foi de enorme competência, já que não temos, ainda, professores específicos nessa área. Utilizo o Geoprocessamento como um meio e um fim, mas, a Angela sempre teve essa área como início, meio e fim.

Nas ocasiões em que me perguntava sobre determinado procedimento em Geoprocessamento, pela minha atuação maior em Geomorfologia, nem sempre eu tinha um “como fazer” pronto, mas, eu sempre deixei um “o que fazer”, o meio para execução ela sempre fez com maestria.

Ao folhear o livro de Angela Miazaki o leitor verá um trabalho excelente e que demonstra o comprometimento que ela teve como aluna da graduação e também sua maturidade, fica notória a postura de busca ao conhecimento e seu carinho com o nosso curso de Graduação em Geografia. É uma excelente profissional que é imprescindível que qualquer universidade renomada.

A facilidade na escrita acadêmica com linguagem científica utilizada mesmo nos primeiros períodos da graduação, porém, com o componente da fácil apreciação. Espero que seja um bom incentivo de competência e qualidade de trabalho e de profissional para todos os leitores.

Professor Leandro de Souza Pinheiro.  
Coordenador do Curso de Geografia – UEMG – Frutal.

# SUMÁRIO

<b>Prefácio.....</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>10</b>
2.1 Sistema de Informação Geográfica.....	10
2.2 Campos rupestres: Serra do Cabral.....	13
<b>3. ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>22</b>
<b>4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>25</b>
4.1 Considerações Metodológicas.....	25
4.2 Caracterização do Levantamento de Dados.....	26
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>76</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Ao tratar das questões ambientais, a Geografia permite a aproximação do homem com a natureza, rompendo a visão dicotômica e afirmando a unidade dialética. Neste sentido, e inserida na ciência geográfica, a Geomorfologia, como subsídio à análise ambiental, procura evidenciar de forma dinâmica as derivações ambientais, resultantes do processo de apropriação e transformação do relevo, ou de suas interfaces pela ação antrópica, tornando-se indispensável para pesquisas que possuam um caráter ecológico (CASSETI, 1995).

Influenciada principalmente pela revolução e popularização da informática, aumento das opções e resolução das imagens de satélite, a Geomorfologia agregou em seus estudos a análise das formas terrestres por meio de técnicas computacionais (SOUZA e SAMPAIO, 2010) chamadas de SIG's (Sistemas de Informações Geográficas) que permitem a realização de análises complexas, ao integrar informações de diversas fontes e criar banco de dados georreferenciados, tornando possível automatizar a produção de materiais cartográficos (CÂMARA e DAVIS, 1999).

O uso do Geoprocessamento aplicado a Geomorfologia permite ampliar a divulgação dos conceitos sistêmicos, através do manuseio de cálculos precisos de grande massa de dados e de imagens de satélites, realizando levantamentos sistemáticos de informações (CASTRO *et al.*, 2004). A utilização do SIG em unidades de conservação favorece o entendimento do funcionamento sistêmico, visando medidas de proteção e recuperação das funções ecossistêmicas, colaborando com informações que podem ser úteis para o plano de manejo de tais ambientes.

Tendo como bases estes pressupostos, o objetivo deste trabalho é aplicar técnicas de SIG na análise do ambiente de campos rupestres, relacionando as características limnológicas às estruturas geomorfológicas em uma área da Serra do Espinhaço<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> A Serra do Espinhaço, localizada no norte de Minas Gerais e sul da Bahia, é uma cadeia montanhosa composta principalmente por um espesso pacote de metassedimentos do tipo *rift* (DUSTIN, 2000).

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 Sistema de Informação Geográfica

A utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta multidisciplinar facilita a compreensão e a percepção da distribuição dos fenômenos espaciais, por meio da acurácia e detalhamento de seus resultados. Representações tridimensionais da estrutura do relevo, derivadas de técnicas de geoprocessamento, proporcionam inúmeros subsídios para a análise, desenvolvimento de diagnósticos e outros trabalhos voltados ao planejamento ambiental, urbano e regional (BARROS *et al.*, 2009).

Entre as representações tridimensionais de uma área existem algumas nomenclaturas que são utilizadas para distinguir as informações inclusas na superfície, como por exemplo, os Modelos Digitais de Elevação (MDE) e os Modelos Digitais do Terreno (MDT).

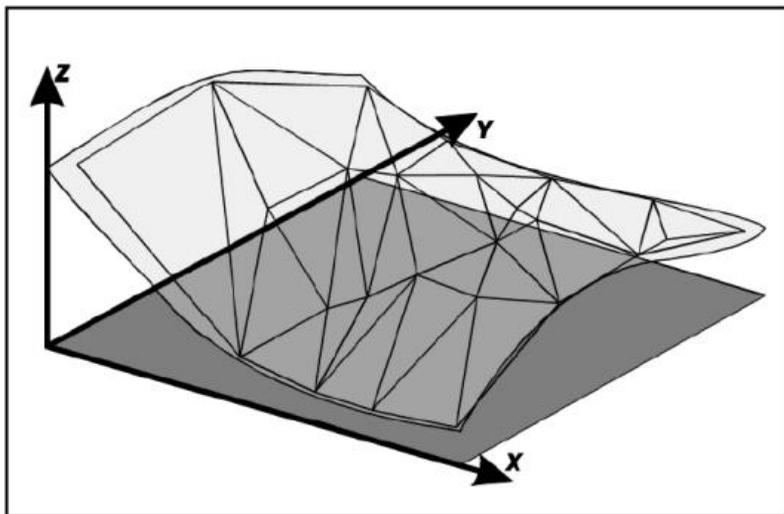
O MDE pode ser de grande utilidade no ensino da Geomorfologia, e em todas aquelas ciências que utilizam dados com um componente altimétrico, pois favorece a visualização tridimensional do espaço a ser estudado. Possuem usualmente como estruturas os elementos vetoriais e elementos matriciais (SALLES, 2010), que são representados matematicamente por coordenadas XYZ, onde Z representa a variável a ser modelada. Pensando em um plano cartesiano, os pontos X e Y representam as coordenadas em um plano bidimensional e o Z representa as variações contínuas da superfície, porém em uma terceira dimensão (NOGUEIRA *et al.*, 2008).

No tocante ao MDT este se refere à representação planialtimétrica da superfície terrestre, ou seja, inclui dados topográficos, batimétricos, geofísicos, entre outros, excluindo

as interferências de vegetação e edificações. A partir dele é possível reconstituir as curvas de nível, delimitar bacias hidrográficas, redes de drenagem, mapear a declividade, etc. Em suma, o MDE trabalha apenas com dados de altitude, enquanto que o MDT possui uma abrangência mais ampla.

Geralmente, eles são representados por malhas regulares ou triangulares de acordo com os algoritmos usados nas linguagens de cada *software*. A malha triangular (TIN - *Triangular Irregular Network*) constitui uma estrutura vetorial com topologia do tipo nó, arco que representa a superfície por faces triangulares interligadas (Fig.1). Esta deve ser usada para a aquisição de modelos mais precisos quanto à representação da forma do relevo, isso na medida em que quanto maior o número de triângulos equiláteros, mais próximos da realidade estará a superfície modelada (FONSECA *et al.*, 2007).

**Figura 1:** Malha Triangular (TIN).



Fonte: CÂMARA e DAVIS, 1999.

Os SIG's vêm aprimorando e incorporando novos princípios e procedimentos às suas análises espaciais. A associação de procedimentos de estatísticas espaciais permite representar hipóteses mais próximas do contínuo dos fenômenos ambientais. Neste sentido, a incorporação de métodos geoestatísticos corrobora com os procedimentos tradicionais de análises espaciais devido à sua qualidade e precisão. Inúmeros métodos de interpolação, com diferentes níveis de complexidade estão disponíveis para atender as diferentes demandas.

Conceitualmente a Geoestatística é um ramo da Estatística Espacial que utiliza funções aleatórias para incorporar dependência espacial aos modelos das variáveis georreferenciadas, desta maneira, ela se baseia na dependência espacial, e considera que cada ponto no espaço não apresenta um único valor, mas sim uma distribuição de probabilidade de ocorrência de valores (SOARES, 2006).

Seus métodos fornecem um conjunto de técnicas capazes de interpretar a aparente aleatoriedade dos dados, os quais apresentam uma possível estruturação, estabelecendo, assim, uma função de correlação espacial (YAMAMOTO e LANDIM, 2013). O processo de reprodução das características do fenômeno espacial baseado em pontos amostrais é denominado interpolação ou estimativa.

Dependendo do fenômeno que os valores representam, ou como estão distribuídos os pontos, diferentes interpoladores produzirão melhores estimativas para os valores reais. Entre os métodos disponíveis para interpolação destacam-se: Inverso do Quadrado da Distância (*Inverse Distance Weighted - IDW*), Vizinho Natural (*Natural Neighbor*), Linear (*Spline*) e Krigagem (*Kriging*). Entretanto, independente de qual

interpolador seja selecionado, deve-se considerar a quantidade de pontos amostrados, pois, quanto maior a distribuição, mais realista será o resultado.

De modo geral, o uso de geotecnologias possibilita a sistematização e a espacialização de informações em modelos geoespaciais, permitindo a descrição quantitativa e qualitativa da variabilidade espacial dos atributos que compõem o ambiente sistêmico, por isso a utilização de técnicas de SIG e Geoestatística constitui-se em importantes ferramentas que dão suporte às análises e estudos geoambientais em campos rupestres.

## ***2.2 Campos rupestres: Serra do Cabral***

A Serra do Cabral está localizada em áreas de clima tropical, pertencente ao domínio morfoclimático<sup>2</sup> e fitogeográfico<sup>3</sup> do Cerrado. Situada entre os campos rupestres de altitudes da Serra do Espinhaço. O ambiente está associado aos afloramentos rochosos, com solo pouco desenvolvido e carente em nutrientes, adicionalmente a tais características, o sistema está sujeito à ação de fogo natural, sendo classificado como lito-piro-peinobioma II (COUTINHO, 2006).

---

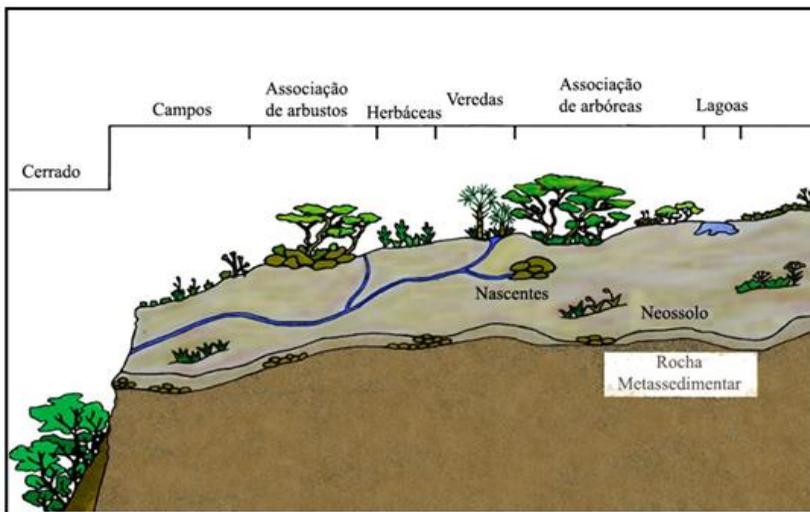
<sup>2</sup> Domínio morfoclimático representa a interação e integração entre clima, relevo e vegetação, que compõem a formação da paisagem (AB'SABER, 1967).

<sup>3</sup> Domínio fitogeográfico é uma área do espaço geográfico com dimensões subcontinentais, em que predominam características morfoclimáticas semelhantes e um certo tipo de vegetação, podendo haver vários tipos vegetacionais, como por exemplo, dentro do domínio do Cerrado existe o campo úmido e a floresta estacional semidecídua (BATALHA, 2011).

Ambientes como a Serra do Cabral encontram-se em vários sítios microclimáticos, representados pelas fendas e pontões, além de vales e depressões com deposições de areias, provenientes do acúmulo de matéria orgânica e decomposição de rochas (BENITES *et al.*, 2003).

Nesses sistemas, conhecidos como centro de endemismo, as plantas se desenvolvem diretamente em lugares com condições propícias à fixação de suas raízes (Fig.2), e estão submetidas à intensa exposição de radiação solar, a alta evapotranspiração, a baixa retenção d'água nos solos, aos ventos constantes e as variações térmicas diárias (JACOBI *et al.*, 2007).

**Figura 2:** Representação dos tipos de habitats em afloramentos rochosos.



Fonte: Adaptado de JACOB *et al.*, 2007.

Tais condições atuam como filtros ambientais<sup>4</sup>, que são reduzidos no entorno de afloramentos rochosos, onde as rachaduras garantem acesso das raízes à umidade armazenada nas rochas durante a estação seca, reduzindo o estresse hídrico e permitindo a coexistência de diferentes formas de vida (CAVALIN, 2012; GASTAUER *et al.*, 2012; JACOBI *et al.*, 2007).

Considerando as peculiaridades desse sistema e devido às pressões antrópicas, como expansão urbana e agropecuária, mineração, queimadas, entre outros, se faz necessário a presença de áreas de conservação nestes ambientes, legalmente instituídas pelo Poder Público, seja ele Federal, Estadual ou Municipal.

Assim, com o objetivo de preservar a biodiversidade de uma área na Serra do Espinhaço, foi criado em 29 de Setembro de 2005, por meio do Decreto 44.121, o Parque Estadual da Serra do Cabral – PESCabral (IEF, sd), foco desta pesquisa, localizado na própria Serra do Cabral, especificamente na porção centro-leste da Bacia do São Francisco, próxima ao contato com a faixa de dobramentos Araçuaí (representando um grande braquianticlinal<sup>5</sup>), correspondente ao domínio metamórfico externo do orógeno neoproterozóico Araçuaí - Congo Ocidental, onde estão expostos os sedimentos que compõem parte dos Supergrupos Espinhaço e São Francisco (proterozóicos), assim como o Grupo Areado (fanerozóico) (ALKMIM *et al.*, 2007).

---

<sup>4</sup> Filtros ambientais referem-se aos casos em que o ambiente abiótico restringe o estabelecimento de interações bióticas (KRAFT *et al.*, 2015).

<sup>5</sup> Braquianticlinal ou domo é a dobra na qual a largura e o comprimento da parte elevada com a convexidade para cima (anticlinal) são idênticos (GUERRA e GUERRA, 2008).

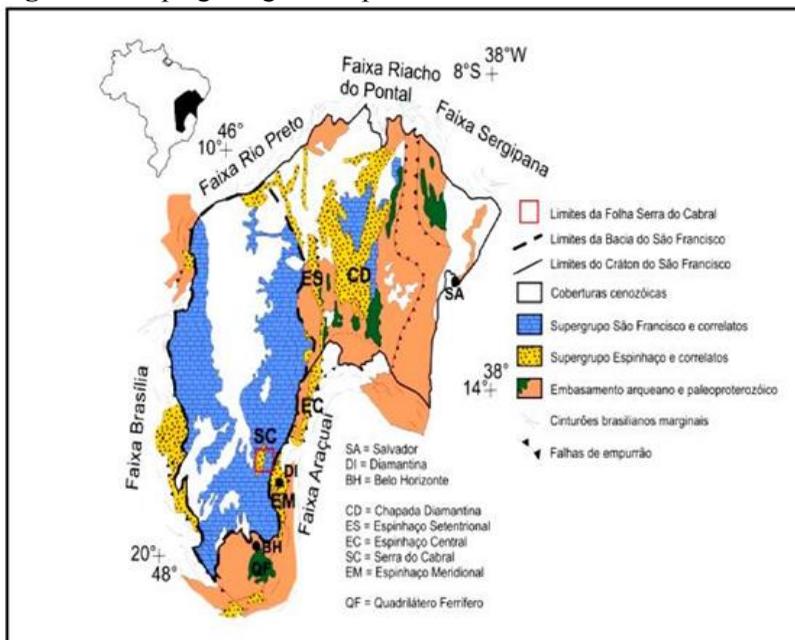
Estruturalmente, a Bacia de São Francisco é afetada por grandes falhas longitudinais, ativas durante a sedimentação, que representam antigas linhas de fraqueza do embasamento granítico-gnáissico, reativadas durante o ciclo brasileiro (ALVARENGA e DARDENNE, 1978 *apud* RODRIGUES, 2002). O embasamento tectônico da bacia é constituído essencialmente pelo cráton<sup>6</sup> São Francisco, que é formado por rochas arqueanas e paleoproterozóicas, e compreende uma porção estável da crosta preservada da aglutinação de placas, que por meio de colisões diacrônicas<sup>7</sup> formaram o Gondwana ao final do proterozóico, limitado leste pela Faixa Araçuaí, a oeste pela Brasília, Rio Preto a norte, e a nordeste a Sergipana (Fig.3) (ALKMIM e MARTINS-NETO, 2001).

---

<sup>6</sup> Cráton são grandes áreas continentais que sofreram pouca, ou nenhuma, deformação desde o Pré-Cambriano e podem ser subdivididos em duas grandes áreas: central (bastante estável, também conhecida como escudo) e marginal (formada por rochas sedimentares, que sofreram pequena movimentação ou apresentam camadas sedimentares horizontais que recobrem o escudo Pré-Cambriano) (GUERRA e GUERRA, 2008).

<sup>7</sup> Colisões diacrônicas são contatos convergentes entre as placas tectônicas.

**Figura 3:** Mapa geológico simplificado do cráton São Francisco.

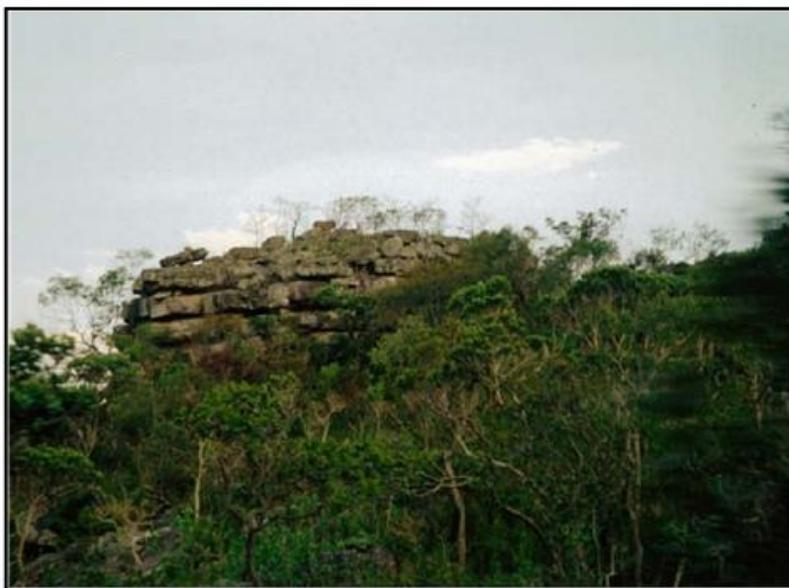


Fonte: Modificado de ALKMIN e MARSHAK (1988 in SANTOS *et al.*, 2004 *apud* LOPES, 2012).

Concernente à geomorfologia, a Serra do Cabral localiza-se sobre uma calha estrutural, como um braço abortado do sistema de *riftes* (ALKMIM e MARTINS-NETO, 2001), em áreas que formam o complexo Serra do Espinhaço, um conjunto de formações geológicas transformadas por meio da erosão em diversas cadeias de escarpas, morros que se direcionam para o Norte (GIULIETTI e PIRANI, 1988 *apud* RODRIGUES, 2005).

Esta unidade geomorfológica é formada principalmente por conglomerados quartzíticos<sup>8</sup> e areníticos, ambos apresentando-se em forma de *boulders* (esferas rochosas compactadas produzidas pela desagregação cortical), moldando um relevo ruiniforme, onde a paisagem se parece com ruínas abandonadas (Fig.4), ocorrendo ainda afloramentos de cristal de Quartzo e raramente Filitos (CAVALCANTE, 2008).

**Figura 4:** Relevo ruiniforme na Serra do Cabral.



Fonte: CAVALCANTE, 2008.

Constitui parte de um grande escarpamento, que separa o interior continental da fachada atlântica, e configura o divisor

---

<sup>8</sup> Indicando o metamorfoseamento que o material sofreu, ou seja, houve um período de estabilidade e depois uma movimentação tectônica que originou as anticlinais e sinclinais, e por fim os quartzitos.

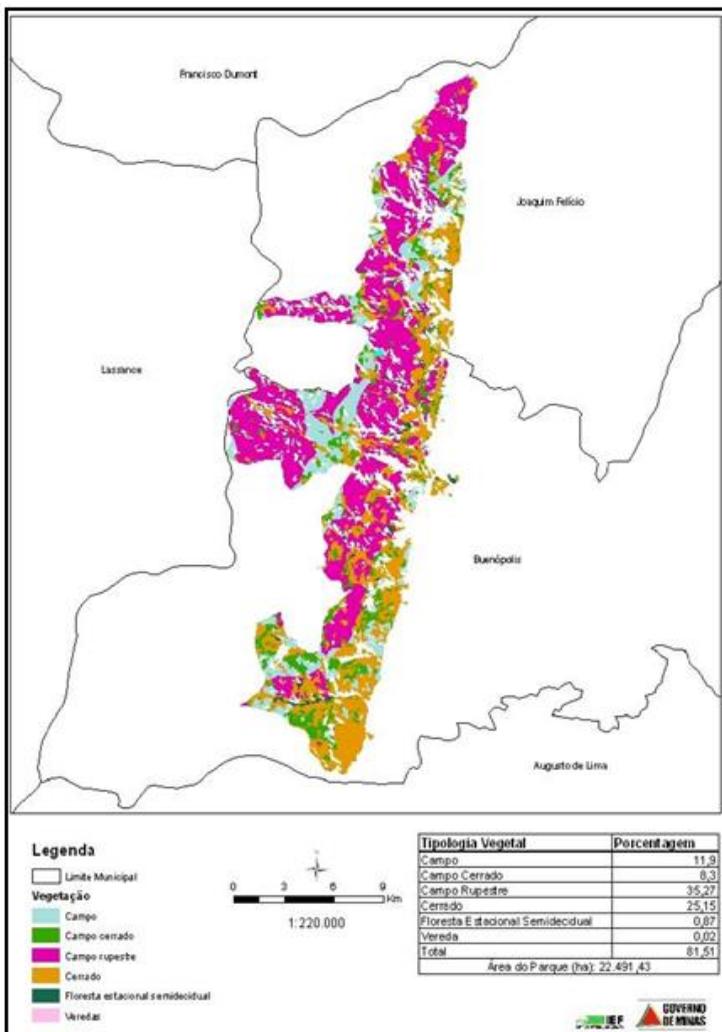
hidrográfico da bacia do Rio São Francisco com as bacias hidrográficas costeiras, demarcando a diferenciação altimétrica entre as superfícies mais elevadas, localizadas no interior continental, daquelas mais rebaixadas que ocupam a fachada atlântica (VALADÃO, 2009).

Os campos rupestres que compõem a Serra do Cabral estão presentes nas encostas acima de 900 metros, em meio aos refúgios isolados, ou em faixas de transição entre a Caatinga, o Cerrado e a Mata Atlântica, e embora compartilhem algumas espécies com ambientes savânicos adjacentes, eles devem ser considerados unidades florística e faunística distintas (EITEN, 1978; VASCONCELLOS, 2008 *apud* SILVA *et al.*, 2012), que formam um mosaico rico, sob o controle da topografia local, da natureza do substrato e do microclima (GIULIETTI *et al.*, 1997).

Suas formações estão associadas aos afloramentos rochosos, sendo comum em zonas úmidas sob o afloramento em lençol freático, em solos geralmente rasos, arenosos, oligotróficos e húmicos (BENITES *et al.*, 2003). As plantas nestes ambientes possuem estratégias adaptativas (modificações anatômicas e fisiológicas) e se desenvolvem diretamente sobre a rocha ou em microsítios, que além de fornecerem abrigo dos ventos e sombra, mantêm a umidade nas fendas (GIULIETTI *et al.*, 1997).

Baseado em informações do IEF (sd), sobre o Mapa de Cobertura Vegetal do Parque Estadual da Serra do Cabral (Fig.5), são apresentadas as seguintes fitofisionomias dentro da área do PESCabral:

**Figura 5:** Mapa de Cobertura Vegetal do Parque Estadual da Serra do Cabral.



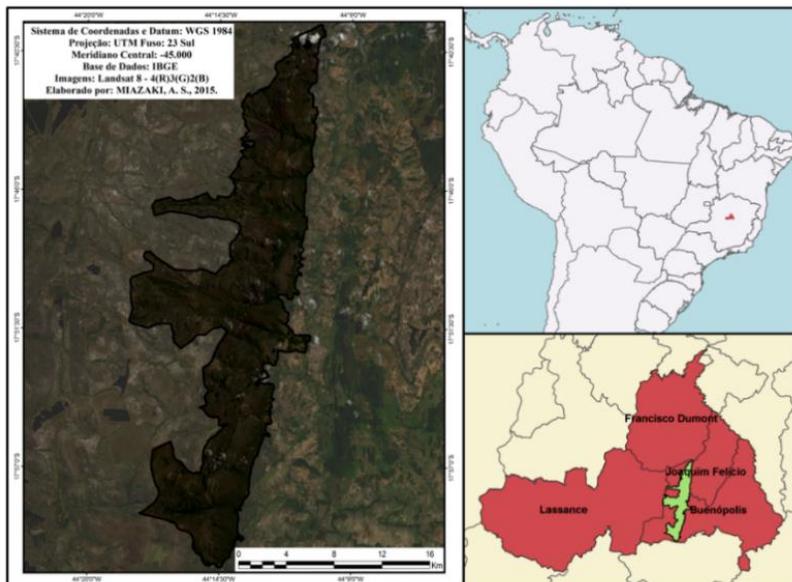
Fonte: Portal Serra do Cabral, sd.

A eficiência ambiental das áreas vegetadas próximas as nascentes, como matas ciliares, de galerias ou matas ripárias, além de representarem um ambiente heterogêneo, são de suma importância para a multiplicação de espécies vegetais e animais, regulação da temperatura da água, preservação do rio e do solo em seu entorno, bem como, fornecimento de frutos, água, peixes à população, etc.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

O Parque Estadual da Serra do Cabral - PESCabral, (Fig.6) localiza-se na região centro-norte do estado de Minas Gerais, inserido no complexo Serra do Espinhaço entre as coordenadas 17°33' S e 44°26' W, entretanto encontra-se isolado deste por uma depressão que chega a ultrapassar 40 km de largura (CAVALCANTE, 2008). Sua área de amortecimento envolve 10 km em seu entorno (BRASIL,1990).

**Figura 6:** Mapa de Localização do Parque Estadual da Serra do Cabral.



O clima local é o temperado de altitude, sendo influenciado pela massa de ar tropical atlântica, a qual provoca chuvas no período do verão e geadas frequentes no inverno, em virtude da ação das frentes frias originadas do choque entre as massas

tropical e polar (MONTEIRO, 1973). Pode ser considerado ainda como Cwa, conforme a classificação climática de Köppen- Geiger, com a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C, e a do mês mais quente superior a 22°C.

O clima de altitude proporciona a existência de corpos d'água, com coloração preta, influenciados por turfeiras<sup>9</sup>. As turfeiras da Serra do Espinhaço possuem idades superiores a 30.000 anos (CHRISTÓFARO SILVA *et al.*, 2009). A matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição colabora, não apenas para a coloração de parte das águas da Serra do Cabral, mas também para as características físicas e químicas naturais destas águas.

A sazonalidade térmica e pluviométrica é bastante evidente, e as precipitações são constantes durante o verão, com declínio no inverno (ANTUNES, 1986; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Nas áreas mais elevadas predomina o clima mesotérmico, com verões brandos e úmidos, e precipitação média anual acima de 1500 mm, as temperaturas são menos elevadas, com média no verão inferior a 25°C e no inverno abaixo de 19°C (COPAM, 2007).

A região é conhecida pelo relevo acentuado, devido às formações geográficas do tipo cordilheira, sua riqueza mineral geológica (principalmente ouro e diamantes) favoreceu o povoamento local. No tocante a economia regional nota-se a expansão de algumas indústrias, entretanto sua base econômica é a agropecuária. Todavia o aumento das rendas municipais

---

<sup>9</sup> Turfeiras podem ser definidas como um ecossistema úmido, composto principalmente por plantas higrófilas que, ao crescerem e sucederem-se no tempo e no espaço, acumulam grande quantidade de matéria vegetal morta (PONDEVEDRA-POMBAL e MARTINEZ-CORIZAS, 2004 *apud* CHISTÓFARO SILVA *et al.*, 2009).

está intrinsicamente relacionado ao desmatamento e a perda da fauna e flora local, entre as quais se encontram muitas espécies endêmicas, ou seja, que existem somente nestes habitats (SILVA, não publicado).

É o divisor de águas dos rios das Velhas e Jequitaiá (ambos afluentes do rio São Francisco), e sua considerável rede hidrográfica forma inúmeras cachoeiras e piscinas naturais, que compõem paisagens exuberantes, juntamente com os campos naturais, veredas e afloramentos rochosos. É considerada uma importante área de conservação devido à sua flora e fauna, que possui espécies ameaçadas de extinção (ROCHA, 2009).

## 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### *4.1 Considerações Metodológicas*

Esta pesquisa está norteada pela Teoria Geral dos Sistemas, a qual se refere à interação do meio ambiente com os demais sistemas que o compõem. No qual o estado de cada unidade é controlado, condicionado ou dependente do estado das outras unidades (CHRISTOFOLETTI, 1979 *apud* PINHEIRO, 2012). No tocante à sua composição, é preciso considerar a matéria, a energia e a estrutura que o constitui, além das ações antrópicas que influenciam diretamente a dinâmica de entrada (*input*) e saída (*output*) de matéria e energia.

Partindo da premissa que os ecossistemas aquáticos são receptores de substâncias resultantes de processos físicos e químicos do ambiente (sistema vertente), e considerando a paisagem como unidade geoambiental, onde um sistema em sequência formado por subsistemas em cadeia estabelecem uma relação de cascata de matéria e energia, no qual o *output* de um sistema é tomado como *input* pelo subsistema da sequência, a abordagem sistêmica em conjunto com as técnicas cartográficas, possibilita a análise e a compreensão do relevo no PESCabral.

## ***4.2 Caracterização do Levantamento de Dados***

Os dados utilizados em SIG são originários de diversas fontes que podem ser classificadas genericamente em primárias e secundárias. Em relação aos dados primários, e no tocante a este trabalho, os mesmos fazem parte de um projeto maior intitulado: “Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres”, que se referem especificamente: as coordenadas geográficas, utilizadas para a espacialização das Estações de amostragens; os parâmetros físicos e químicos, mensurados nos períodos seco e chuvoso de 2012, para a caracterização qualitativa das variáveis relacionadas ao sistema aquático; caderno de campo e fotografias, usados para a descrição do ambiente.

Os dados secundários, por sua vez, estão relacionados as consultas aos *sites* governamentais: CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil) para a obtenção da base de dados geológica; HidroWeb (Sistemas de Informações Hidrológicas) e IGAM (Instituto Mineiro da Gestão das Águas) para a base de dados hidrológica; IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para a obtenção da divisão estadual e municipal; IEF (Instituto Estadual de Florestas) para a aquisição dos limites oficiais do PESCabral.

Para a extração dos dados morfométricos, foram utilizados os programas de geoprocessamento ArcGIS (*Free Trial*) e SURFER (*Demo Version*), e um mosaico (Folhas: SE-23-X-C e SE-23-Z-A) de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que representa em três dimensões espaciais o relevo, latitude, longitude e altitude.

O MDT foi trabalhado nas extensões *3D Analyst Tools* e *Spatial Analyst Tools*, resultando nos mapas de orientação de vertente, hipsométrico, declividade e hidrológico. Para a elaboração do mapa de orientação de vertentes foi criado a malha triangular TIN com a extração das curvas de nível em intervalos de 20 metros e incorporando *Aspect* em suas propriedades.

No tocante a hipsometria, que representa as elevações do terreno, por meio do fatiamento do relevo em cotas altimétricas, o TIN foi novamente editado, habilitando *Elevation* e classificando-o em nove classes, que variam entre 500 e 1340 metros, e indicam respectivamente as áreas mais rebaixadas e as áreas de maior altitude, distribuídas espacialmente por meio de classes coloridas.

A declividade, por sua vez, se refere a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal, e é importante para determinar a angulação da vertente e interpretar seu modelado. Para a construção do mapa de declividade a malha triangular foi gerada de acordo a porcentagem mínima e máxima do terreno, e classificada em 7 classes de acordo com as metodologias propostas por De Biasi (1970), para as classes inferiores a 5%, e a Lei Lehmann (BRASIL, 1979), que abrange os valores superiores a 5%, incluindo aqueles que ultrapassam os 70 %.

O modelo hidrologicamente consistente foi criado, a fim de identificar a drenagem regional em sua menor escala, e posteriormente os resultados deste processo foram inclusos aos demais dados do IGAM, para obter o maior número de informações possíveis. Para isto, e com base nas imagens SRTM, foram removidas as depressões do MDE, gerando posteriormente a direção do fluxo e identificando o fluxo acumulado, removendo as possíveis inconsistências,

calculando os valores reais para cada curso d'água, e ordenando os canais fluviais de acordo com a classificação hierárquica de Strahler (1957).

A metodologia escolhida para esta pesquisa foi o Inverso do Quadrado da Distância (*Inverse Distance Weighted - IDW*) por ser uma ferramenta de análise espacial que assume que cada amostra de ponto tem uma influência local que diminui com a distância, admitindo assim, que os pontos mais próximos para o processamento da célula, influem mais fortemente que aqueles mais afastados, ou seja, as variáveis mapeadas perdem influencia conforme vai se distanciando do local amostrado.

## **5. RESULTADOS e DISCUSSÃO**

A caracterização feita no Quadro I, juntamente com a descrição de cada Estação a seguir, pretende auxiliar o entendimento da estrutura e funcionamento dos sistemas aquáticos localizados dentro do PESCabral, e em sua área de amortecimento, destacando as características naturais do sistema e aquelas produzidas por modificações antrópicas. Para entender a dinâmica das diferentes fisionomias que compõem o sistema dos campos rupestres, se faz necessário uma descrição detalhada de cada ambiente, para que juntamente com os resultados cartográficos, se obtenha o maior número possível de informações qualitativas e quantitativas.

Quadro 1: Características das Estações de Amostragens.

Estações de Amostragens	Elevação	Declividade	Vertentes	Corpo Hídrico	Hierarquia	Bacia	Coloração	Vegetação
1	1053	Suave e Ondulado	Sudeste	Vereda	3º ordem	Rio das Velhas	Clara	Mata Ciliar
2	1073	Plano e Suave	Plana	Corredeira	3º ordem	Rio das Velhas	Preta	Mata Ciliar
3	1061	Fortemente Inclinado	Leste	Rio	3º ordem	Rio das Velhas	Clara	Mata Ciliar – arbustivo e arbóreo
4	1213	Plano e Suave	Plana	Remanso	1º ordem	Rio das Velhas	Preta	Mata Ciliar
5	1151	Plano e Suave	Plana	Córrego	1º ordem	Rio das Velhas	Preta	Mata de Galeria
6*	693	Fortemente Inclinado	Sudeste	Cachoeira	2º ordem	Rio Jequitai	Preta	Vegetação Impacrada
7**	643	Plano e Suave	Plana	Riacho	3º ordem	Rio Jequitai	Clara	Vegetação Impacrada
8	937	Suave e Ondulado	Plana	Lagoa	2º ordem	Rio Jequitai	Esverdeada	Vegetação Impacrada
9	1120	Plano e Suave	Plana	Riacho	2º ordem	Rio Jequitai	Preta	Mata Ciliar – gramíneas e arbustos
10	1028	Suave e Ondulado	Sul	Poço	1º ordem	Rio Jequitai	Preta	Mata Ciliar – gramíneas e arbustos
11	1033	Suave e Ondulado	Sul	Poço da Cachoeira	3º ordem	Rio Jequitai	Preta	Mata Ciliar – gramíneas e arbustos
12	1006	Plano e Suave	Plana	Nascente	1º ordem	Rio Jequitai	Clara	Mata Ciliar – gramíneas e arbustos
13	1107	Suave e Ondulado	Sul	Açude	2º ordem	Rio Jequitai	Esverdeada	Predomínio de Pastagem
14	1093	Plano e Suave	Plana	Nascente	1º ordem	Rio Jequitai	Clara	Mata Ciliar – gramíneas e arbustos
15	1047	Plano e Suave	Plana	Açude	3º ordem	Rio das Velhas	Preta	Mata Ciliar – gramíneas e burtis

\*A estação de amostragem de número 6 encontra-se na formação geológica Jequitai, com predomínio de Metadiamictito sobre áreas do Cerrado. \*\* A 7ª estação de amostragem localiza-se na formação geológica Santa Helena, composta por Argilito, Folhelho, Siltito e Marga sobre recobrimento herbáceo em afloramento rochoso. Observação: As demais estações de amostragens encontram-se na formação geológica Galho do Miguel, predominando os Quartzitos sobre os afloramentos rochosos.

Os sistemas aquáticos localizados dentro da área do PESCabral são classificados como “classe especial” de acordo com a resolução CONAMA 357/2005, que devem possuir as condições naturais do corpo d’água, pois entre a destinação de suas águas está a “preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral”.

**Estação 1:** A área localiza-se dentro do PESCabral, nas coordenadas Long: -44.2372 e Lat: -17.9212, em área de vereda com poucos buritis e predominância de gramíneas no entorno da área lacustre (Fig.7). Neste local, a escassez de buritis, pode indicar ação antrópica e, possivelmente, influência de queimadas. A redução da declividade, em decorrência de ruptura topográfica, favorece a formação o acúmulo de água. Suas águas são claras e há grande quantidade de macrófitas (plantas aquáticas) enraizadas nas margens.

**Figura 7:** Imagem da área de coleta da Estação 1.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 2:** Localizado nas coordenadas Long: -44.2480 e Lat: -17.9178, no limite sudoeste do parque, em trecho de alta declividade, no qual a erosão diferencial em anticlinal, característico de extratos de Quartzitos inclinados, favorece o transporte de sedimentos pela vertente até o nível de base (Fig.8). A vegetação preservada, além de reter o sedimento, favorece a longo prazo o desenvolvimento de vegetação ciliar mais densa, com deposição de sedimento coluvial. A coloração preta da água é típica de matéria orgânica dissolvida, e seu acúmulo no fundo é favorecido pelo transporte de material alóctone<sup>10</sup> que se acumula nas irregularidades do fundo rochoso. Contém espécies típicas de Campos Rupestres como canela de emas e sempre-vivas.

**Figura 8:** Imagem da área de coleta da Estação 2.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

---

<sup>10</sup> Alóctone refere-se ao material que não é originário da região, ou seja, que veio de fora.

**Estação 3:** Localizada no interior do parque, a montante da cachoeira no rio Riachão, entre as coordenadas Long: -44.2437 e Lat: -17.8511, em paredão rochoso com sobreposição sedimentar de rochas, cuja velocidade é orientada pela declividade que segue as inclinações dos Quartzitos. As águas do poço são claras, com pouca matéria orgânica dissolvida, em suas margens a mata ciliar encontra-se desenvolvida, e há presença de afloramentos rochosos em seu entorno (Fig.9).

**Figura 9:** Imagem da área de coleta da Estação 3.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 4:** Remanso do riacho São Francisco, a jusante da Estação 3, localizado no limite oeste do parque, sob as coordenadas Long: -44.2959 e Lat: -17.8199. Ambiente caracterizado pela formação de acúmulo de água, e matéria orgânica dissolvida, favorecendo a coloração preta d'água (Fig.10). A vegetação ciliar encontra-se bem desenvolvida em suas margens.

**Figura 10:** Imagem da área de coleta da Estação 4.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 5:** A área está localizada entre as Estações 4 e 3 no córrego do Fabiano, na área de amortecimento a oeste do parque, sob as coordenadas Long: -44.3326 e Lat: -17.8485, próximo as plantações de *Pinus* sp. e *Eucaliptus* sp. Em curso d'água estreito, cuja coloração preta é o resultado do acúmulo de matéria orgânica alóctone dissolvida. A mata ciliar é de Galeria, indicando que o ambiente depende da produção primária externa.

Por meio do banco de dados geológico adquirido via CPRM, foi possível identificar que esta região pertence a formação Galho do Miguel, entretanto esta Estação encontra-se em uma área de transição entre Quartzitos e Metassiltios com granulometria grosseira e pontiaguda (Fig.11).

**Figura 11:** Imagem da área de coleta da Estação 5.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 6:** Situada na área de amortecimento ao leste do parque, nas coordenadas Long: -44.1782 e -17.7582, a jusante da Cachoeira do Zezinho, sobre leito rochoso, cuja estratificação de Quartzito e a forte inclinação são condicionadas por uma possível sinclinal. O ambiente é antropizado com formação de piscinas artificiais em sedimentos finos em sua margem esquerda, porém, apesar destas alterações evidencia-se a presença de mata ciliar do tipo Cerradão preservada em sua margem direita (Fig.12). Suas águas possuem coloração preta devido à matéria orgânica dissolvida.

**Figura 12:** Imagem da área de coleta da Estação 6.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 7:** Localizada no rio de 3º ordem da Fazenda da Onça, na área de amortecimento ao leste do parque, nas coordenadas Long: -44.1703 e Lat: -17.7363. A região é circundada por pastagens, com vegetação ciliar esparsa (Fig.13). Suas águas são claras, possivelmente em decorrência de baixa quantidade de matéria orgânica dissolvida, e da entrada reduzida de sedimento em decorrência da baixa declividade das vertentes. A região é formada por sedimentos da formação geológica Santa Helena, composta por Argilito. Os sedimentos grosseiros, que ali se encontram, provavelmente foram trazidos pelo escoamento do rio, pois, esta área localiza-se a jusante de fontes de arenito.

**Figura 13:** Imagem da área de coleta da Estação 7.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 8:** Situada sob as coordenadas Long: -44.1827 e Lat: -17.6533, na zona de amortecimento ao norte do parque, em uma antiga área de extração de Quartzo abandonada, que atingiu o lençol freático formando a lagoa, com depósitos de sedimentos e rochas de Arenito e Quartzito. Este sistema lacustre, produzido por ação antrópica, está sujeito ao acúmulo sedimentos e nutrientes lixiviados, ausência de sombreamento e ausência de fluxo de saída de água. Tais fatores favorecem o desenvolvimento de microalgas, caracterizando assim sua cor esverdeada, o que indica alta produtividade primária no sistema. A mata ciliar, composta por gramíneas e arbustos, encontra-se preservada em seu entorno, especificamente sobre o paredão rochoso (Fig.14).

**Figura 14:** Imagem da área de coleta da Estação 8.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 9:** Situada na cabeceira do Riacho da Onça, na zona de amortecimento a noroeste do parque, sob as coordenadas Long: -44.2507 e Lat: -17.7229, em águas pretas com bancos de macrófitas no meio do leito rochoso. Observou-se a presença de conglomerados rochosos com clastos de granulação média e argilosa incrustados, pequenas cristas de Quartzito e possível erosão da anticlinal. (Fig.15). A vegetação predominante é a Campestre, e a montante do local de coleta há uma pequena queda d'água com mata ciliar fechada.

**Figura 15:** Imagem da área de coleta da Estação 9.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 10:** Localizada em lagoa temporária de águas pretas dentro dos limites do parque, próxima a nascente do poço da Pedra Alta, entre as coordenadas Long: -44.1922 e Lat: -17.7079. O acúmulo de água neste ambiente ocorre apenas no período chuvoso, durante o período seco trata-se de ambiente brejoso, com ocupação de plantas terrestres. A área encontra-se em um vale preenchido por planícies fluviais e circundada por uma encosta de alta declividade (Fig.16), que provavelmente é o resultado da erosão ou do faturamento da anticlinal em Quartzito. Possui leito de sedimentos finos e seixos rolados. A vegetação em seu entorno é típica de Campos Rupestres, com a presença de gramíneas e poucas árvores.

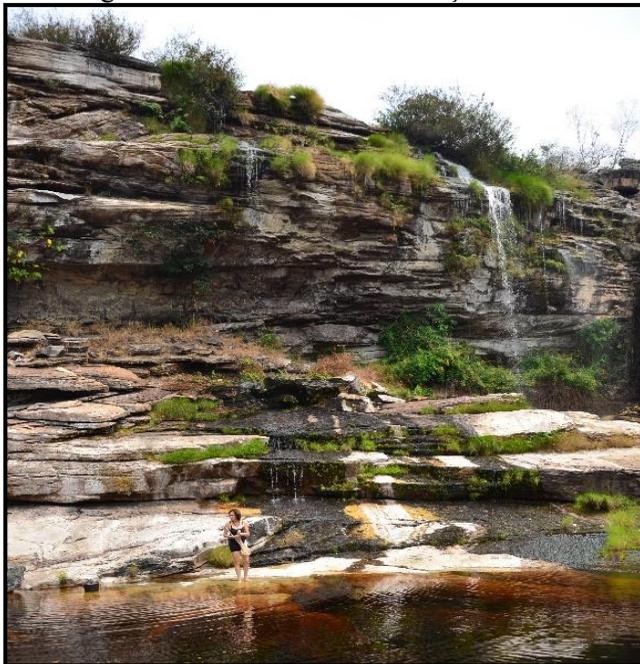
**Figura 16:** Imagem da área de coleta da Estação 10.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 11:** A área encontra-se em um poço de águas pretas, a jusante da cachoeira do rio Embaixaia, nos limites do parque, e sob coordenadas Long: -44.2081 e Lat: -17.7763. Os visíveis estratos de Quartzito (Fig.17) são resultado da fraturação ou erosão em sinclinal. A água ao infiltrar e percolar neste substrato rochoso, sai em forma de pequenas cachoeiras. Seu entorno é ocupado por paredão rochoso, com vegetação bem preservada, típica de Campos Rupestres. Observou-se que entre as quedas da cachoeira há presença de banco de macrófitas na região de remanso.

**Figura 17:** Imagem da área de coleta da Estação 11.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 12:** Área localizada dentro do parque, sob coordenadas Long: -44.1971 e Lat: -17.6916, com formação de nascente pouco volumosa, situada em vale preenchido, adjacente à anticlinal de Quartzito da Estação 10, formando uma área alagável de aproximadamente 1 metro de largura adjacente a uma estrada de terra. A água possui coloração clara em fundo de matacão formado por areia grossa e cascalho, com a presença de grande quantidade de folhas, flores na água, algas filamentosas e musgos (Fig.18). Com mata ciliar bem preservada, árvores e pteridófitas.

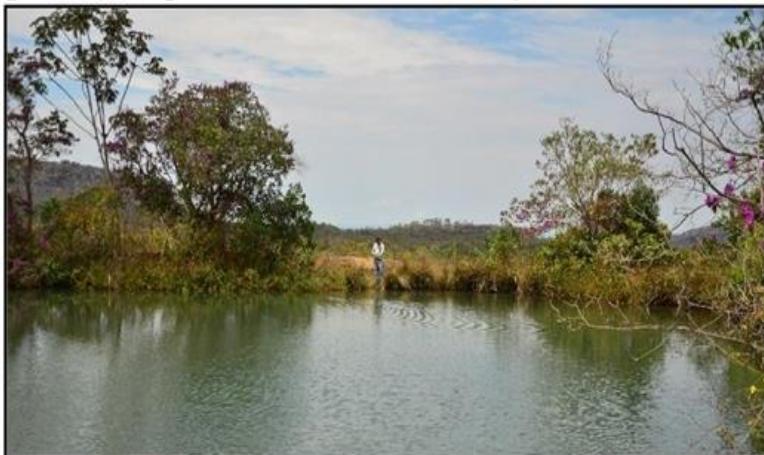
**Figura 18:** Imagem da área de coleta da Estação 12.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 13:** Localizada nas coordenadas Long: -44.2352 e Lat: -17.7135, a noroeste dos limites do parque, em zona de amortecimento, circundada por formações mamelonares, com água proveniente de uma nascente próxima a área. O acúmulo de água forma uma lagoa triangular decorrente do desvio e represamento realizado pelos moradores. Este sistema recebe resíduos de esgoto doméstico, acumulando óleo nas águas, o que intensifica a proliferação de algas, fatos que caracterizam a eutrofização do sistema. A região é ocupada por pastos, e a mata ciliar possuiu gramíneas e algumas árvores esparsas (Fig.19).

**Figura 19:** Imagem da área de coleta da Estação 13.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 14:** Nascente de águas claras localizada a noroeste dos limites do parque, em zona de amortecimento, situada em região de vale preenchido, sob as coordenadas Long: -44.2388 e Lat: -17.7147, na estrada que atravessa a porteira de acesso as Estações 9 e 13. O relevo local é plano com topos mamelonares em seu entorno, e a vegetação é típica de Cerrado, com gramíneas e sempre-vivas a montante do local de coleta (Fig.20).

**Figura 20:** Imagem da área de coleta da Estação 14.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

**Estação 15:** Área de vereda na região limítrofe do parque, situada sobre planície ampla, nas coordenadas Long: -44.2421 e Lat: -17.9213, no rio Buriti dos Almeidas, com vegetação antropizada composta basicamente de gramíneas e buritis esparsos. Sobre o leito arenoso forma-se um sistema lacustre de águas pretas, evidenciando o acúmulo de matéria orgânica dissolvida, com presença de bancos de macrófitas. O ambiente é suscetível ao fogo natural e, provavelmente, intensificado por ação antrópica (Fig.21).

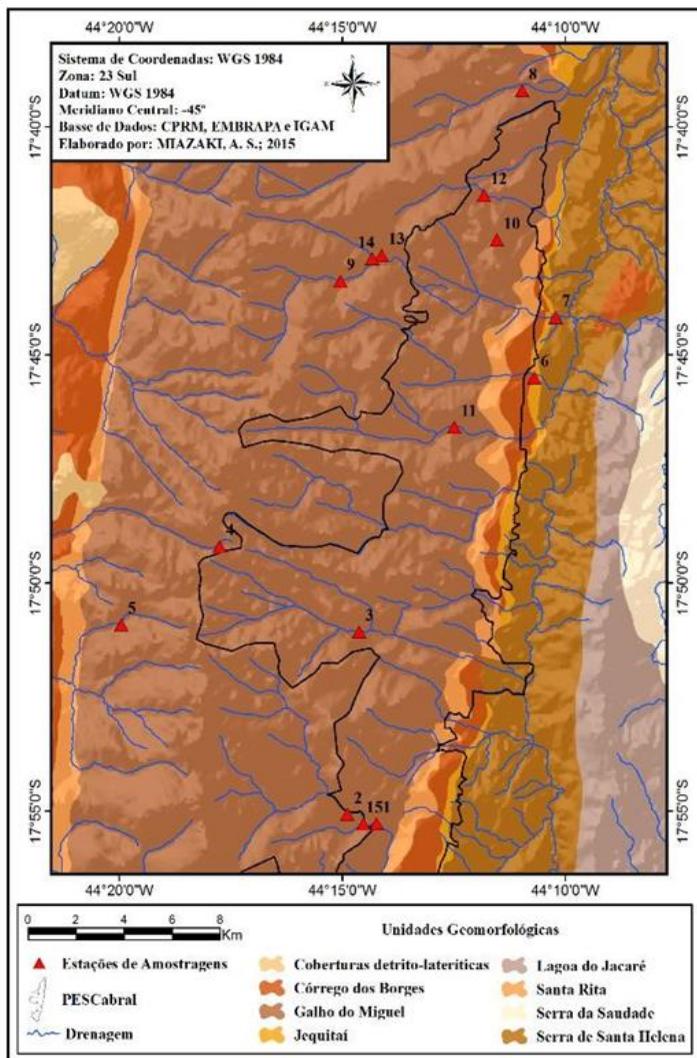
**Figura 21:** Imagem da área de coleta da Estação 15.



Fonte: Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres, 2012.

Sob a perspectiva da análise sistêmica os elementos do sistema em estudo formam um conjunto de inter-relações, e para seu entendimento se faz necessário conhecer as relações entre eles. Mediante esta premissa as Estações de amostragens foram especializadas sobre as unidades geomorfológicas e a rede de drenagem (Fig.22) que compõem a Serra do Cabral. Evidencia-se que a maioria dos sistemas analisados estão em formação com predominância de Quartzitos, exceto as Estações 6 (predomínio de Metadiamictito) e 7 (Argilito).

**Figura 22:** Mapa de Localização das Estações de Amostragens sobre as Unidades Geomorfológicas.



As técnicas introduzidas com o geoprocessamento reduzem a subjetividade e possibilitam realizar uma análise qualitativa e

quantitativa da paisagem a partir dos modelos distribuídos. Neste sentido, destacam-se neste estudo as Formações Galho do Miguel (Supergrupo Espinhaço), Serra de Santa Helena e Jequitaí (Supergrupo São Francisco):

- Formação Galho do Miguel: caracterizada por quartzitos puros e finos que constituem mais de 90% da unidade. Os outros 5 ou 10% estão representados por quartzitos finos micáceos e por finas intercalações de metargilitos acinzentados ou esverdeados. O conjunto de características indica ambiente predominantemente eólico para sua deposição (DOSSIN *et al.*, 1987 *apud* KAUNER, 2007).

- Formação Serra de Santa Helena: constitui uma sucessão sedimentar predominantemente pelítica<sup>11</sup>, composta de siltitos, folhelhos, argilitos e margas de cores esverdeadas; apresenta ainda intercalações de calcários cinza escuro. Representa o afogamento gradual da plataforma carbonática da formação anterior e a deposição de uma sucessão predominantemente pelítica (MARTÍNEZ, 2007).

- Formação Jequitaí: é formada por corpos de metadiamiccito e lentes de metarenito sobrejacentes. A gradação dos tilitos basais densos a tilitos gradativamente menos densos pode ser indicativo de mudança no fluxo de sedimentos, ou da diminuição do aporte de sedimentos. Estas evidências podem indicar a diminuição da influência das geleiras na sedimentação da Formação Jequitaí, com indicação do avanço de sistemas deposicionais das mesmas em ambiente de mar raso (LOPES, 2014).

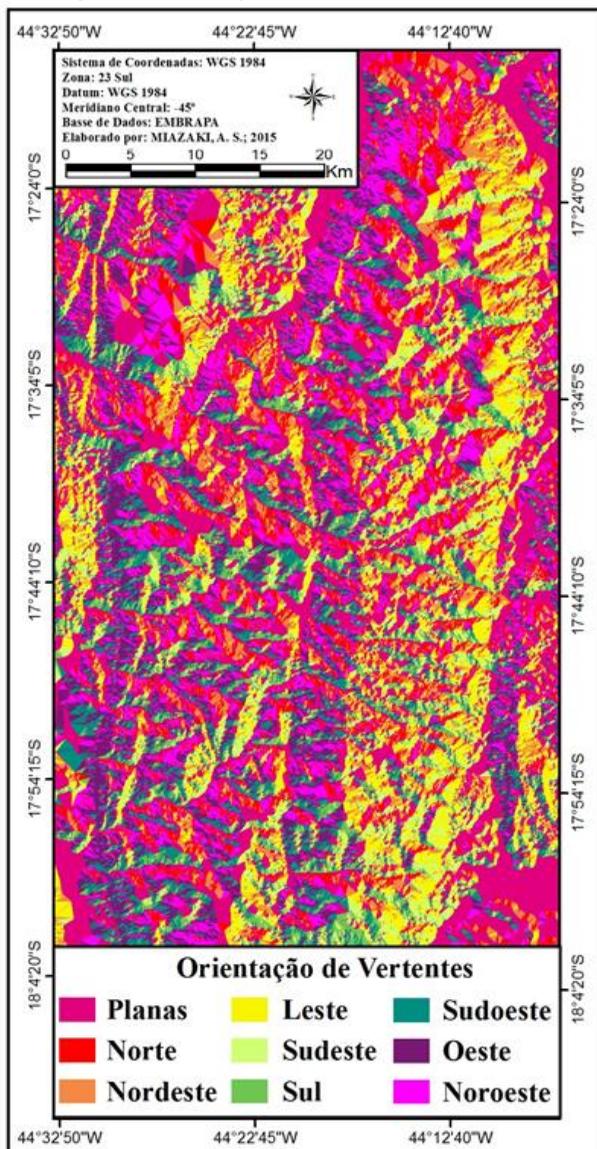
As diferentes variáveis passíveis de extração automática em SIG dão suporte à classificação multivariada da paisagem, e

---

<sup>11</sup> Rochas pelíticas são formadas por materiais muito finos, os quais podem também apresentar-se consolidados como o argilito. (GUERRA e GUERRA, 2008).

forneem a segmentação da mesma em ambientes topográficos (VALERIANO, 2003). A orientação de vertentes pode ser definida como uma forma tridimensional (Fig.23) que foi moldada pelas ações erosivas, por processos presentes ou pretéritos, que possui conexão dinâmica entre o interflúvio e o fundo de vale (SILVA, 2010), e influencia a regeneração, a formação de microclimas, a diversidade das espécies e os tipos de vegetação.

**Figura 23:** Mapa de Orientação de Vertentes.



Sua análise constitui instrumento eficaz para avaliar o grau de insolação e o nível de umidade. Neste sentido, e sabendo-se que a radiação solar exerce influência no processo de regeneração, as maiores áreas em regeneração natural encontram-se nas vertentes voltadas para Oeste, Leste e Sudoeste. No que se diz respeito às vertentes orientadas para Norte, estas recebem maior incidência solar, enquanto aquelas no quadrante Sul recebem menor incidência, sendo, portanto, as vertentes menos privilegiadas quanto à insolação e mais úmidas (HENZ *et al.*, 2003 *apud* SILVA e SILVA, 2010).

A região é compartimentada por falhas de rasgamento WNW (oés-noroeste/ONO) que dividem o Macrodomínio Espinhaço em duas porções Norte e Sul, tais falhas ocorrem por movimentos horizontais provocados por eixos de maior tensão (compressão) e maior alívio (tração) na horizontal, predominando na região da falha um cisalhamento simples (FOSSEN, 2012).

Sua área marginal é formada por compartimentos morfotectônicos, constituindo patamares escalonados em altitudes decrescentes para oeste, com superfícies inclinadas de Oeste para Leste, sendo controlados por falhas de empurrão NNW (nor-noroeste/NNO) - SSE (su-sudeste) (SAADI, 1995).

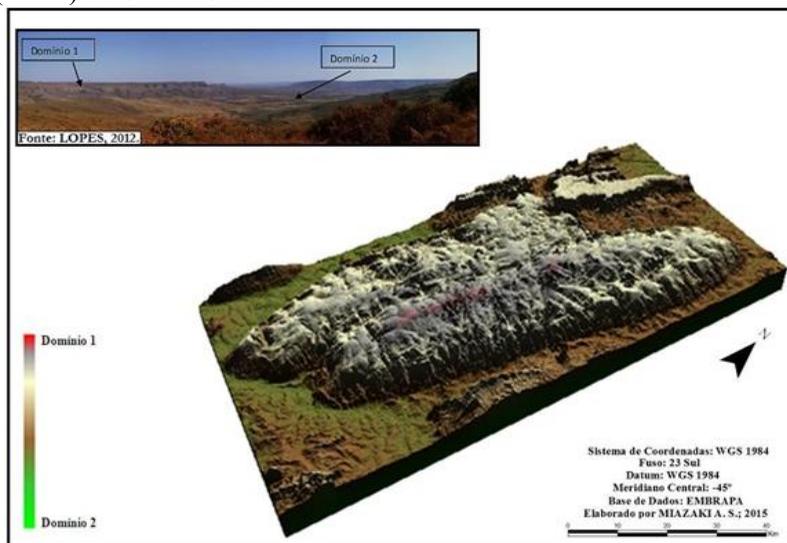
O relevo da Serra do Cabral, reconstituído em ambiente tridimensional (Fig.24), indica a compartimentação de dois grandes domínios geomorfológico influenciados pelos supergrupos Espinhaço e São Francisco:

- Domínio 1: marcado por chapadas, escarpas e serras que formam a própria Serra do Cabral e a Serra da Água Fria (LOPES, 2012), representado pela coloração que vai do início do marrom até o final da legenda de cores (vermelho).
- Domínio 2: formado por relevo dissecado com grandes áreas rebaixadas, predominando na porção leste um relevo

suave e ondulado (LEITE, 2010), que corresponde a coloração verde (início da legenda de cores) até o encontro com a tonalidade marrom.

Ao extremo sul as estruturas encontram-se rotacionadas compondo a curvatura do *front* do Espinhaço. As estruturas tectônicas são atribuídas a uma única fase de deformação, progressiva, com superposição de geração de estruturas. A área marginal desta borda é constituída pela depressão drenada pelos rios Jequitaiá e Curimataí, e adaptada a uma ondulação sinclinal (LOPES, 2012).

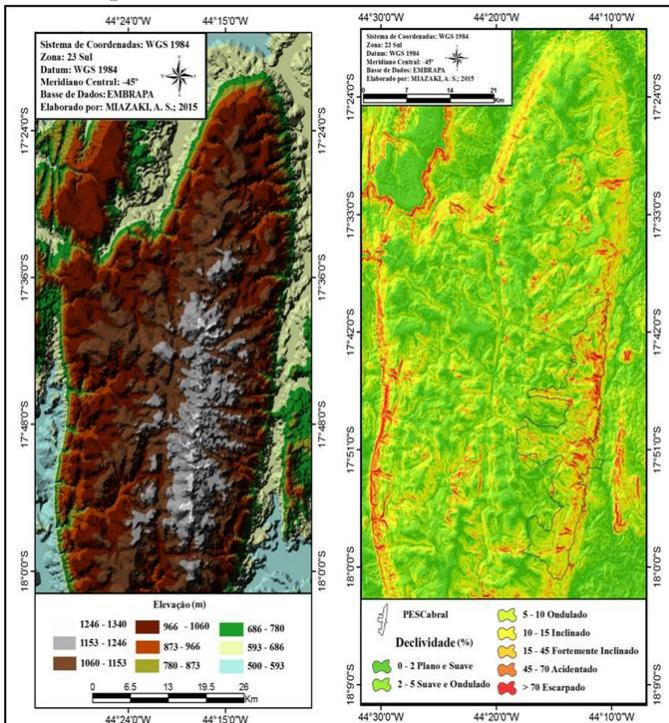
**Figura 24:** Domínios Geomorfológicos e Modelo Digital do Terreno (MDT) da Serra do Cabral.



A orientação de vertentes juntamente com a elevação e a declividade são fatores preponderantes que condicionam a dinâmica hidrológica sobre a superfície, ditando seu fluxo e compondo a geometria de exposição da superfície, uma vez

que, por meio destes aspectos o escoamento, principalmente o superficial, tende a ser direcionado. Por tais motivos os mapas de elevação e declividade (Fig.25), corroboram com a análise da paisagem. O primeiro reflete as diferenças de altitudes de uma dada região, baseando-se em suas curvas de nível, reduzidas ao nível das águas do mar e, o segundo demonstra as inclinações de uma área em relação a um eixo horizontal, servindo como fonte de informações das formas do relevo.

**Figura 25:** Mapas de Elevação e Declividade.



A declividade nas bordas em virtude do soerguimento da área resultou em um *horst* com topos com declividades menos

acentuadas. As regiões rebaixadas da Serra do Cabral (Fig.25) possuem altitudes entre 600 e 700 metros e compõem o “fundo” da paisagem local, com morros íngremes e paredões formados por rochas calcárias e pelíticas.

Nas áreas elevadas destacam-se dois subdomínios de relevos: rugoso (devido à alternância entre arenitos e rochas pelíticas do Supergrupo Espinhaço, que formam as chapadas, escarpas e serras) e liso (encontrado no topo destas serras, formando “mesas” por volta de 1000 metros, principalmente na Serra da Água Fria, em largas porções na Serra do Cabral e em partes da Serra Mineira) (LOPES, 2012).

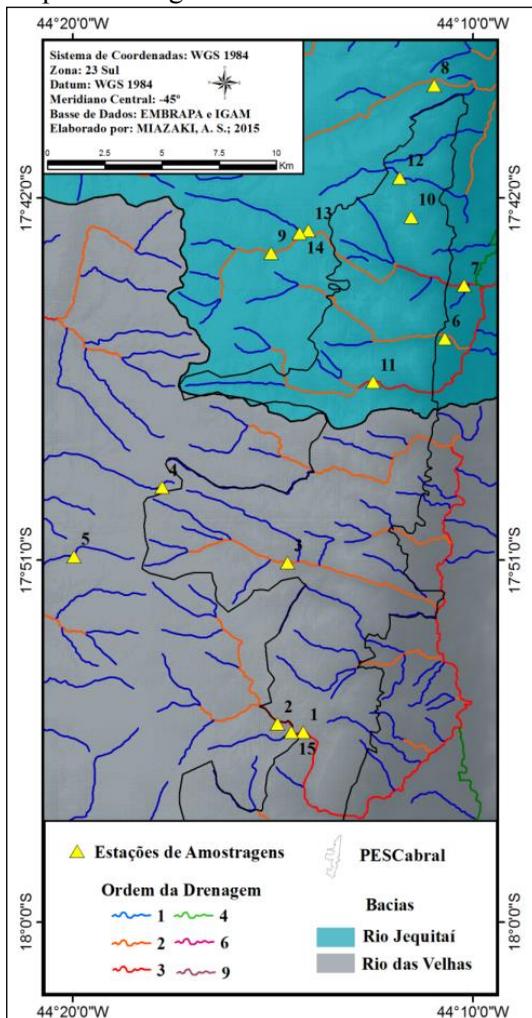
Outra variável ambiental analisada em SIG, e que corrobora com os estudos ambientais em geomorfologia, são os modelos hidrológicos matriciais, que visam analisar o comportamento das bacias hidrográficas e suas redes de drenagem, sendo possível gerar e corrigir modelos numéricos representativos da direção do escoamento superficial da água e modelos de acumulação dos fluxos.

Neste sentido o mapa hidrológico da Serra do Cabral (Fig. 26) assinala que a região é divisora de águas do centro-norte mineiro, e possui padrões de drenagem retangular nas nascentes, em terras altas nas quais o regolito e a rocha mãe oferecem uma resistência relativamente uniforme à erosão, e dendrítico ao longo do curso dos rios seguindo as linhas de falha (SOARES, 2004). Tais padrões de drenagem estão relacionados com o relevo e a declividade local. As nascentes das duas bacias ocorrem em terrenos litologicamente semelhantes, onde há uma forte presença de Quartzitos (LANA e CASTRO, 2006).

A bacia do rio das Velhas, parte inferior da Fig.26, possui uma extensão aproximadamente quatro vezes menor que a do rio Jequitaiá, compreendendo 51 municípios de importância

econômica e social significativa que inclui maior parte da RMBH (Região Metropolitana de Belo Horizonte) (PLANO DIRETOR DA BACIA DO RIO DAS VELHAS, 2005). Entretanto, sofre grandes impactos referentes à intensa atividade mineradora, as altas cargas de esgotos domésticos e efluentes industriais, e possui quedas significativas de sua biodiversidade ao longo de seus trechos (FERREIRA, 2004; FERREIRA *et al.*, 2009). No tocante à bacia do rio Jequitáí, parte superior da Fig.26, esta abrange 11 municípios, cuja população urbana é maior que 60% da população rural e os indicadores sociais e econômicos dos municípios que a integram são classificados como municípios pobres (CBHMG, 2010).

Figura 26: Mapa Hidrológico.



A hierarquia dos canais fluviais reflete o grau de ramificação da rede de drenagem da bacia, e indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia (ELESBON *et*

*al.*, 2011). Para a hierarquização dos canais fluviais da bacia hidrográfica adotou-se o sistema proposto por Strahler (1957) que classifica o curso d'água em 1º ordem aqueles que se originam diretamente da nascente e deságuam em outro curso d'água, o de 2º ordem, que conseqüentemente deságua no de 3º ordem, e assim sucessivamente. A seguir são elencadas as principais características em comum entre as Estações de amostragens, tendo como base a hierarquização de seus cursos d'água:

- **1º ordem:** As Estações de amostragens que se localizam em rios de 1º ordem possuem altitudes superiores a 1000 metros, e estão sobre a formação geológica Galho do Miguel, predominando os Quartzitos sobre o relevo Plano e Suave, com vertentes planas. A vegetação característica é de Campos Rupestres, com matas ciliares preservadas. No tocante à coloração preta da grande maioria de suas águas, esta cor é resultante de matéria orgânica particulada e dissolvida acumulada, favorecida pela presença de turfeiras e pelo transporte de material alóctone.

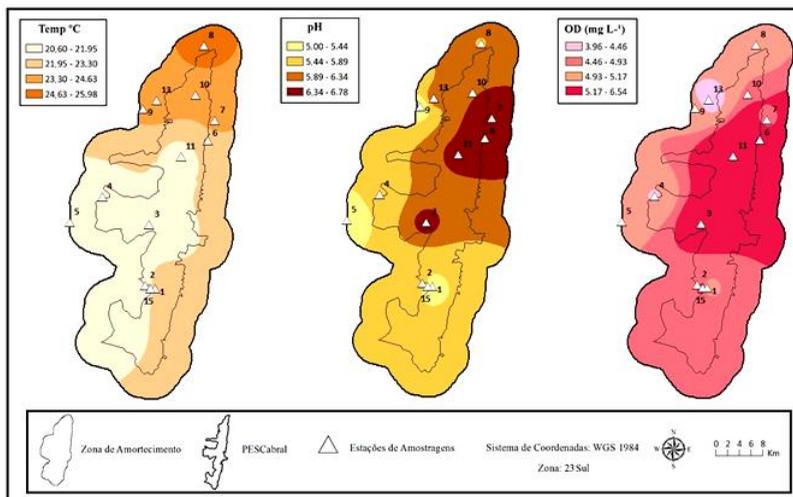
- **2º ordem:** Todas Estações pertencentes à drenagem de 2º ordem localizam-se na bacia do rio Jequitaí, especificamente na zona de amortização do PESCabral, com exceção da Estação 9, todos estão em ambientes antropizados, seja por piscinas artificiais (voltadas ao turismo), despejo de dejetos de esgotos domésticos, ou mesmo pela antiga extração de Quartzo. Como consequência, a metade destes ambientes possuem água com coloração esverdeada, indicando proliferação de algas. Estão localizados ao norte e noroeste do parque, indicando a região onde deve ser concentradas as ações de recuperação dos corpos d'água. Dois rios de segunda ordem possuem coloração preta, provavelmente sob influência natural da presença de turfeiras. Na Estação 6, onde a intervenção humana para fins turísticos é

presente, é indicado a recomposição da vegetação ciliar, até mesmo para melhoria das condições da água e paisagísticas para os banhistas.

- **3º ordem:** grande parte dos rios desta ordem estão localizados dentro ou no limite do parque, o relevo predominante é Suave e Ondulado, chegando a ser Fortemente Inclinado em algumas áreas, possuem no geral leito rochoso, com sequências de corredeiras (sobre as rupturas topográficas em extratos de Quartzitos) nas regiões de grande declividade, o que favorece o transporte do material alóctone e os sedimentos finos. No entorno das Estações, evidencia-se os afloramentos rochosos e mata ciliar desenvolvida; especificamente nas áreas planas a vegetação é composta por buritis esparsos, e há ocorrência de queimadas, seja por ação natural ou não, este fato interfere tanto na disponibilidade dos nutrientes, como na redução de acidez do solo e equilíbrio do sistema aquático.

Para a caracterização das variáveis físicas e químicas analisadas, foi confeccionada a Fig.27, que mostra a distribuição espacial dos valores médios de temperatura, pH e oxigênio dissolvido na água. Tais variáveis podem colaborar para a caracterização das águas de classe especial, principalmente situadas no interior e na zona de amortecimento do parque, identificando as condições em locais susceptíveis ao impacto antrópico.

**Figura 27:** IDW da média dos parâmetros físico e químicos limitados à zona de amortecimento do PESCabral.



Elaborado por: MIAZAKI A. S., 2015. **Observação:** As Estações de amostragens 12 e 14 não estão espacializadas por não possuírem nenhum dos parâmetros analisados, isto pode ter ocorrido por falha de calibração dos equipamentos.

A temperatura da água é influenciada pelo aquecimento da superfície devido à quantidade absorvida de raios solares, sendo afetada pela latitude, altitude, estação do ano, circulação do ar, cobertura de nuvens, cobertura vegetal, vazão e profundidade do corpo d'água, considerando também grande variação nictemeral<sup>12</sup>, principalmente nos trópicos, onde as variações de temperatura ao longo do dia podem superar as variações entre as estações do ano.

Contudo, as temperaturas da água observadas neste estudo são de difícil interpretação, pois a medição não foi realizada

<sup>12</sup> Nictemeral é o espaço de tempo que compreende 24 horas, ou seja, um dia e uma noite.

simultaneamente nas diferentes Estações de amostragens, e não houve uma padronização nas duas campanhas de coleta. Entretanto, foi possível observar tendência de temperaturas menores em locais cuja elevação está acima dos 1030 metros, em corpos hídricos de 2º ordem, que possuem coloração preta devido ao acúmulo de matéria orgânica alóctone, ou provenientes das turfeiras, com vegetação ciliar mais desenvolvida, e nos dois períodos de amostragem. A Estação 5, por possuir mata ciliar de Galeria, apresenta as menores temperaturas para cada período, mesmo com a medição sendo feita no horário em que o sol atinge seu ponto mais elevado no céu (sol a pino). No tocante às temperaturas mais elevadas, estas se encontram em altitudes inferiores a 1110 metros, em corpos hídricos de 3º ordem, onde predominam as águas esverdeadas, resultantes da antropização do ambiente.

A variação química natural da água é condicionada pela origem das rochas, pelo fluxo e aportes de matéria orgânica e pelos processos metabólicos da comunidade aquática, grande parte destes fatores refletem alterações nos valores de pH da água, que por sua vez altera os processos químicos e metabólicos do sistema (ESTEVES, 1988). Os rios da América do Sul podem apresentar valores naturalmente de pH mais baixos, no tocante as áreas brasileiras em específico, os riachos são geralmente de águas ácidas, influenciados pela formação geológica e geomorfológica de suas bacias hidrográficas, pela declividade dos rios e pela presença de restos da vegetação (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

No caso de águas pretas, locais onde predominaram os valores de pH mais baixos no presente estudo, tais índices são comuns, pois a coloração da água é influenciada pela presença de turfeiras. Além disso, rios de baixa ordem (1º e 2º ordem neste estudo), que possuem mata ciliar preservada, têm o

metabolismo influenciado pela entrada de matéria orgânica alóctone, predominando nestes locais os processos de decomposição e respiração da comunidade (VANNOTE *et al.*, 1980) que condicionam valores de pH mais baixos. As comunidades aquáticas também interferem nos valores de pH do meio, por meio da absorção de CO<sub>2</sub> durante o processo fotossintético, onde as macrófitas e as algas frequentemente elevam o pH (ESTEVEES, 1998). Neste sentido, e especificamente, o que condiciona os valores de pH da Estação de amostragem 8, não é o *pool* de algas, mas sim, o fator geológico local formado por Quartzitos, naturalmente ácidos, cuja lixiviação explica os baixos resultados encontrados.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos. A concentração de oxigênio dissolvido pode variar de acordo com o tipo de ambiente: sistemas fluvial ou lacustre, ordem dos rios e temperatura da água. A temperatura da água influencia diretamente a capacidade de diluição do oxigênio, visto que temperaturas elevadas favorecem a sua liberação para a atmosfera, além disso, a quantidade desse gás na água está relacionada com processos metabólicos: a produtividade primária libera oxigênio para o sistema, e a respiração e a decomposição consomem o oxigênio do ambiente aquático (JANZEN *et al.*, 2008).

Neste estudo os valores elevados são encontrados em relevos Suave e Ondulados, em que predominam os Quartzitos da formação Galho do Miguel, com altitudes que variam entre 1020 e 1110 metros, sendo duas Estações de amostragens localizadas logo abaixo de cachoeiras, ambientes onde a mistura da água com a atmosfera é favorecida. Desta forma, a

reaeração<sup>13</sup> atmosférica, provavelmente, contribui para o aumento da concentração de oxigênio na água, mesmo em locais de águas pretas, onde a presença de matéria orgânica pode condicionar o consumo de oxigênio no processo de decomposição.

Os locais de menor valor de oxigênio dissolvido são as Estações 4 e 13, ambas caracterizadas por forte presença de matéria orgânica em decomposição. A Estação 4 é um sistema de represamento natural em um trecho de primeira ordem, com coloração preta e vegetação bastante preservada e densa, o que caracteriza a possibilidade de baixa produtividade primária e elevada taxa de decomposição. Na Estação 13 o que condiciona os valores reduzidos de oxigênio dissolvido são o lançamento de resíduos domésticos no lago, represado de forma artificial, aliado a presença do gado, devido a área ser circundada por pastagens. Estes fatores também corroboram com a proliferação de algas nesta Estação, evidenciada pela tonalidade esverdeada de sua água. Em suma, a Estação 4 ainda preserva suas condições naturais, enquanto que a 13 sofre influência direta das ações antrópicas.

---

<sup>13</sup> A reaeração é um fenômeno natural de reposição do oxigênio dissolvido em corpos d'água.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) para a geração do banco de dados do projeto “*Biodiversidade de Microcrustáceos de Água Doce em Campos Rupestres*” contribuiu de forma promissora, ao integrar os dados levantados *in locus* com os parâmetros morfométricos, extraídos por meio do geoprocessamento, a partir das imagens SRTM.

O interpolador geoestatístico Inverso do Quadrado da Distância (*IDW*) foi o método escolhido para a espacialização dos dados, por considerar a influência da proximidade das Estações no tocante às características limnológicas dos sistemas aquáticos, sendo de suma importância para o entendimento sistêmico da dinâmica ambiental em cada Estação amostrada.

Considerando os dados limnológicos é possível afirmar que existe grande variação das características naturais das águas nas Estações de amostragens analisadas dentro do parque, em grande parte, essa variação é característica do funcionamento do próprio sistema, em decorrência da influência de turfeiras e do tipo de sistema aquático que, por sua vez, é determinado pela geomorfologia local.

Mesmo com pouca variação das características geológicas locais, foi possível evidenciar sua influência nas variáveis limnológicas. Os dados obtidos possibilitam inferir que as rochas quartizíticas e os arenitos, pobres em nutrientes, possivelmente, influenciam os baixos valores de pH das duas bacias analisadas (Rio das Velhas e Jequitaí).

Os resultados indicam a importância da presença da mata ciliar, no tocante à proteção das margens dos rios e dos ecossistemas aquáticos adjacentes, regulando a temperatura, e corroborando com o fato de que os ecossistemas aquáticos são

mais estáveis quando a cobertura terrestre na área é composta por algum tipo de vegetação. Os valores de oxigênio na água podem ser atribuídos principalmente à elevada reaeração, visto que os cursos d'água que possuem os maiores valores encontram-se em ambientes de corredeiras, onde a turbulência facilita a mistura atmosférica.

Ao considerar a avaliação da água como classe especial, torna-se importante conciliar as características naturais do sistema, com atenta análise das atividades no entorno dos corpos hídricos, pois o que é inadequado para as demais classes, pode ser a condição natural da classe especial.

Evidencia-se a necessidade de atenção para as veredas situadas no PESCabral, visto que, a vereda situada no limite do parque (Estação 15) apresentou características de queimadas, e a que está presente na Estação 1, mesmo estando localizada dentro do parque, pode ter passado por queimada recente ou recorrente. Mesmo sendo o fogo um fator de ação natural em campos rupestres, muitas vezes, as queimadas podem ser provocadas com o objetivo de aproveitamento da área para pastagem.

Algumas das Estações de amostragens, mesmo estando fora dos limites oficiais do parque, devem receber atenção especial, principalmente na região norte e noroeste, respectivamente as Estações 8 e 13, que apresentam águas visivelmente eutrofizadas. A Estação 8, com o afloramento freático encaixado na cava de mineração abandonada, apresenta pouca possibilidade de recuperação. Entretanto, a Estação 13, pode ter as condições da água melhoradas com a interrupção do lançamento de esgoto. Desta forma, a principal ação de manejo está em oferecer condições adequadas para o depósito do esgoto, neste caso é indicado a construção de fossa, além da preservação da vegetação nas margens do reservatório.

Na Estação 6, situada ao leste do parque, em sua área de amortecimento, é indicado a recomposição da vegetação ciliar, principalmente na margem esquerda, visando tanto a melhoria das condições da água, como enaltecer as características paisagísticas para o aproveitamento turístico ali instalado.

Por fim, é de suma importância ressaltar a participação do geógrafo para uma análise prévia da área de estudo, para que haja uma identificação das unidades geomorfológicas e uma melhor distribuição das Estações de amostragens, sendo também fundamental sua presença no campo para uma análise integrada das características da paisagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas no Brasil. **Orientação**, São Paulo, n. 3, p. 45-48, 1967.

ALKMIM, F. F.; PEDROSA-SOARE, A. C.; NOCE, C. M.; CRUZ, S. C. P. Sobre a Evolução Tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. **Geonomos**, v. 15, n. 1, p. 25-43, 2007.

ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. A bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço Estrutural e cenários evolutivos. In: PINTO, C. P. & MARTINS-NETO, M. (eds.). **A Bacia do São Francisco geologia e recursos naturais**. SBG, Belo Horizonte, p. 9-30, 2001.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais: climatologia agrícola. **Informe Agropecuário**, v.12, p. 9-13, 1986.

BARROS, M. V. F.; POLIDORO, M.; TAKEDA, M. M. G. Geração de modelos tridimensionais através de dados do *shuttle radar topography mission* para subsídios no planejamento urbano e estudos geomorfológicos. In: VIII encontro nacional da ANPEGE, 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2009.

BATALHA, M. A. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 21-24, 2011.

BENITES, V. N; CAIAFA, A. N; MENDONÇA, E. S.; SCHAEFER, C. E.; KER, J. C. Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e Ambiente**, v. 10, p. 76-85, 2003.

BRASIL. Decreto nº 99.274 de junho de 1990. Regulamenta o art. 27. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 06 jun. 1990.

\_\_\_\_\_. Lei 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Lei Lehmann; Lei do Parcelamento do Solo Urbano. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 19 dez.1979.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Fundamentos de Geoprocessamento. In. CÂMARA, GILBERTO *et al.* (orgs.). **Geoprocessamento: Teoria e Aplicações**. INPE, 1999.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 1995.

CASTRO, F. C. N.; ALBUQUERQUE, F. J. A.; SILVA, F. L. M.; MELO, J. S.; PIMENTEL NETO, J. G.; SILVA FILHO, P. A; NOBREGA, P. R. C.; SANTOS, R. A. A. A busca por relações entre Geoprocessamento e a geomorfologia na elaboração de um planejamento territorial. II Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 2004, Aracajú. **Anais....** Aracajú, 2004.

CAVALCANTE, C. M. **As pinturas da Lapa da Dança no contexto da arte rupestre da Serra do Cabral – Minas Gerais – Brasil**. 2008. 111f. Dissertação (Mestrado em Arqueologia Pré-Histórica e Arte Rupestre) - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal, 2008.

CAVALIN, P. O. **Estrutura de comunidades de espécies lenhosas ao longo de um gradiente de altitude na floresta ombrófila densa atlântica do sudeste brasileiro: uma abordagem filogenética e funcional**. 2012. 93f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, 2012.

CBHMG – **Comitê de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais**. Bacia do Rio Jequitaiá. 2010.

- CHRISTÓFARO SILVA, A.; HORÁK, I.; VIDAL-TORRADO, P.; CORTIZAS, A. M.; RACEDO, J. R.; CAMPOS, J. R. R. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional - MG: II - influência da drenagem na composição elementar e substâncias húmicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1399-1408. 2009.
- CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**, 2006. **Resolução nº357 de 17 de março de 2005**.
- COPAM – **Conselho Estadual de Política Ambiental**. Em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/copam>>.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 1-11, 2006.
- CPRM – **Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/>>.
- DE BIASI, M. **Carta de declividade de vertentes**: confecção e utilização. Geomorfologia, Instituto de Geografia-USP, São Paulo, n. 21, p. 8-13, 1970.
- DUSSIN T. M. A tectônica extensional paleoproterozóica na borda sudeste do Cráton São Francisco (SE, Brasil): geoquímica e petrologia das metaígneas. **Geonomos**, v. 8, p. 63-68, 2000.
- EITEN, G. Delimitation of the cerrado concept. **Vegetation**, v. 36, n.3, p.169-178, 1978.
- ELESBON, A. A. A.; GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; Castro, I. O. Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do braço norte do rio São Mateus – Brasil. **Revista Escola de Minas**, v. 64, p. 281-288, 2011.
- ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FERREIRA, W. R. **Monitoramento de Macroinvertebrados Bentônicos Bioindicadores de Qualidade de Água ao Longo da Bacia do Rio das Velhas (MG)**. 2004. 45f. Monografia (Bacharel em Biologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.

FERREIRA, W. R.; PAIVA, L. T.; CALLISTO, M. Índice Biótico Bentônico no Biomonitoramento da Bacia do Rio das Velhas. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009. **Anais...** Campo Grande, 2009. p. 1-19.

FONSECA, B. M.; MOURA, A. C. M.; CARVALHO, G. A.; DINIZ, V. A difusão de novas tecnologias de mensuração e dados do relevo como apoio ao ensino da representação topográfica, In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 1473-1479.

FOSSEN, H. **Geologia Estrutural**. Trad. ANDRADE, F. R. D. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

GASTAUER, M.; MESSIAS, M. C. T. B.; MEIRA – NETO, J. A. A. Floristic Composition, Species Richness and Diversity of Campo Rupestre Vegetation from the Itacolomi State Park, Minas Gerais, Brazil, **Environment and Natural Resources Research**, v. 2, n. 3, p. 115-128, 2012.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; PIRANI, J. R. Espinhaço Range Region, Eastern Brazil. In: S. D. D.; V. H. H.; O. H.; M. B.; J. V. L.; A. C. H. (eds.). **Centres of Plants Diversity**. 3 ed. Oxford - Information Press, p. 397-404, 1997.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

HidroWeb – **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>>.

**IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>.

**IEF – Instituto Estadual de Florestas.** Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/>>.

**IGAM – Instituto Mineiro da Gestão das Águas.** Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/>>.

JACOBI, C. M.; CARMO, F. F.; VINCENT, R. C., STEHMANN, J. R. Plant communities on ironstone outcrops - a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, p. 2185-2200, 2007.

JANZEN, J. G.; SCHULZ, H. E.; LAMON, A. W. Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 278-283, 2008.

LANA, C. E; CASTRO, P. T. A. Resposta da rede de drenagem à heterogeneidade geológica em bacias hidrográficas: uma comparação entre bacias do alto Rio das Velhas e Jequitaiá - MG. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia/GO: UFGO, 2006. p. 1-11.

LEITE, M. M. **Geologia da porção norte da folha Serra do Cabral, Centro-Norte de MG.** 2010. 80f. Dissertação (Bacharel em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

LOPES, T. C. **O Supergrupo Espinhaço na Serra do Cabral, Minas Gerais: contribuição ao estudo de proveniência sedimentar.** 2012. 136f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

LOPES, T. C.; LEITE, M. M.; MARTINS, M. S.; UHLEIN, A.; KARFUNDEL, J.; FONSECA, A.; UHLEIN, G. J.; FREIRE, G. R. **Geologia e recursos minerais da folha Serra**

**do Cabral SE.23-X-C-V:** Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2014.

KNAUER, L. G. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. **Geonomos**, v. 15, n.1, p. 81-90, 2007.

KRAFT, N. J. B.; ADLER P. B.; GODOY O.; JAMES E. C.; FULLER S.; LEVINE J. M. Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor. **Functional Ecology**, v. 29, p. 592-599, 2015.

MARTÍNEZ, M. I. **Estratigrafia e Tectônica do Grupo Bambuí no Norte do Estado de Minas Gerais**. 2007. 122f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia:** noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de texto, 2007, p. 167-168.

MONTEIRO, C. A. F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo** (Atlas), USP. Instituto de Geografia, 1973, p 130.

NOGUEIRA, T; JUNIOR, J. F. P; RODRIGUES, S. C. Compartimentação Morfológica com Base em Dados SRTM: Estudo de Caso Bacia do Rio Uberabinha, Uberlândia-MG. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, n. 2, p. 154-169, 2008.

PINHEIRO, L. S. **A Dinâmica Erosiva na Bacia do Córrego Ibitinga – Rio Claro (SP): uma Abordagem Empírico-Dedutiva**. 2012. 139f. Dissertação (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2012.

**Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas:** resumo executivo dezembro, 2004. Luíza de Marillac Moreira Camargos (coord.). - Belo Horizonte:

Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2005. 228 p.

**PORTAL SERRA DO CABRAL.** Disponível em: <<http://portalserradocabral.blogspot.com.br>>.

**RODRIGUES, A. L. Geoeletoestratigrafia Bi-dimensional da Porção Central da Bacia do São Francisco.** 2002. 93f. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Observatório Nacional/MCT, Rio de Janeiro. 2002.

**RODRIGUES, K. F. A Tribo Microlicieae (Melastomataceae) na Serra do Cabral, Minas Gerais.** 2005. 142f. Tese (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, 2005.

**ROCHA, R. R. C. Análise das limitações do direito na solução de conflitos ambientais: a aplicação de sistemas de informações geográficas a processos judiciais.** 2009. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.

**SAADI, A.** A geomorfologia da Serra do espinhaço em minas gerais e de suas margens. **Geonomos**, v. 3, n. 1, p. 41-6, 1995.

**SALLES, M. M. O uso do SIG na análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio São João – MG.** 2010. 29f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

**SILVA, A. A. F. Geoprocessamento aplicado à análise e mapeamento geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João – TO.** 2010. 45f. Monografia (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, 2010.

**SILVA, V. C. Compilação e análise de dados geográficos dos municípios incluídos na zona de amortização das reservas nacionais e estaduais de proteção ambiental estudados no projeto SISBIOTA.** 183f. Não publicado.

SILVA, J. F.; CORGOSINHO, P. H. C.; ROCHA, C. E. F.; SCHIMIGUEL, J. Protótipo de um banco de dados sobre biodiversidade de microcrustáceos de água doce e dados físico e químicos em ambientes rupestres. In: II Seminário Hispano-Brasileiro – CTS, 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2012. p. 389-396.

SILVEIRA, C. S.; SILVA, V. V. Dinâmicas de regeneração, degeneração e desmatamento da vegetação provocadas por fatores climáticos e geomorfológicos: uma análise geocológica através de SIG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1025-1034, 2010.

SOARES, A. **Geoestatística para ciências da terra e do ambiente**. 2. ed. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2006.

SOARES, J. V. Morfologia de uma Bacia de Drenagem. In: SOARES, J. V. **Introdução a Hidrologia de Florestas**. INPE, v. 1. 2004. Disponível em: <<http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/ePrint@80/2006/08.04.11.54/doc/v1.pdf>>.

SOUZA, L. F.; SAMPAIO, T. V. M.; Aplicação do Índice de Concentração da Rugosidade à Identificação de Classes de Dissecção do Relevo: Uma Proposta de Quantificação e Automatização em Ambiente SIG. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010, Recife. **Anais...**Recife, 2010.

STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. **American Geophysical Union Transactions**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

SRTM – **Shuttle Radar Topographic Mission**. Disponível em: <<http://strm.usgs.gov>>.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.37, p.130–137, 1980.

VALADÃO, R. C. Geodinâmica de superfícies de aplanamento, desnudação continental e tectônica ativa como condicionantes da megageomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.10, n. 2, p. 77-90, 2009.

VALERIANO, M. de M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n. 3, 2003.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M, B. **Geoestatística: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.



**Editora Prospectiva**