

FRAGILIDADE AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: O CASO DA APA SERRA DA PIEDADE – MG

ENVIRONMENTAL FRAGILITY AS A ENVIRONMENTAL PLANNING INSTRUMENT IN CONSERVATION UNITS: THE CASE OF APA SERRA DA PIEDADE – MG

LA FRAGILIDAD AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE PLANIFICACIÓN AMBIENTAL EN UNIDADES DE CONSERVACIÓN: EL CASO DE APA SERRA DA PIEDADE – MG

Fellipe Fazonato Pacheco

Universidade Federal de Viçosa
fellipe.pacheco@ufv.br

José Flávio Morais Castro

Doutor, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais,
joseflavio@pucminas.br

RESUMO

O presente trabalho objetivou determinar a fragilidade ambiental da Área de Proteção Ambiental (APA) Serra da Piedade, localizada no Município de Visconde do Rio Branco, situado na Zona da Mata mineira, do estado de Minas Gerais. Para determinação da fragilidade ambiental da área, o estudo teve como embasamento teórico a concepção de Geossistemas, Ecodinâmicas e de Ecogeografia, dos estudos de Sotchava, Tricart e Bertrand. A base metodológica do trabalho consistiu em uma análise multicriterial fundamentada nos trabalhos de Ross (1994), Crepani et al. (2001) e ponderou as variáveis de Declividade, Geomorfologia e Precipitação junto a classificação do Uso da Terra. Através dos dados coletados dessas variáveis ambientais o modelo faz a integração dos critérios pela sua soma simples, com cada classe de todas as variáveis tomando um valor específico a sua fragilidade. O resultado gerou o Mapa de Fragilidade Potencial (MFP) com as variáveis, Declividade, Geomorfologia e Precipitação e, por conseguinte o Mapa de Fragilidade Emergente (MFE) a partir da sobreposição do mapa de Fragilidade Potencial (MFP) e do mapa temático de uso e ocupação da terra. Os modelos gerados no trabalho suscitaram informações importantes para o planejamento ambiental e territorial da Área de Proteção Ambiental Serra da Piedade, assim como para outras áreas afins, possibilitando também a criação um zoneamento acessível, de fácil aplicação, que origina um instrumento eficaz, para o monitoramento da fragilidade ambiental.

Palavras-chave: Geografia; geossistemas; geoprocessamento; modelagem; planejamento ambiental.

ABSTRACT

This study aimed to determine the environmental fragility of the Serra da Piedade Environmental Protection Area (APA), in the municipality of Visconde do Rio Branco, located in the Zona da Mata region, in the state of Minas Gerais, Brazil. To determine the fragility of the area, the study had as theoretical basis the conception of Geosystems, Ecodynamics and Ecogeography, from the studies of Sotchava, Tricart and Bertrand. The methodological basis of the work consisted of a multicriterial analysis based on the work of Ross (1994), Crepani et al. (2001) and weighted the Slope, Geomorphology, Precipitation variables with the Land Use classification. Through the data collected from these environmental variables, the model integrates the criteria by their simple sum, with each class of each variable taking a specific value to its vulnerability to fragility. The result generated the Potential Fragility Map (MFP) with the variables, Slope, Geomorphology and Precipitation and, the Emerging Fragility Map (MFE) from the overlay of the Potential Fragility map (MFP) and the thematic use map and land occupation. The models produced in the study generated important information for the environmental and territorial planning of the Serra da Piedade Environmental Protection Area, as well as for other related areas, also enabling the creation of an accessible, easy-to-apply zoning, which generates an effective tool for the monitoring of environmental fragility.

Keywords: Geography; geosystems; geoprocessing; modeling; environmental planning.

RESUMEN

El presente estudio objetivó determinar la fragilidad ambiental del Área de Protección Ambiental (APA) Serra da Piedade, en el municipio de Visconde do Rio Branco, ubicado en la región Zona da Mata en el estado de Minas Gerais, Brazil. Para determinar la fragilidad del área, el estudio tuvo como base teórica la concepción de Geosistemas, Ecodinámica y Ecogeografía, a partir de los estudios de Sotchava, Tricart y Bertrand. La base metodológica del trabajo consistió en un análisis multicriterial basado en las obras de Ross (1994), Crepani et al. (2001) y ponderaron las variables Pendiente, Geomorfología y Precipitación con la clasificación de Uso del Suelo. A través de los datos recolectados de estas variables ambientales, el modelo integra los criterios por su simple suma, con cada clase de cada variable tomando un valor específico a su vulnerabilidad a la fragilidad. El resultado generó el Mapa de Fragilidad Potencial (MFP) con las variables Talud, Geomorfología y Precipitación y, por tanto, el Mapa de Fragilidad Emergente (MFE) a partir de la superposición del mapa de Fragilidad Potencial (MFP) y el mapa de uso temático y ocupación del suelo. Los modelos producidos en el trabajo generaron información importante para la planificación ambiental y territorial del Área de Protección Ambiental de la Serra da Piedade, así como para otras áreas relacionadas, permitiendo también la creación de una zonificación accesible y de fácil aplicación, que genera una herramienta eficaz para el seguimiento de la fragilidad ambiental.

Palabras clave: Geografía; geosistemas; geoprosesamiento; modelización; planificación ambiental.

INTRODUÇÃO

A Geografia, segundo Ross, tem um papel fundamental na produção de métodos e informações que auxiliem na prática de planejamento e gestão dos espaços. Mas o espaço geográfico é antes de tudo uma produção da intervenção humana no meio ambiente. O homem intervém sobre um espaço natural e rompe seus limites de equilíbrio por razões múltiplas, mas o mesmo não é capaz de romper com funcionamento geral do geossistema, que tende e seguir sua dinâmica natural de busca por um reequilíbrio dinâmico (ROSS, 1994).

Nas últimas décadas, devido a vários fatores como, o crescimento populacional, o uso incorreto da terra, a degradação ambiental, ao desmatamento florestal, entre outros, tem se notado o aparecimento de graves os problemas enfrentados pela população quanto a privação desses recursos naturais, sendo importante a sua preservação, como observa Tundisi (2008), quando discute a problematização dos recursos hídricos. Nesse contexto, diante de um momento que apresenta intensificada escassez desses recursos, esta pesquisa pretende contribuir com um método para elaboração de uma análise de fragilidade ambiental para a APA Serra da Piedade, localizada no município de Visconde do Rio Branco, Minas Gerais.

Sendo assim, a produção desse trabalho pode ser útil para propor um planejamento do territorial para APA Serra da Piedade que promova um modo adequado de ocupação, que provoque a diminuição dos processos erosivos causados pelos altos níveis de densidade de drenagem e de declividade e origine um nível estabilidade do ambiente.

As APAs, ou Áreas de Preservação Ambiental pertencem a um conjunto de práticas e procedimentos oficiais conhecidos como Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Dentre essas práticas estão as Unidades de Conservação (UC), a Unidade de Conservação (UC) é a denominação utilizada no SNUC para o que, se conhece internacionalmente como protegidas. São espaços territoriais onde os recursos ambientais, têm características naturais relevantes e por esse motivo se aplicam e esses espaços garantias adequadas de proteção de lei. As unidades de conservação são o principal instrumento do SNUC para a preservação a longo prazo da diversidade biológica. No que se refere as Áreas de Proteção Ambiental (APA) essas

são um tipo de área protegida previstas na legislação brasileira como parte do SNUC, que correspondem a áreas em geral extensas, com um certo grau de ocupação humana, dotadas de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas que lá habitam, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Segundo Craveiro as unidades de conservação exercem um papel vital para a conservação dos recursos naturais, suas funções partem desde preservar amostras representativas de regiões naturais e de sua diversidade biológica, a manutenção da estabilidade ecológica de zonas que as circundam e os valores culturais de uma população circunvizinha. E nesse processo é comum nos depararmos com diversas terminologias para definir uma categoria específica de manejo, como parques, reservas, florestas e entre outras (CRAVEIRO, 2008).

A fragilidade ambiental consiste em uma metodologia de análise ambiental baseada nos princípios da Ecodinâmica propostos por Tricart em 1977, onde são avaliadas as relações entre os componentes do meio físico, que permite estimar quais os impactos que uma determinada atividade antrópica pode causar em uma determinada área. Geralmente, estudos de fragilidade ambiental estão relacionados ao risco potencial e emergencial de erosão e de deslocamento de massas de terra, ou seja, deslizamentos. Essa situação pode ser agravada no cenário atual, onde se evidenciam uma intensificação de desmatamentos por todo País e conseqüentemente na Mata Atlântica, segundo revela o relatório do Atlas da Mata Atlântica (INPE, 2019).

As práticas de planejamento ambiental têm se mostrado como uma tentativa de amenizar o impacto socioespacial que essa degradação pode causar, bem como mostrar e/ou indicar soluções para recuperação de áreas degradadas. Sendo assim, uma análise da fragilidade ambiental torna-se um instrumento importante para elaboração de um planejamento territorial ambiental, que permite avaliar os processos antrópicos que ocorrem na região, além de avaliar as potencialidades e as restrições das áreas de forma integrada.

O trabalho tem por objetivo elaborar uma metodologia de análise da fragilidade ambiental da APA Serra da Piedade, localizada no município de Visconde do Rio Branco, MG. Esta análise é realizada então por meio de técnicas de geoprocessamento e efetuadas em Ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas), que por sua vez

visou à confecção de um modelo matemático que aponte os locais de maior fragilidade ambiental. Como objetivos específicos deste trabalho pretende-se identificar as áreas com alta fragilidade ambiental; identificar as variáveis fundamentais para análise geossistêmica; integrar as variáveis por meio de técnicas de análise espacial dentro do ambiente SIG; e elaborar o mapa de fragilidade da APA Serra da Piedade.

Segundo Castro, em seu trabalho “Aplicação de um Sistema de Informação Geográfica na Temática da Morfodinâmica”, Os SIGs, também conhecidos na literatura internacional como Geographic Information System (GIS), são sistemas que fazem o tratamento computacional de dados geográficos e geram informações com base em suas características alfanuméricas e por meio de sua localização. Uma modelagem em ambiente SIG também pode ser chamada de modelagem cartográfica, este modelo cartográfico é composto por várias camadas de mapas com seus dados espaciais reconhecidos que representam a realidade de um dado local. Este tipo de técnica de análise espacial consiste na sobreposição desses mapas sobre uma base cartográfica comum, onde cada mapa é uma variável que por fim derivam o mapa final que vai conter o resultado da soma das camadas anteriores que, por meio de um método pré-definido, adquirem valores independentes. Esses sistemas, surgem então no Canadá no início dos anos de 1960, devido à necessidade de se transferir mapas físicos para o ambiente computacional (CASTRO, 1993).

Para o embasamento teórico da pesquisa realizada foi escolhida a Teoria dos Geossistemas. A teoria dos Geossistemas por sua vez, tem como base epistemológica a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), idealizada na década de 1930 pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy (1934), tendo alcançado o seu auge de divulgação na década de 1960, mais precisamente em 1968, com a divulgação do livro Teoria geral de sistemas: Fundamentos, desenvolvimento, aplicações Bertalanffy (1968).

Segundo Peixoto (2016), a Teoria Geral dos Sistemas surgiu como uma perspectiva de análise da natureza e dos sistemas que a compõem, além da inter-relação entre esses sistemas em diferentes espaços, A TGS foi logo introduzida na Geografia, com pressupostos de uma visão sistêmica. O modelo passou a ser amplamente discutido nas escolas de Geografia do século XX, principalmente na escola Russa, com Sotchava (1963) e na escola francesa, com Tricart (1965) e Bertrand (1968). No Brasil, Christofolletti (1980), Ross (1994), Crepani et al. (2001) e Monteiro (2001) apresentaram

as primeiras proposições teóricas e metodológicas referenciando a teoria geossistêmica, contribuindo para o desenvolvimento da Geografia Física (PEIXOTO, 2016).

Para aplicação do modelo geossistêmico foi utilizada a metodologia proposta por Ross (1994) e Crepani et al. (2001), as metodologias que esses autores propõem, reúne diferentes padrões de fragilidade ambiental em Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis.

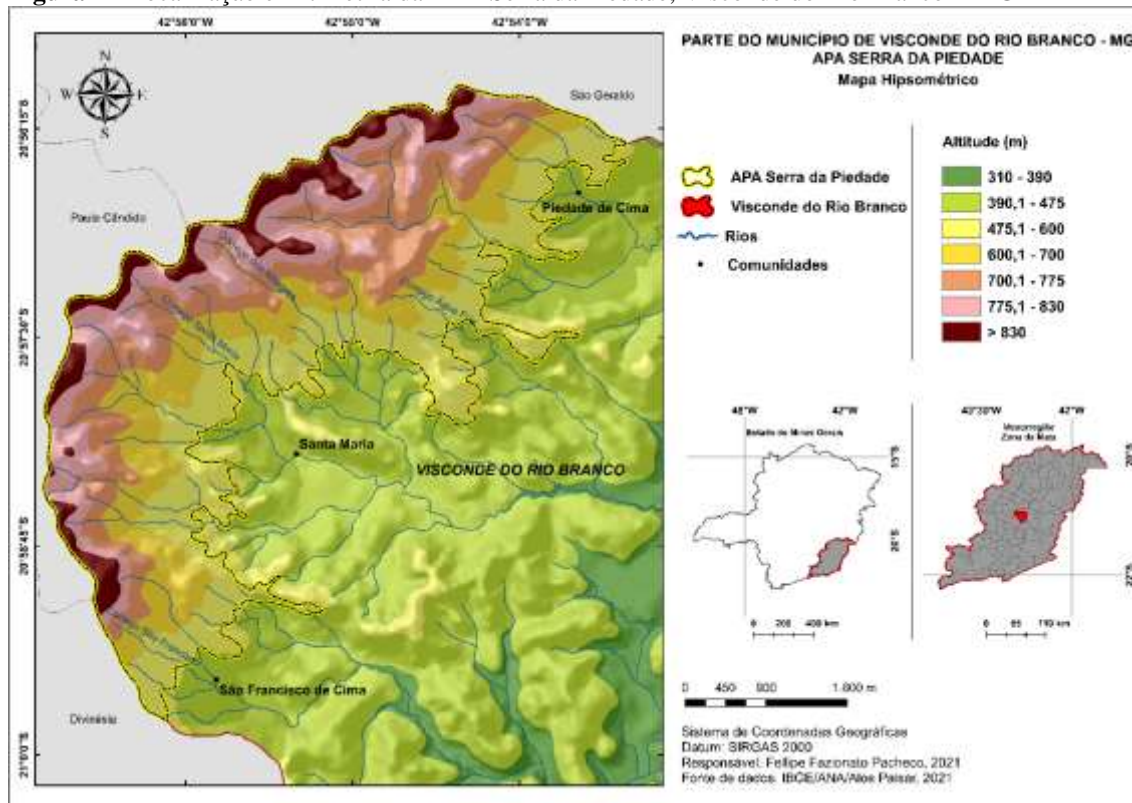
A modelagem é dividida então em duas partes principais, o Mapa de Fragilidade Potencial que representa fatores inerentes à paisagem e o Mapa de Fragilidade Emergente que pondera também a cobertura da terra e as intervenções humanas. O Mapa da análise da Fragilidade Emergente torna-se então o nosso produto principal, pois nele se dispõe o resultado final que leva em consideração o fator humano na análise da fragilidade.

ÁREA DE ESTUDO

A APA Serra da Piedade está localizada no município de Visconde do Rio Branco (MG), mesorregião da Zona da Mata Mineira e microrregião de Ubá, e limita-se com os municípios de Divinésia, Guidoal, Guiricema, Paula Cândido, São Geraldo e Ubá. O Município possui uma extensão territorial aproximada de 24.345,9 ha, que equivalem a 0,04% da área total do Estado de Minas Gerais, e altitude média de 402 metros (IBGE, 2021).

O município de Visconde do Rio Branco (MG), está localizado na mesorregião da Zona da Mata Mineira (Figura 1) e limita-se com os municípios de Divinésia, Guidoal, Guiricema, Paula Cândido, São Geraldo e Ubá. A APA Serra da Piedade, por sua vez, está localizada ao norte do município de Visconde do Rio Branco - MG. A APA possui uma área total de 16,03 km² e uma altitude média de 680 m, correspondendo a um divisor de águas entre as Bacias do Rio Paraíba do Sul e do Rio Doce (IBGE, 2020) - (Figura 1).

Figura 1 - Localização e Altimetria da APA Serra da Piedade, Visconde do Rio Branco – MG



Fonte: IBGE/ANA/Alos Pausar (2021).

A Serra de Piedade (Figura 2) segundo dados da CPRM, é formada pelo Complexo São Sebastião do Soberbo, agrupando Paragnaisse, calcissilicática e formação ferrífera bandada predominante localmente (PP2ss), faz parte do Complexo Mantiqueira, agrupando Ortognaisses bandados tipo TTG (Tonalito-Trondhjemitó-Granodiorito), com intercalações de anfibolito e metaultramáfica (CPRM, 2003).

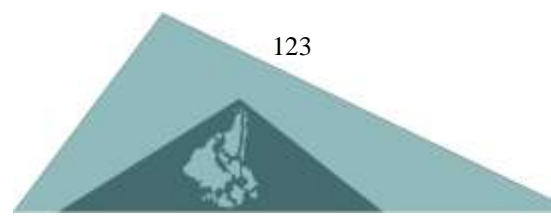


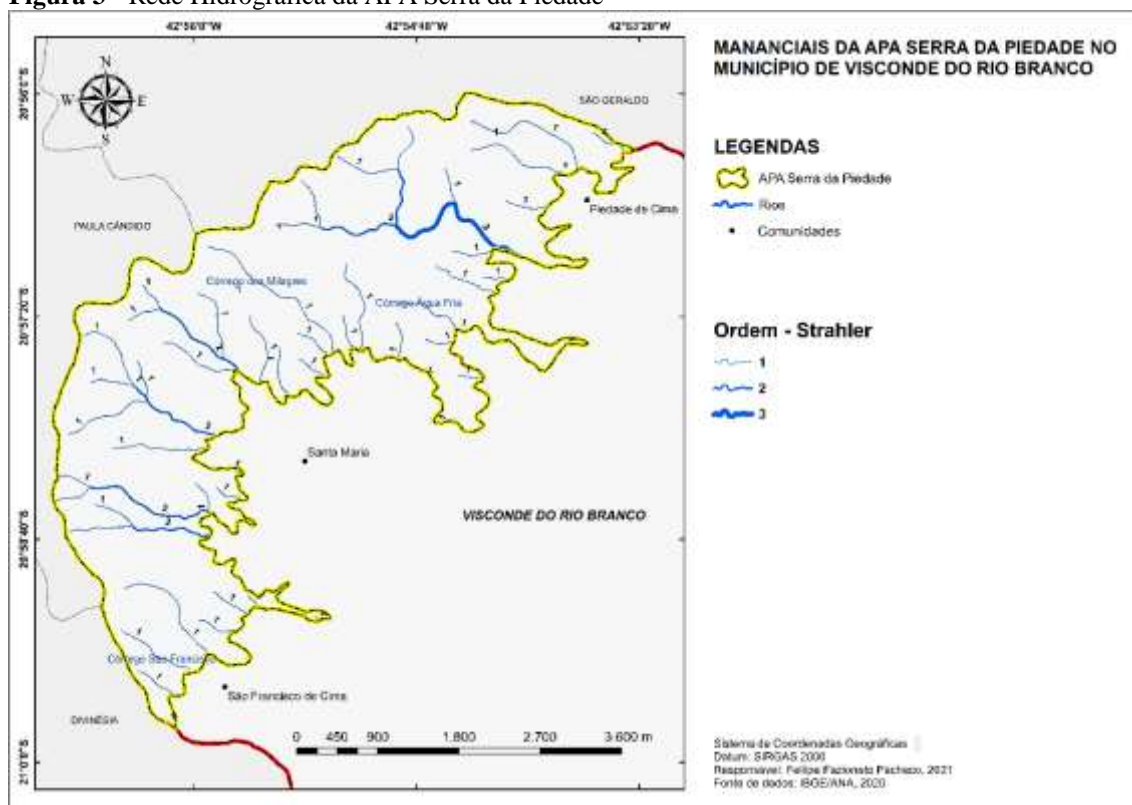
Figura 2 – Visão panorâmica da APA Serra da Piedade.



Foto: Fellipe Fazonato Pacheco (2020)

A rede hidrográfica (Figura 3) é composta por cursos de água de pequeno volume, sendo os principais: córrego São Francisco, Água Fria, ribeirão Santa Maria, e Milagres. Estes, se juntam ao Rio Xopotó, que é afluente do Rio Pomba, que por sua vez desagua no Rio Paraíba do Sul. A APA Serra da Piedade, segundo dados da Agência Nacional de Águas, possui um total de 53 rios, sendo que 46 são cursos de primeira ordem, 6 são os cursos de segunda ordem e 1 curso apenas de terceira ordem, segundo a classificação de Strahler (ANA, 2020).

Figura 3 - Rede Hidrográfica da APA Serra da Piedade



Fonte IBGE /ANA (2020).

O clima da microrregião de Ubá, da qual a o município faz parte, segundo Köppen-Geiger adaptada por Alvares et al. (2013) – (Figura 4) se divide em duas classes climáticas, na sua parte de altitude mais elevada o clima da se configura como Cwb (Clima subtropical de altitude). Nas partes com altitudes menos elevadas o clima se caracteriza como Cwa (Clima subtropical úmido) a temperatura média anual da região é 23,9 °C, com médias das máximas de 31,9 e mínimas e 16 °C. A precipitação média anual gira entorno de 1.308 mm, com chuvas concentradas no período de outubro a março (ALVARES ET AL., 2021).

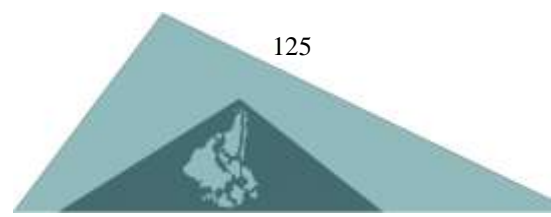
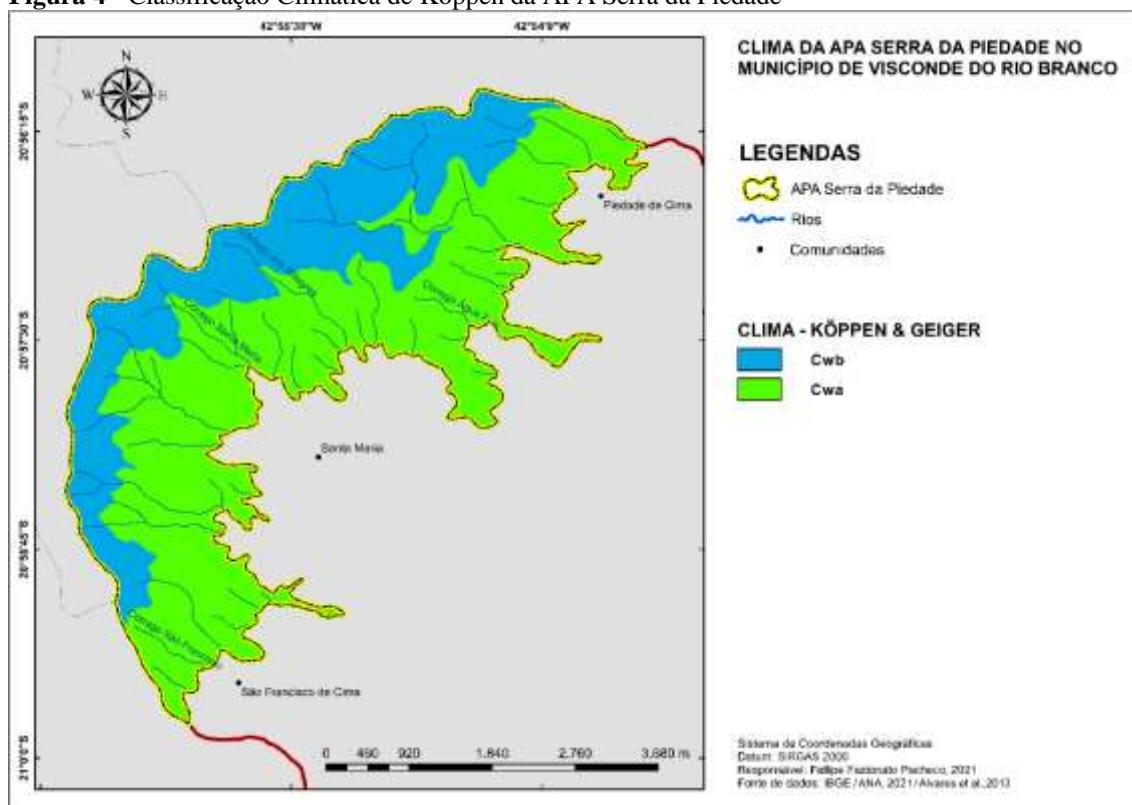


Figura 4 - Classificação Climática de Köppen da APA Serra da Piedade



Fonte IBGE /ANA (2021) / Alvares et al., (2013).

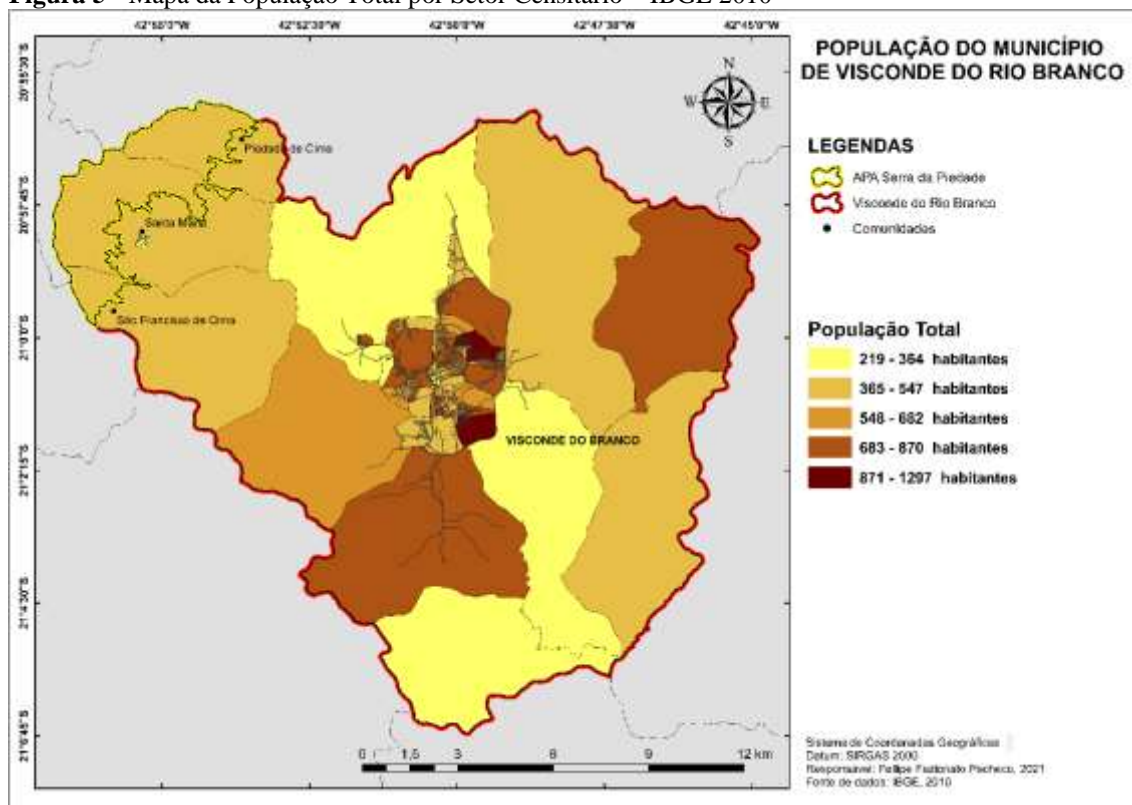
Quanto ao relevo, segundo Ab’Sáber (1970), ele se caracteriza como forte ondulado a montanhoso. Observando o Mapa Altimétrico as altitudes, da área onde a APA se encontra, variam entre 310 e 830 metros. A APA pertence ao Domínio Morfoclimático dos Mares de Morros, caracterizado por áreas com relevos de colinas dissecadas mamelonares tropical-atlânticas florestadas, a região tem como principal bioma a Mata Atlântica.

Segundo o mapa de solos do estado de Minas Gerais a APA possui as cristas e encostas íngremes dominadas por Cambissolos Háplicos (CXbd) sob Floresta estacional semi-decidual de montana). Os terraços abrigam Argissolos Vermelho-Amarelos estróficos (PVAe25) e Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos (LVAd) típicos onde é encontrada floresta estacional semi-decidual de sub-montana e Neossolos Litólicos que sustentam Campos de Altitude (UFV et al., 2010).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população total da cidade no último Censo era de 37.942 habitantes (Figura 5), a população estimada para 2020 é de 42.965 habitantes. A população rural da cidade de

Visconde do Branco segundo o censo de 2010 era de 6.562 pessoas, não foram encontrados dados específicos referentes às comunidades de São José, Santa Maria e Piedade de Cima (IBGE, 2020).

Figura 5 - Mapa da População Total por Setor Censitário – IBGE 2010



Fonte: IBGE (2010).

A APA Serra da Piedade situa-se a aproximadamente 11 km da área urbana de Visconde do Rio Branco, as comunidades rurais com maior representatividade em extensão territorial e em população, se localizam nos limites da APA Serra da Piedade e em suas Proximidades, são elas: São Francisco de Cima, Santa Maria e Piedade de Cima, como observado na Figura 5, não há comunidades presentes dentro da área da APA, mas sim ao se entorno, que têm ligações diretas com o seu território.

O município de Visconde do Rio Branco não possui dados diferenciados pelo censo IBGE (2020) para as localidades de São Francisco de Cima e Piedade de Cima; para determinar a população das comunidades foi considerada nesse trabalho a área do setor censitário correspondente. Os aspectos socioeconômicos são muito importantes para entendermos a conjuntura em que a APA está inerida e em que o trabalho foi realizado. Os níveis de inter-relação entre a APA e a sociedade, que vive

dentro dela e ao seu redor, resulta no atual gral de fragilidade em que ela se encontra, isso porque no âmbito da pesquisa, a ação humana é fundamentalmente uma variável indispensável para chegarmos ao seu resultado final.

A comunidade de São Francisco de Cima possui uma população residente de 493 pessoas, segundo dados do censo 2010; nessa localidade não há dados que diferencie a população urbana, que de fato vivem na área e a população rural, sendo todas sendo observadas como do tipo rural. Esse setor censitário possui área de 20,959 km² e uma densidade demográfica de 24 pessoas por km², sendo que essa densidade inclui toda área do setor censitário (IBGE, 2020).

A comunidade de Piedade de Cima possui uma população residente de 419, habitantes, segundo dados do censo 2010; na localidade também não há dados que diferem a população urbana da população rural, sendo todas também observadas como do tipo rural. Essa comunidade possui uma densidade demográfica de 46 pessoas por km², e uma área total de 9,084 km², esse setor possui a maior densidade demográfica entre os três citados (IBGE, 2020).

Já a comunidade de Santa Maria possui um setor censitário específico para sua área, como observado na. Se contarmos só a população residente dentro do setor censitário, a localidade conta com 348 moradores e tem uma área de 134.259 m², sendo que sua densidade demográfica fica em torno de 0,00259 habitantes por m² (IBGE, 2020).

Os aspectos socioeconômicos são muito importantes para entendermos a conjuntura em que a APA está inerida e em que o trabalho foi realizado. Os níveis de inter-relação entre a APA e a sociedade, que vive dentro dela e ao seu redor, resulta no atual gral de fragilidade em que ela se encontra, isso porque no âmbito da pesquisa, a ação humana é fundamentalmente uma variável indispensável para chegarmos ao seu resultado final. Por isso é de suma importância para dissertação entender seu contexto histórico atual, para desse modo compreendermos também sua atual configuração.

Vale ressaltar que, os dados socioeconômicos do IBGE que são retratados nesse trabalho estão completamente desatualizados. O atraso para a realização do Censo Demográfico pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística está impactando o repasse de recursos do Fundo de Participação dos Municípios (FPM) para diversas prefeituras do país, isso prejudica não só o quantitativo do recurso que os municípios recebem para gestão do seu território, mas também uma série de dados que auxiliam na

gestão do território. O censo é responsável por fazer um raio-x de diferentes áreas da população, como nível de educação, renda, saúde, saneamento, mercado de trabalho. Destaca-se que as análises da área física como intensidade pluviométrica, declividade e geomorfologia e uso da terra foram realizadas com dados atualizados, de imagens de satélite, mas há um hiato importante nos dados de ocupação da APA que poderiam explicar melhor a relação dos habitantes com seu território e os dados de uso da terra.

METODOLOGIA

O planejamento ambiental destinado à criação e à gestão de Unidades de Conservação, é hoje a maneira mais hábil para atingir os principais objetivos atribuídos a estas áreas. O emprego prático do trabalho realizado, traz a aplicação de um método de classificação de unidades de fragilidades, para um determinado geossistema. Esse emprego é realizado sob a perspectiva da relevância da Geografia física na condução de estudos integrados da paisagem, principalmente nos estudos de planejamento ambiental, e no caso de nosso trabalho, o planejamento e gestão da unidade de conservação Área de Proteção Ambiental (APA) Serra da Piedade (MIARA, 2011).

Para discutir os métodos aplicados primeiramente temos que entender o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que foi instituído pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que define Unidades de Conservação (UC) o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. Essas Unidades de Conservação estão divididas em dois grandes grupos, sendo eles as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de uso Sustentável (BRASIL, 2000).

Entre os vários tipos de unidades de conservação de uso sustentável destaca-se a Área de Proteção Ambiental (APA), principalmente por se tratar de áreas onde o principal objetivo não se dá unicamente pela injunção de restrições, mas, sim, pela instituição de uma administração recíproca e participativa, que confere a sua finalidade o uso sustentável dos recursos naturais, orientado sempre pelo zoneamento ambiental (IEF, 2021).

A Área de Proteção Ambiental (APA), primeira categoria de manejo que possibilitou conciliar a população residente e seus interesses econômicos com a conservação da área a ser protegida, foi institucionalizada no País em 1981, através da Secretaria Especial do Meio Ambiente. A ideia, inspirada nos Parques Nacionais de Portugal, foi trazida ao Brasil pelo Dr. Paulo Nogueira Neto, então Secretário do órgão (NOGUEIRA NETO, 2001).

Para aplicarmos o modelo geossistêmico que fundamentou esta pesquisa na Unidade de Conservação (APA) Serra da Piedade, foram fundamentados os procedimentos teóricos, alicerçados no trabalho realizado Ludwig von Bertalanffy (1968), intitulado de Teoria Geral dos Sistemas. Inicialmente um geossistema foi definido como uma “unidade natural de todas as categorias possíveis, que vão de todo geossistema planetário ao geossistema elementar (SOTCHAVA, 1963).

De modo mais pontual, um geossistema é definido como "uma dimensão do espaço terrestre onde os diversos componentes naturais encontram-se em conexões sistêmicas uns com os outros, apresentando uma integridade definida, interagindo com a esfera cósmica e com a sociedade humana" (SOTCHAVA, 1978).

A Teoria dos Geossistemas é discutida por vários autores dentro da ciência geográfica, que incluem Bertrand (1968) e Tricart (1977). Esses autores trazem uma forma de pensar os geossistemas como a paisagem resultante da ocupação humana sobre o meio ambiente, como a distribuição de energia ocorre entre as variáveis naturais e a ação antrópicas e qual é o resultado que o meio ambiente vai demonstrar perante essa ocupação e são essas teorias quem dá um embasamento teórico para esse trabalho.

Já Para Vicente e Perez Filho (2003), o modelo sistêmico, nos estudos geográficos, se introduz na própria necessidade de reflexão sobre a apreensão analítica ambiental, por meio da evolução e interação de seus componentes naturais e antrópicos, resultando em organizações espaços-temporais. Os autores destacam a necessidade de estudar os componentes da natureza por meio da conexão entre eles.

A metodologia dos geossistemas proporciona uma visão global que permite aplicá-la em escalas distintas, procurando entender a função dos ambientes e suas inter-relações. O geossistema é, portanto, uma unidade complexa, um espaço amplo que se caracteriza por certa homogeneidade de seus componentes, estruturas, fluxos e relações

que, integrados, formam o ambiente físico onde há exploração biológica (TROPMAIR; GALINA, 2006).

Para avaliar o impacto dessas ações antrópicas, os trabalhos de Ross (1994) e Crepani et al. (2001) formulam uma teoria que contemple a fragilidade do meio natural diante das ações humanas do meio ambiente e a fragilidade do ambiente por ele mesmo, ou seja, sua fragilidade natural, todas elas têm como embasamento teórico a teoria dos geossistemas.

Ross (1990) aborda em seu trabalho a ligação da geomorfologia aos estudos de impactos ambientais e de planejamento ambiental. Já em seu livro *Ecogeografia do Brasil* (2006) Ross vai se ater seus estudos de planejamento ambiental a partir dos conceitos de Geossistemas, Ecodinâmicas e de Ecogeografia, apoiado, principalmente, nos estudos de Bertrand, Tricart e Sotchava.

Uma outra metodologia fundamentada no conceito de ecodinâmica de Tricart (1977) foi exposta por Crepani et al. (2001). Neste trabalho, a metodologia é usada para representar a vulnerabilidade natural à perda de solo por meio da releitura de mapas e imagens de satélite. Nessa metodologia, a vulnerabilidade das unidades de paisagem é construída com embasamento na relação morfogênese/pedogênese. Dessa forma, foi concebido um método ajustado de resposta a esse tipo de relevo, aos graus de erosão e as inter-relações que ocorrem dentro da APA Serra da Piedade, constituindo produtos que, interligados, traduziram-se em um instrumento para o planejamento territorial na escala local que a APA ocupa, exemplificando essa escala local para a referência teórica utilizada, chamada de escala Geossistêmica.

Para a produção dos mapas finais que compõem o modelo foram produzidos distintos mapas intermediários. Os mapas intermediários foram primeiramente hierarquizados, definindo pesos a eles, de forma a permitir a sobreposição e os cálculos entre as distintas variáveis utilizadas no diagnóstico da fragilidade ambiental (Tabela 1). As variáveis empregadas como critério para definição das classes de fragilidade ambiental, da qual incidem os mapas intermediários, formam os seguintes temas: Declividade do Terreno (%), Embrapa), Precipitação Média Anual (mm/ano), Uso/Cobertura da Terra (imagem de satélite Cbers 4a) e a Geomorfologia do Terreno. As classes dos mapas foram então discretizadas por meio de reclassificação, utilizando a ferramenta *reclassify*, do software *ArcMap*®, com base em limites pré-definidos.

Para a geração do mapa de declividade, foi utilizado o *software ArcMap®*. Inicialmente, foi obtido o modelo digital de elevação hidrológicamente consistente (MDEHC), para a construção do MDEHC interpolou-se os dados das curvas de nível, do Satélite Alos Palsar, com resolução espacial de 12,5 metros, com a base hidrográfica otocodificada da Bacia do Rio Paraíba do Sul de escala 1:50.000, pelo algoritmo *Topo to Raster*, gerando um *raster* com 10 metros de resolução. As depressões espúrias no MDEHC são eliminadas com ferramenta *Fill*. A partir do MDEHC o mapa de declividade foi gerado através da ferramenta *Slope* e classificado de acordo com as classes de declividade da Embrapa (1979). Os pesos para cada classe foram dados segundo seu nível de inclinação, ou em nosso caso, a porcentagem de declividade, quanto menor esse percentual, quando o terreno possui um nível mais plano, menor a nota de seu nível de fragilidade, por conseguinte quanto maior for seu declive, maior será sua nota de fragilidade.

O mapa de uso e cobertura da terra foi gerado a partir da classificação de uma imagem do satélite CBERS-4A. As imagens baixadas são georreferenciadas em ambiente SIG através do *software ArcMap®*. O primeiro passo consiste na composição das bandas RGB (*Red, Green, Blue*) através da ferramenta *Composite Bands*, que gera uma imagem colorida da área de estudo. A imagem de satélite possui resolução espacial de 8 metros, mas no processo de fusão com a banda Pancromática através da ferramenta *Create Pan-sharpened Raster Dataset* a imagem final é obtida com resolução espacial aproximada de 2 metros. Em seguida, utiliza-se a ferramenta *Image Classification*, para realização de uma classificação supervisionada através do algoritmo *Maximum Likelihood Classification*, por fim é realizada a correção manual dos polígonos que não atendem a classe especificada. Os pesos para as classes de declividade foram dados segundo

Em relação aos dados climáticos, especialmente a distribuição e a intensidade de chuva, que têm ação direta sobre a dinâmica de superfície principalmente quanto ao intemperismo de rochas e solos. Para a coleta desses dados pluviométricos foi utilizado o Banco de Dados Meteorológicos do CHELSA (*Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas*) disponíveis em formato raster. A partir desse banco de dados é extraída a média mensal de precipitação de determinada área no período de 1979 a 2013. O primeiro passo realizado foi o download das imagens raster através do site

<https://chelsa-climate.org/> com os valores de precipitação de 1979 a 2013 para cada mês do ano, gerando um total de 12 imagens a serem pós processadas (CHELSA, 2021).

Logo após, em ambiente SIG foi preciso atrelar os valores de precipitação do CHELSA para área de estudo, para isso é necessário criar um arquivo *shapefile* de pontos aleatórios e distribuí-los em toda área da APA, para criação desses pontos foi utilizado a ferramenta *Create random points*. Depois de realizada a criação dos pontos devemos extrair os valores dos arquivos raster e atrela-los aos os valores de precipitação, para isso utilizamos a ferramenta *extract multi values to points*, logo após é realizado a média anual de precipitação através dos valores dos 12 arquivos, referentes aos 12 meses do ano, essa média é realizada através da ferramenta *Field Calculator* no *ArcMap*. Finalmente é realizada a interpolação dos pontos da média anual obtida, ela é realizada através da ferramenta de interpolação IDW (*Inverse Distance Weighted*) que faz a interpolação de pontos pela ponderação do inverso da distância, essa ferramenta também disponível no software *ArcMap*.

Para o mapa geomorfológico, foi utilizada como base metodológica a compartimentação do relevo, proposta por Ross (1992). Para sua aquisição utilizamos o MDEHC, nele foi extraída a variável geomorfologia com uso do software *ArcMap*®, através da Ferramenta *Curvature*, então o relevo foi compartimentado em três classes: côncavo, retilíneo e convexo.

O intuito da metodologia desenvolvida foi o de mostrar como a interação das variáveis, que são constituídas pelos componentes da paisagem, evidenciam uma complexa dinâmica que resulta em graus de fragilidades diferentes, que levam em consideração os diferentes potenciais ecológicos, de exploração biológica e de ações antrópicas. Dessa forma os modelos gerados revelam os níveis de fragilidade através das análises empíricas deste trabalho. Para a produção dos mapas finais que compõem modelo, os mapas intermediários passam por uma reclassificação.

Tabela 1 - Variáveis que formam o modelo de fragilidade ambiental e suas respectivas notas.

Variável 1	Intensidade Pluviométrica
Variável 2	Declividade do terreno
Variável 3	Geomorfologia do terreno
Variável 4	Uso/cobertura da terra

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A integração dos critérios foi realizada pela soma simples dos valores associados aos mapas das variáveis intermediárias (intensidade pluviométrica, declividade do terreno, geomorfologia e o uso e cobertura da terra). Os dados com os respectivos valores e com as respectivas notas de cada classe são inseridos na ferramenta *Raster Calculator*, do *software ArcMap*®. A fórmula utilizada foi a soma das variáveis, como disposto na tabela 10 (resultados e discussões), primeiramente foram somadas as variáveis ambientais, logo após é somada a elas a variável de uso e ocupação da terra. O resultado consiste no mapa de fragilidade ambiental, com suas respectivas classes ordenadas. O Mapa de Fragilidade Potencial (MFP) foi elaborado por meio da sobreposição das variáveis ambientais, respectivamente de intensidade pluviométrica (mm/mês), declividade do terreno (%) e geomorfologia. O Mapa de Fragilidade Emergente (MFE) foi obtido a partir da sobreposição do mapa resultante da Fragilidade Potencial (MFP) e do mapa temático com os valores estabelecidos para as diferentes classes de uso e ocupação da terra.

A hierarquização, e a definição pesos dados as classes dessas variáveis permitiram a sobreposição e os cálculos entre elas, que por fim se traduziram no diagnóstico da fragilidade ambiental (Tabela 1).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Intensidade pluviométrica

A classe de fragilidade para variável intensidade pluviométrica tem nota 1 (muito fraco), considerando como critério os níveis de interferência na estabilidade do ambiente (Tabela 2) de acordo com Ross (2012), nele a média anual para APA Serra da Piedade, no período de 1979 a 2013 é de 1327 milímetros (Gráfico1).

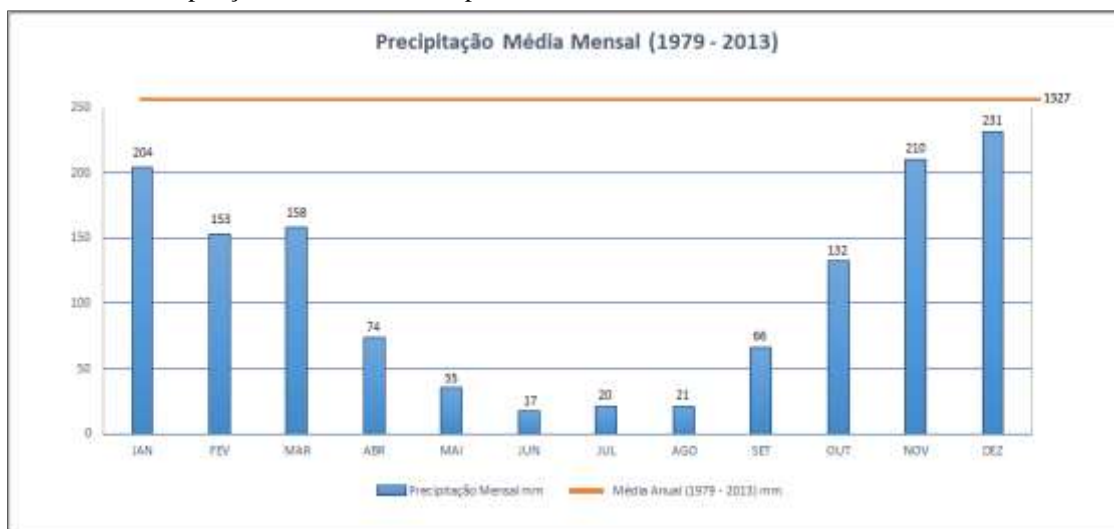
Tabela 2 - Classes de fragilidade da variável precipitação: níveis hierárquicos.

Características pluviométricas	Notas
Situação pluviométrica regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1.000 mm/ano.	1
Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2.000 mm/ano.	2
Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno e, no verão, com maior intensidade de dezembro a março.	3
Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem 70% a 80% do total de chuvas.	4
Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2.500 mm/ano; ou, ainda, comportamento pluviométrico irregular ao longo do ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).	5

Fonte Ross (2012).

A localização e a topografia na região onde se localiza a APA Serra da Piedade favorecem a ocorrência de uma precipitação heterogênea, com períodos chuvosos no verão e secos no inverno, característica típica de climas subtropicais. Apesar da APA estar localizada em dois climas diferentes, onde os níveis de precipitação se elevam quando se apresentam as altitudes mais elevadas, eles não apresentam variação suficiente para caracterizar mais de uma classe de fragilidade para variável precipitação, levando em consideração como critério os níveis de interferência na estabilidade do ambiente, de acordo com Ross (2012).

Gráfico 1 - Precipitação Média Mensal no período de 1979 a 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor.

As áreas das classes de precipitação estão disponíveis na tabela 3, nela podemos observar que a APA pode ser dividida em duas classes pluviométricas: de 1061mm a 1325mm e de 1325,1 mm; a 1,520mm.

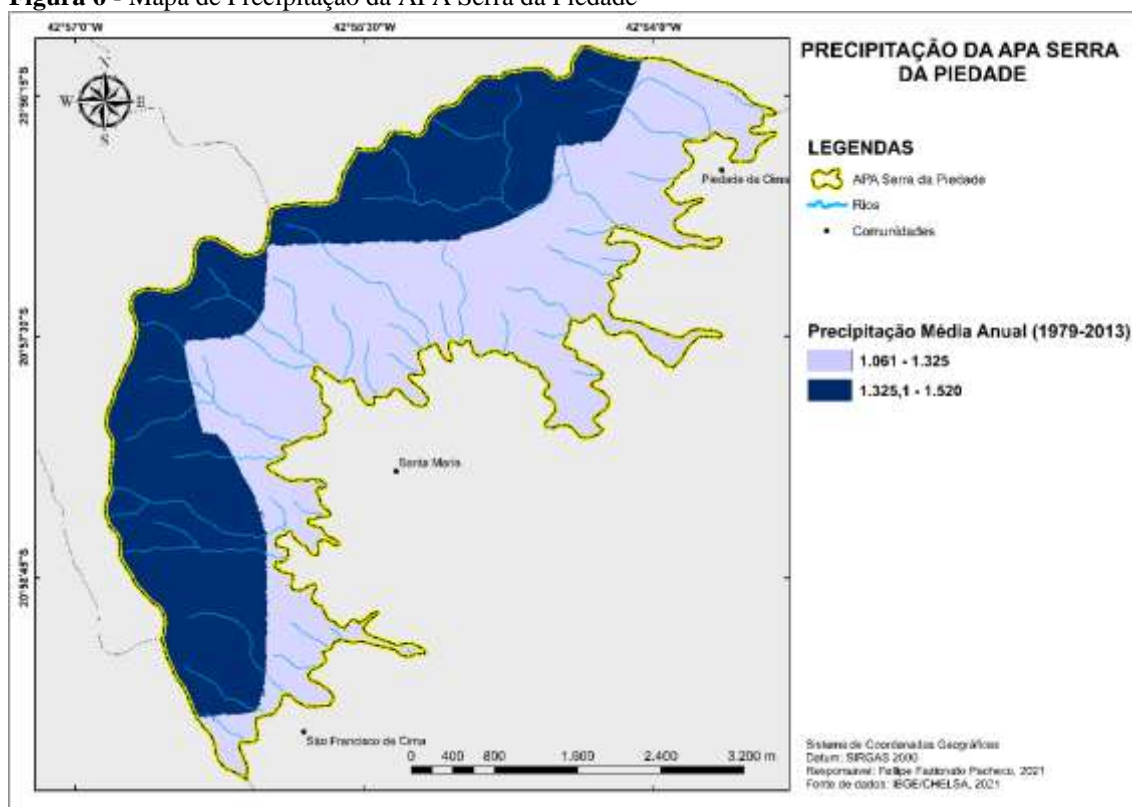
Tabela 3 - Áreas das Classes de Precipitação (mm).

Classes	Área total (km ²)	Área (%)
1.061 – 1.325	8,79	54,71
1.325,1 – 1.520	7,24	45,29

Fonte: Elaborada pelo autor.

De maneira geral, como se observa nos dados adquiridos da plataforma Chelsa (Figura 6), a região das terras mais rebaixadas da Zona da Mata mineira e a região do Planalto de Viçosa, não apresentam grande variação pluviométrica, com menor nível de precipitação no inverno e um aumento gradual à medida que se progride para a estação de verão.

Figura 6 - Mapa de Precipitação da APA Serra da Piedade



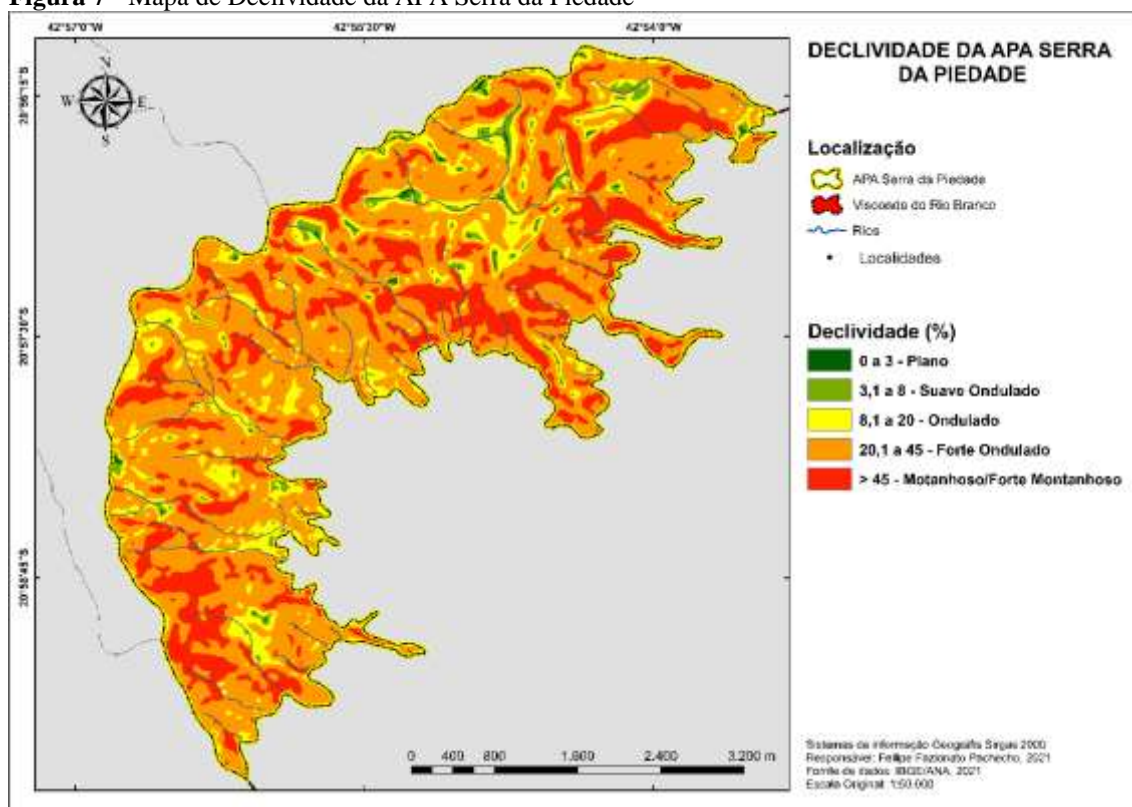
Fonte: IBGE/ANA (2021) / CHELSA - (2021).

Declividade

Outro atributo de suma importância para a análise da fragilidade ambiental é a declividade do terreno sendo que quanto maior o nível de declividade maior a energia cinética e, por consequência, a intensidade dos processos erosivos (CREPANI et al., 2001).

Como observado na figura 7, o terreno apresenta declividade acentuada com a maior parte de sua área apresentando declividade superiores a 20%. Portanto o relevo e, por conseguinte a declividade tem alta influência nos processos erosivos pois o volume e a velocidade das enxurradas que sobre ele escoam dependem de sua declividade, logo maior volume e maior velocidade se traduzem em maior energia resultante que por sua vez promovem em uma maior erosão. As áreas das classes de declividade estão dispostas na tabela 4.

Figura 7 - Mapa de Declividade da APA Serra da Piedade



Fonte: IBGE /ANA (2021).

A discriminação do relevo da área segundo a Embrapa vai de fortemente ondulado a fortemente montanhoso. A declividade encontrada da área da APA Serra da Piedade mostra um relevo bastante inclinado, sendo que a maior classe de declividade apresentada é a de 20 a 45%, com pouquíssimas áreas com declividades abaixo de 20% e com as áreas acima de 45% de declividade também representativas, sendo as áreas abaixo de 20% de declividade pouco representativas, a discriminação do relevo da área segundo a Embrapa vai de fortemente ondulado a fortemente montanhoso (Tabela 4).

Tabela 4 - Áreas das classes de Declividade (%).

Classes	Área total (km ²)	Área (%)
0 a 3%	0,06	0,40
3 a 8%	0,45	2,80
8 a 20%	2,13	13,33
20 a 45 %	9,64	60,17
> 45%	3,73	23,30

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Atribuição de notas para as classes de declividade do terreno foi feita com base nos critérios estabelecidos pela Embrapa (1979). A tabela 5 apresenta a variação da declividade da área da APA, quanto maior o percentual de declividade mais susceptível a erosão é o ambiente e por conseguinte maior sua fragilidade ambiental como indica o modelo de fragilidade ambiental à erosão proposto por Ross (1994) – (Tabela 5).

Tabela 5 - Atribuição de notas para as classes de Declividade na APA Serra da Piedade.

Classes	Descrição do Relevo	Notas
0 a 3%	Plano	1
3 a 8%	Suave Ondulado	2
8 a 20%	Ondulado	3
20 a 45 %	Forte Ondulado	4
> 45%	Montanhoso/ Forte Montanhoso	5

Fonte: Elaborada pelo autor.

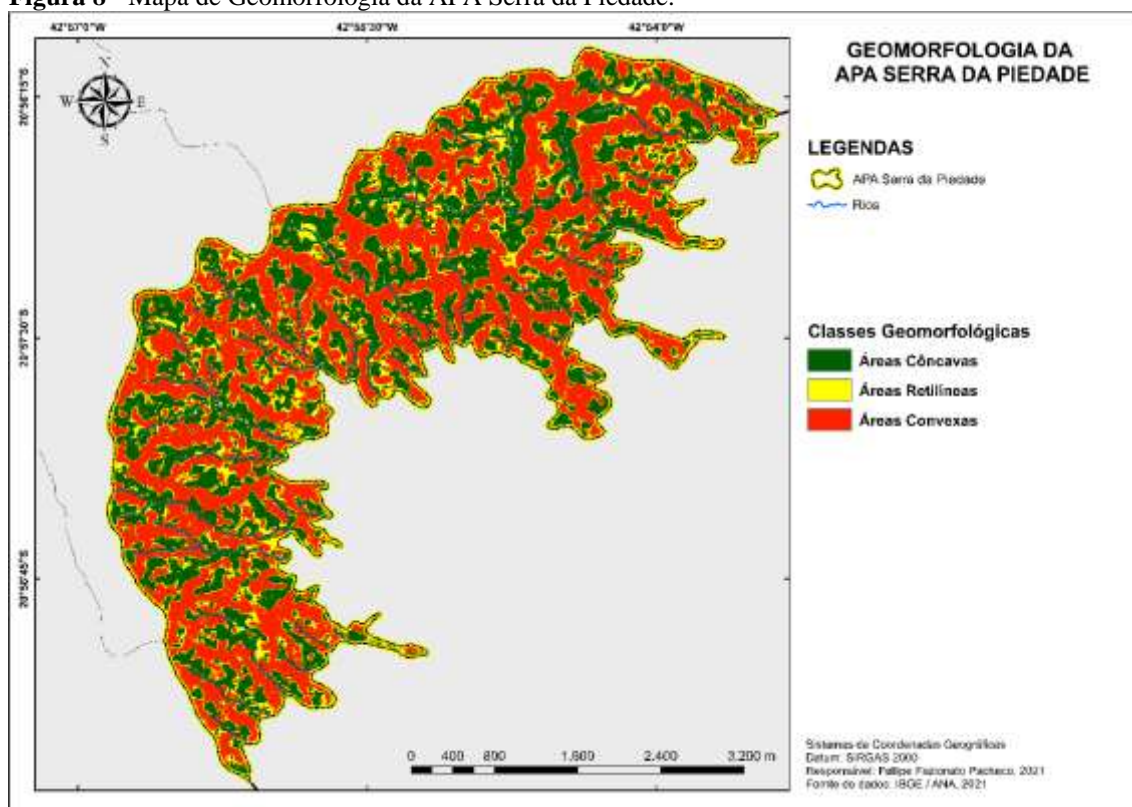
As áreas de relevo forte ondulado a forte montanhoso ocupam 83,47% da área total da APA, sendo as áreas de relevo ondulado correspondendo a 13% da área total da APA Serra da Piedade somente 3,20% correspondendo as áreas de relevo suave ondulado ou plano.

Geomorfologia

A área da APA (Figura 8) é composta em sua maior parte por encostas e topo de morros convexos, com vertentes côncavas e retilíneas principalmente nas áreas próximas as linhas de drenagem. A Geomorfologia da APA Serra da Piedade foi baseada na morfologia da vertente (côncava, retilínea ou convexa), sendo a referência do 5º Táxon, da Taxonomia do Relevo proposta por Ross (1992).

Outros autores como Monteiro (2001) e Casseti (1994), consideram em seus trabalhos o papel fundamental da geomorfologia na organização paisagística regional, onde interfere diretamente no comportamento da declividade, do clima, e do uso da terra. Como observado na tabela 6 a área da APA possui, um relevo bastante acidentado, com mais de 85% da sua área sendo compostas por morros de formas côncavas e convexas e 14,10% por formas retilíneas. É um compartimento caracterizado pela dissecação e pela erosão diferencial (IBGE, 2009) relacionada a característica de colinas e vales profundos formados pelos canais fluviais que drenam do alto do interflúvio da bacia.

Figura 8 - Mapa de Geomorfologia da APA Serra da Piedade.



Fonte: IBGE / ANA (2021).

Tabela 6 - Áreas das classes de Geomorfologia.

Classes	Área total (km ²)	Área (%)
Côncavo	6,12	38,17
Retilíneo	2,26	14,10
Convexo	7,65	47,72

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Atribuição de notas para as classes de geomorfologia (Tabela 7) é baseada em diversos trabalhos como Valeriano (2008), Araújo (2012) e Gouveia e Ross (2019) sendo que, após a extração dos dados morfométricos e a identificação do padrão de formas do relevo, foram dadas as respectivas notas as classes determinadas.

Tabela 7 - Atribuição de notas para as classes de Geomorfologia na APA Serra da Piedade.

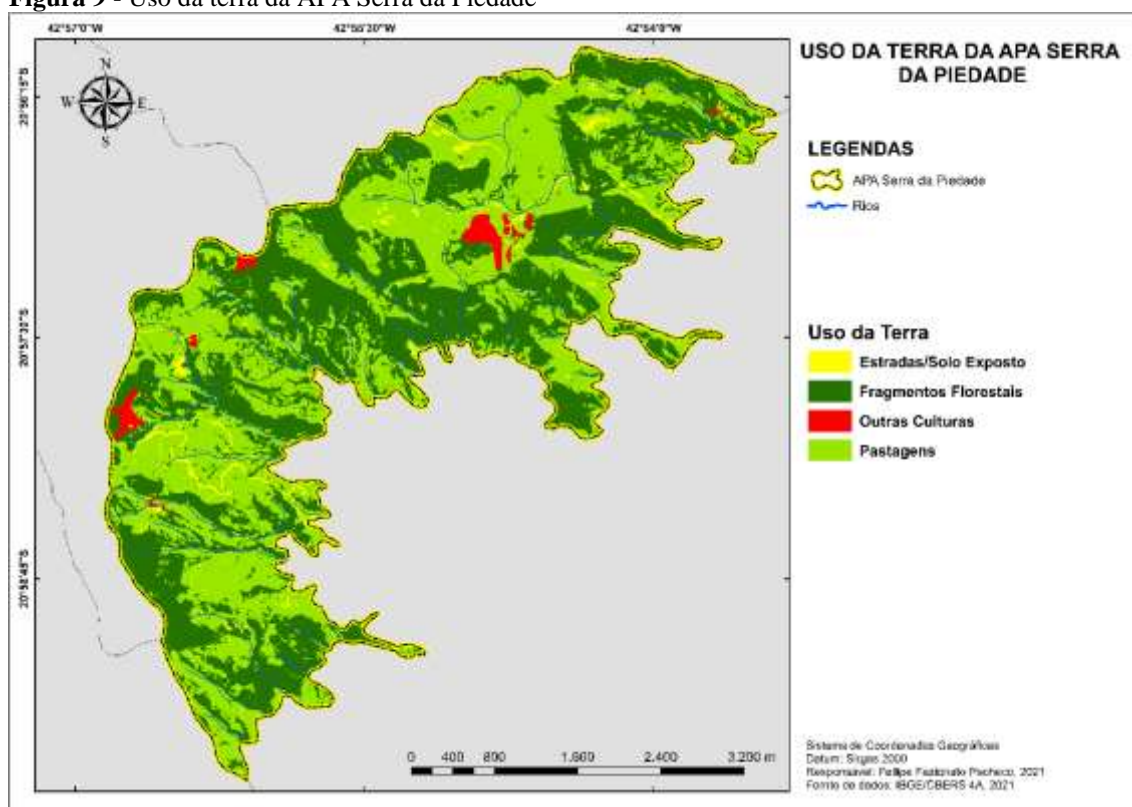
Classes	Notas
Áreas Côncavas	5
Áreas Retilíneas	1
Áreas Convexas	3

Fonte: Elaborada pelo autor.

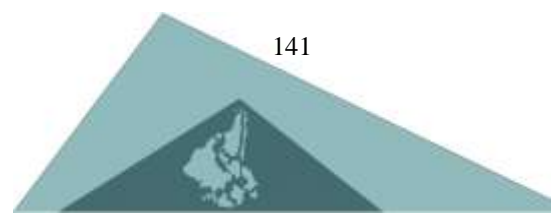
Uso e cobertura da terra

Segundo Valle et al. (2016) O tipo de uso da terra também influencia diretamente a susceptibilidade do terreno a agentes erosivos. Isso ocorre principalmente por que a erodibilidade do solo depende também diretamente da capacidade de infiltração da água, ou seja, em áreas que, a vegetação estabelecida se configura como mais intensa, a infiltração é aumentada e, o escoamento superficial é diminuído e consequentemente a erosão é menor (JAIN e GOEL, 2002). Neste trabalho foram identificadas na área da APA as seguintes classes de uso da terra: Estradas/Solo Exposto, Florestas, Outras Culturas, Pastagens (Figura 9).

Figura 9 - Uso da terra da APA Serra da Piedade



Fonte: IBGE (2021) / CBERS 4A (2021).



Como observamos na figura 5 o uso da terra na APA serra da piedade apresenta duas classes predominantes, Floresta e Pastagens, que representam respectivamente 49,22% e 47,10% da área da APA. As áreas identificadas por solo exposto e áreas configuradas como outras culturas. São pouco representativas somando 3,68% da área total da APA. As classes de uso da terra com suas respectivas áreas são representadas na tabela 8.

Tabela 8 - Áreas das classes de Uso da Terra.

Classes	Área total (km ²)	Área (%)
Estradas/Solo Exposto	0,40	2,49
Pastagens	7,55	47,10
Floresta	7,89	49,22
Outras culturas	0,19	1,19

Fonte: Elaborada pelo autor.

A atribuição de notas para as classes de uso e cobertura da terra (Tabela 9) foi feita obedecendo critérios de determinados usos às condições erosivas que, por consequência tendem a promover maior vulnerabilidade de um determinado geossistema a fragilidade ambiental (RODRIGUES et al., 2001).

Tabela 9 - Atribuição de notas para as classes de Uso da Terra na APA Serra da piedade.

Classes	Notas
Estradas/Solo Exposto	5
Pastagens	4
Floresta	1
Outras culturas	4

Fonte: Elaborada pelo autor.

Análise da Fragilidade Ambiental

Seguindo as metodologias propostas por Crepani et al. (2001) e Ross (1994) a Fragilidade Ambiental é basicamente o resultado da sobreposição dos produtos apresentados (Tabela 10):

- ❖ A Fragilidade Potencial (Figura 10 A): que está associada à Potencialidade Natural dos Ambientes nos casos em que não há ação antrópica associada.
- ❖ A Fragilidade Emergente (Figura 10 B): que está associada à relação entre o grau de impacto antrópico e a Potencialidade Natural dos Ambientes.

Sendo assim, quanto mais agressivos os Usos da Terra em um determinado Geossistema, maior será sua Fragilidade Emergente, resultante da intervenção humana sobre o meio natural.

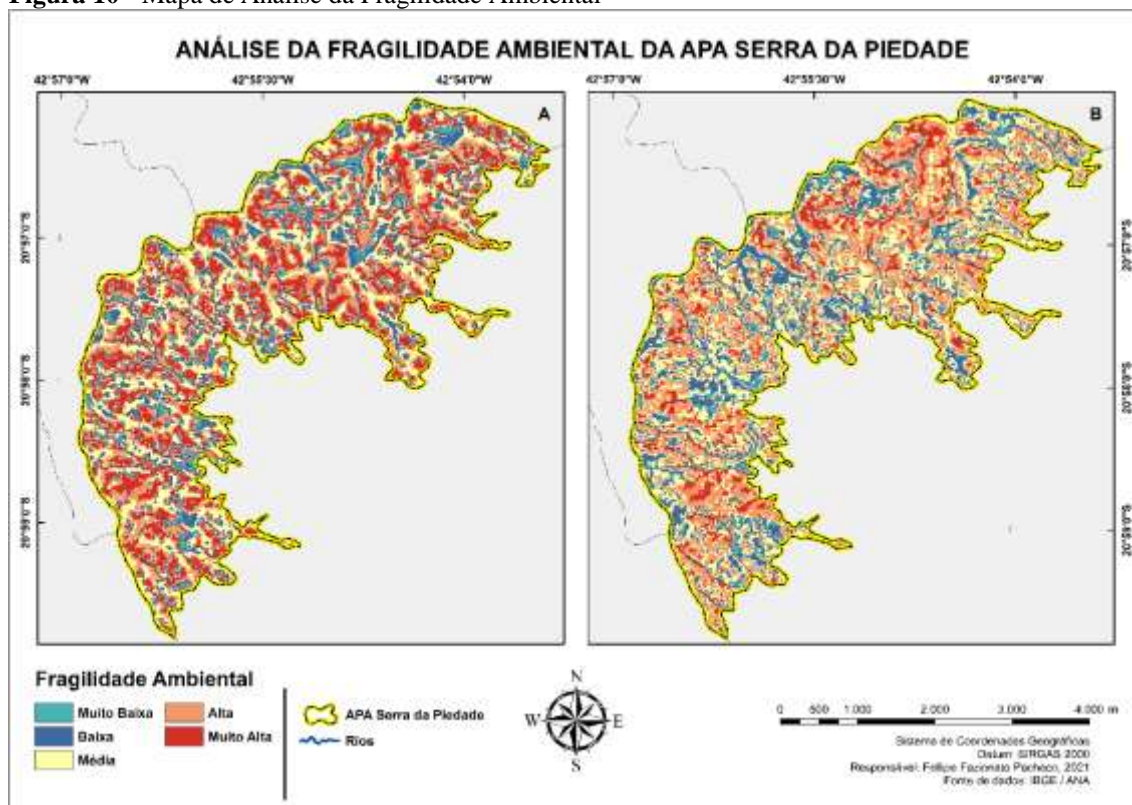
Tabela 10 - Soma das pontuações e definição das classes de Fragilidade Potencial e Emergente.

Notas P + D + G =			Fragilidade Potencial	+ U =	Fragilidade Emergente	Descrição das classes
1	1	1	3 a 5	1	4 a 7	Muito baixa
1	2	2	5 a 7	2	7 a 9	Baixa
1	3	3	7 a 8	3	9 a 11	Média
1	4	4	8 a 9	4	11 a 13	Alta
1	5	5	9 a 11	5	13 a 16	Muito alta

Soma das notas de: P = Pluviosidade; D = Declividade; G = Geomorfologia; D = Uso da Terra.

Fonte: Elaborada pelo autor/ adaptada de Valle et al., (2016).

Figura 10 - Mapa de Análise da Fragilidade Ambiental



Fonte: IBGE (2021).

Fragilidade Potencial

O mapa de Fragilidade Potencial da APA (Figura 10 A), seguindo a metodologia proposta por Crepani et al. (2001) e Ross (1994) apresenta 5 classes de fragilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. No resultado obtido das análises (Tabela 11) a APA mostrou-se com um alto grau de Fragilidade Emergente sendo que mais de 79% da sua área é classificada com fragilidade média, alta e muito alta, 19,96% são classificados com fragilidade baixa ou muito baixa.

Tabela 11 - Áreas das classes de Fragilidade Potencial.

Classes	Área total (km ²)	Área (%)
Muito baixa	0,46	2,87
Baixa	2,74	17,09
Média	4,97	31,00
Alta	2,66	16,60
Muito alta	5,17	32,25

Fonte: Elaboradas pelo autor.

As áreas de Fragilidade Potencial estão distribuídas de forma heterogênea por toda APA, assim como o seu relevo. Essas apresentam valores altos de fragilidade e vão de encontro dos espaços onde se identificam formas côncavas, relacionadas a trechos de maior declividade. Já as áreas de menor fragilidade estão relacionadas a trechos com declividade suavizada em formas convexas do relevo.

Fragilidade Emergente

Para elaboração do mapa Fragilidade Emergente (Figura 10 B) que representa a exploração antrópica ocorrida dentro do nosso geossistema, é incluída no modelo já realizado (Mapa de Fragilidade Potencial) a variável de uso e cobertura da terra, associando aos processos naturais de degradação e agradação, as ações humanas. Destaca-se aqui que, o aumento da expansão agrícola no estado de Minas Gerais e no Brasil vem se constituindo como um fator conflitante com o seu uso adequado, sendo muito claro, que a conservação do solo e da vegetação nativa é essencial para a manutenção adequada dos processos erosivos.

O mapa de Fragilidade Emergente é o resultado da sobreposição dos mapas de Fragilidade Potencial e o mapa de uso e cobertura da terra. O mapa de Fragilidade Emergente assim como o mapa de Fragilidade Potencial segue a metodologia proposta por Ross (1994) e Crepani et al. (2001), ela também apresenta cinco classes de fragilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Em relação ao mapa de Fragilidade Potencial, o mapa de Fragilidade Emergente apresenta maiores áreas de média, baixa, e muita baixa fragilidade.

Na APA Serra da Piedade apresenta dois usos principais, sendo um de predominância de pastagens e outro de vegetação densa, além do uso de outras culturas e de estradas/solo exposto. Nessa última classe também foram incluídas as estradas, pois nelas também ocorrem a intensificação do fluxo acumulado, que aumenta o nível de erosão e, por consequência, a Fragilidade Emergente, como apresentado no trabalho de Pacheco et al. (2018).

Segundo Silva et al. (2005), verifica-se que o escoamento é favorecido em áreas de pastagens e estradas/solo exposto, pois o escoamento tem maiores possibilidades de ocorrer em áreas em que a cobertura vegetal é menos densa, pois o efeito da cobertura da terra sobre as perdas de água e solo, explicado pela ação que ela exerce sobre a dispersão da energia cinética do impacto das gotas sobre a superfície, atenua a desagregação das partículas, além de representar um obstáculo mecânico, promovendo a diminuição da velocidade e da capacidade de desagregação e transporte de sedimentos (SILVA et al., 2005).

Sendo assim, o uso observado, foi reclassificado, dando prioridade também a áreas onde o fluxo acumulado de água que promove a erosão encontra menos barreiras, e mais potencial energético para escoar (PACHECO et al., 2018).

O resultado da sobreposição do mapa de Fragilidade Potencial com a variável de Uso da Terra demonstra o quão importante é a categoria de uso para o resultado final da fragilidade do ambiente, afinal quanto maior for o nível de vegetação do geossistema, mais estável vai se a sua área. As unidades de Fragilidade Emergente que estão associadas aos ambientes fortemente instáveis, não se configuram as condições de equilíbrio dinâmico. O mapa de Fragilidade Emergente assim como o mapa de Fragilidade Potencial segue a metodologia proposta por Crepani et al. (2001) e Ross (1994), ela também apresenta 5 classes de fragilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Em relação

ao mapa de Fragilidade Potencial, o mapa de Fragilidade Emergente apresenta maiores áreas de média, baixa, e muita baixa fragilidade.

Enquanto no mapa de Fragilidade Potencial as classes de maior representatividade são as classes de valor de fragilidade mais altas, as áreas de Fragilidade Emergente apresentam maior representatividade nas classes médias e altas, essas classes somam mais de 60% da área total da APA. As classes de fragilidade baixa e muito baixa não variam muito, enquanto nas classes de Fragilidade Potencial essas áreas somam 19,96% da área total, as áreas das mesmas classes somam 24,38% nas classes de Fragilidade Potencial (Tabela 12).

Tabela 12 - Áreas das classes de Fragilidade Emergente.

Classes	Área total (km ²)	Área (%)
Muito baixa	0,88	5,48
Baixa	3,03	18,90
Média	4,84	30,19
Alta	4,92	30,69
Muito alta	2,34	14,59

Fonte: Elaborada pelo Autor.

O mapa de Fragilidade Emergente é o resultado da sobreposição dos mapas de Fragilidade Potencial e o mapa de uso e cobertura da terra. O mapa de Fragilidade Emergente assim como o mapa de Fragilidade Potencial segue a metodologia proposta por Ross (1994) e Crepani et al. (2001), ela também apresenta cinco classes de fragilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Em relação ao mapa de Fragilidade Potencial, o mapa de Fragilidade Emergente apresenta maiores áreas de média, baixa, e muita baixa fragilidade. O modelo apresentado para Fragilidade Emergente indicou áreas de fragilidade muito alta se localizam em locais com declividade superior a 20%, ou seja, em relevos de forte ondulados a forte montanhosos.

Nota-se também a relação entre a declividade e o uso da terra, onde o uso da terra é identificado como floresta, mesmo em declividades mais elevadas, a fragilidade ambiental é identificada de média a alta, ou seja, no resultado obtido do mapa de Fragilidade Emergente, o peso das declividades é amenizado pelo uso da terra, que irão condicionar a velocidade de transformação da energia potencial das águas pluviais em energia cinética, descrito por Crepani et al., (2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Fragilidade avaliada na área de estudo expõe as relações entre as componentes do meio físico e fatores biológicos, e permitiu estimar quais os impactos que uma determinada atividade, ou determinado uso, pode causar na área apontada. No contexto da APA Serra da Piedade, considerando os modelos de fragilidade produzidos, a área em estudo foi classificada usualmente como de alta fragilidade ambiental, promovido principalmente pela atividade antrópica esse resultado indica que o geossistema tem grande susceptibilidade de sofrer alterações.

O modelo multicritério aplicado é relevante como subsídio a tomada de decisões, principalmente no que tange a interferências na paisagem, a gestão ambiental e o planejamento territorial, norteando a elaboração de projetos de preservação florestal e de contenção de processos erosivos, promovendo o entendimento de um geossistema, o entendimento do equilíbrio dinâmico do ambiente, que gera um instrumento eficaz, para o monitoramento da fragilidade ambiental.

O mapa de Fragilidade Emergente destaca a função do uso e cobertura da terra para estabilidade no ambiente estudado, reduzindo as áreas de fragilidade muito altas. Desse modo o modelo identifica áreas prioritárias para a preservação e conservação ambiental, essas se caracterizam por serem de grande susceptibilidade a erosão natural, e são vinculadas as declividades mais acentuadas da região escarpada que a APA se encontra.

Na comparação entre os mapas de Fragilidade Emergente e de Fragilidade Potencial é observado alguns aspectos fundamentais para o entendimento de seu resultado. Quando observado o mapa de Fragilidade Emergente, se nota que a distribuição dessas áreas não é homogênea, a explicação para essa heterogeneidade é a questão do relevo da área, logo a principal característica da fragilidade ambiental natural da área, ou seja, sua Fragilidade Potencial, e o seu relevo. Mas, assim que é inserido na modelagem o uso da terra e é obtido o mapa de Fragilidade Emergente nesse novo mapa as áreas de fragilidade podem ser atenuadas ou potencializadas dependendo de seu uso, logo a inserção social do mapa de fragilidade ambiental é muito e é a partir dela que poderemos observar como o comportamento da sociedade promove ou não algum tipo de degradação

ambiental. Outro resultado que podemos observar é como o uso sustentável pode originar um contexto territorial benéfico para o meio ambiente.

As características consideradas para geração do modelo foram sensíveis aos atributos naturais do geossistema. A variável de uso e cobertura da terra foi decisiva para legitimação do planejamento ambiental apropriado, visto que, as áreas onde o uso correspondente é implementado a fragilidade ambiental se torna mais estável, revelando a influência que a forma de ocupação desempenha sobre a estabilidade do terreno. Principalmente por que se torna perceptível nos resultados finais que, o uso correto diminui os riscos de fragilidade de determinada área. Apesar das metodologias de Ross de 1994 e Crepani et al. (2001) serem de extrema excelência, elas foram pensadas para discutir os elementos de uso e ocupação futura, nesse caso não estaria sendo trabalhado áreas que já foram ocupadas. A partir desta nova conjuntura, é observado a importância de se pensar em metodologias onde o uso da terra possa se apresentar como elemento central, pois são áreas as quais a fragilidade ambiental tem sido evidenciada pelas formas de uso e ocupação e não só mais pelas suas características físicas, logo há uma necessidade evidente de que a Geografia, a partir desse momento, deve pensar em como fazer estudos que evidenciem que é a partir do uso e ocupação da terra que a fragilidade ambiental torna-se essencialmente demonstrada.

Para Castro, essas preocupações são importantes para a manutenção fitogeográfica de ecossistemas locais (geossistemas) que atuam no controle dos processos erosivos, que por sua vez, são fundamentais para conservação dessas áreas. Além de contribuir para garantir a qualidade dos recursos hídricos, o abastecimento de água e principalmente nos processos de erosões e escorregamentos superficiais (CASTRO, 1993).

Em conclusão, estudos como estes têm a competência de contribuir para a gestão de Unidades de Conservação, tanto as de proteção integral, como as de uso sustentável. O refinamento na aplicação desse tipo de trabalho também permite uma análise mais eficiente da fragilidade e do equilíbrio dos ambientes, além de possibilitar a criação de zoneamentos mais acessíveis e de fácil aplicação, esses por sua vez, geram instrumentos mais eficazes, para o monitoramento da fragilidade ambiental, e atuam principalmente na recuperação, na preservação e no planejamento territorial dessas áreas de interesse prioritário.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1970.

ALASKA SATELLITE FACILITY. © JAXA/METI ALOS PALSAR L1.0 2007. Disponível em: <<https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS>>. Acesso em: 01 de janeiro de 2021.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift Stuttgart**. v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Catálogo de Metadados da ANA**. Disponível em <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/home>>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2020.

ARAÚJO, F. A. S. **Geomorfologia aplicada à fragilidade e ao zoneamento ambiental de Caxias/MA**. 2012. 184fls. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia, São Paulo, 2012.

ARCGIS DESKTOP: ArcMap. Versão 10.5. Redlands, CA: **ERSI - Environmental Systems Research Institute**, 2016.

BERTALANFFY, L. Wandlungen des biologischen Denkens. **Neue Jahrbücher für Wissenschaft und Jugendbildung**, v. 10, p. 339-366, 1934.

BERTALANFFY, L. **General system theory: Foundations, development, applications**. New York, George Braziller, 1968.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globales: esquisse methodologique. **Révue de Géographie des Pyrénées et Sud-Ouest**. Toulouse, v.39, p.249-72, 1968.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 13 abr. 2021.

CASTRO, J. F. M. **Aplicação de um Sistema de Informação Geográfica na Temática da Morfodinâmica: O exemplo do estudo da Bacia do Rio Mogi-Cubatão/SP**. 1993. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. 1993.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Editora da UFG, 1994.

CHELSEA. **Climatologies at High Resolution for The Earth's Land Surface Areas**. Disponível em: < <https://chelsea-climate.org/> >. Acesso em: 05 de jun. de 2021.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CRAVEIRO, J. R. V. Caracterização das unidades de conservação: referências sobre o sistema nacional de unidades de conservação da natureza. In: **Simpósio de Pós-Graduação Em Geografia do Estado de São Paulo**. UNESP, Rio Claro, 2008. p. 1061-1075.

CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2003. Escala 1:1.000.000 Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>. Acesso em 17 jun. 2019.

CREPANI, E. MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

GOUVEIA, I. C. M.-C.; ROSS, J. L. S. Fragilidade ambiental: uma proposta de aplicação de geomorphons para a variável relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 37, p. 123-136, 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE; 2009. 316 p. Manuais Técnicos em Geociências n. 4.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/visconde-do-rio-branco/panorama>>. Acesso em: 18 mar. 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

IEF. INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Área de Proteção Ambiental – APA**, 2021. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/component/content/article/3306-nova-categoria/117-area-de-protecao-ambiental-apa>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Monitoramento Brasil**. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/iniciativas/atlas-da-mata-atlantica/>>. Acesso em: 15 novembro. 2019.

JAIN, S. K.; GOEL, M. K. Assessing the vulnerability to soil erosion of the Ukai Dam catchments using remote sensing and GIS. **Hydrological Sciences Journal**, v. 47, n. 1, p. 31-40, 2002.

MIARA, M. A. **Planejamento e gestão de unidades de conservação**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MONTEIRO, C. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2001.

NOGUEIRA NETO, P. Unidades de conservação - técnica, lei e ética para a conservação da biodiversidade. In: BENJAMIN, A. H. (Coord.). **Evolução Histórica das ARIEs e APAs**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2001.

PACHECO, F.F.; DE SOUZA, J.J.L.L.; DE FARIA, A.L.L. Análise multicritério aplicada na seleção de áreas aptas a construção de barraginhas em relevo forte ondulado. In: **SRHPS - Simpósio de Recursos Hídricos do Rio Paraíba do Sul**, agosto de 2018, Juiz de Fora, MG.

PEIXOTO, C. S. **Fragilidade ambiental e uso das terras no município de Ivinhema-MS**. 2016. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2016.

RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, C. R. L.; PIROLI, E. L. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 675-681, 2001.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos Geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, n.6, p.17-29, 1992.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia/USP**, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsidio para planejamento ambiental**. São Paulo, Oficina de Textos, 2006.

ROSS J. L. S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. **Revista do Departamento de Geografia/USP** 2012; 38-51.

SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F.; SCHAEFER, C.E.G.R. et al. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 409-419, 2005.

SOTCHAVA, V. B. The study geosystems. In: **Reports Of The Institute Of Geography Of Siberia And The Far East, Special Issue For The. XXIII International Geographical Congress**, n. 51, p. 3-40, Irkutsk (Tradução de Carlos A. F. Monteiro e Dora. A. Romariz) - Texto Básico. São Paulo: Distribuição Interna, USP – FFLCH - DEGEO-PPGEO, 1963.

TRICART, J. Principes et méthodes de la géomorphologie. **Soil Science**, v. 100, n. 4, 1965.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 5, n. 10, p. 79-89, 2006.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: Problemas e soluções. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 7-16, abr. 2008.

UFV/CETEC/UFLA/FEAM. **Mapa de solos do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49 p. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>>. Acesso em: 27 out. 2019.

VALERIANO M. M. Topodata: **Guia para Utilização de Dados Geomorfológicos Locais**. INPE. São José dos Campos, 2008.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da fragilidade ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 295-308, 2016.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica e Geografia. **Geografia (Rio Claro. Impresso)**, Rio Claro, v. 28, n. 03. p. 323-344, set/dez, 2003.

Recebido em junho de 2021.

Revisão realizada em janeiro de 2022.

Aceito para publicação em maio de 2022.