

USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL EM CENÁRIO ALTERNATIVO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) DE TOPO DE MORRO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS BENGALAS (TERESÓPOLIS, RJ)

INTRODUÇÃO

A região Serrana Fluminense, onde está inserida a bacia hidrográfica do rio das Bengalas, apresenta geomorfologia montanhosa e, por tal razão, é alvo de importantes episódios de movimentos de massa, sendo agravados pelas características inerentes do terreno, assim como pelo uso do solo e cobertura vegetal. A bacia em estudo tem como principais atividades econômicas a olericultura (hortaliças) e a pastagem de bovinos, ambas atividades que propiciam o aumento da erosão superficial e, conseqüentemente, o assoreamento dos rios e degradação da qualidade dos corpos d'água. Nesse contexto, delimitar e respeitar áreas de preservação se fazem necessárias para a qualidade ambiental da área de estudo.

Para isso, mapas de uso do solo e cobertura vegetal tornam-se importantes ferramentas nas análises de mudanças da superfície terrestre, sejam elas naturais ou antrópicas. Esse tipo de mapa busca reconhecer as categorias e utilizações da cobertura vegetal que reveste os solos (BRITO; PRUDENTE, 2005), ademais, pode servir como instrumento de gestão territorial a partir do reconhecimento espacial de áreas cultivadas, urbanizadas, erodidas, como também as mais propensas a riscos, dentre outras. Com tudo isso, com o incremento do Antropoceno, segundo Botelho *et al.* (2024), a soma das ações antrópicas no meio ambiente apresenta-se em diferentes dimensões espaço-temporais nos mais complexos componentes ambientais.

Com esse avanço das intervenções humanas na superfície do globo e suas referentes conseqüências, diferentes legislações foram sendo implementadas com o intuito de preservar os recursos naturais. O Novo Código Florestal Brasileiro (2012) apresenta a Área de Preservação Permanente (APP) como:

“Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

Nesse sentido, para fomentar a preservação, o Código considerada como APP diferentes áreas ligadas a corpos d'água, restingas, manguezais e formas de relevo como encostas superiores a 45°, bordas dos tabuleiros ou chapadas, topos de morros e altitudes superiores a 1800m.

No que tange às APPs de topo de morro, são consideradas as áreas referentes ao terço superior dos topos de morros, montes, montanhas, que obtiverem: a) altura mínima de 100 (cem) metros; e b) inclinação média maior que 25°. Para admitir essa APP, faz-se um traçado a partir da base dos morros, por meio de um “plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação” (BRASIL, Lei N°. 12.651/2012).

Essa proposta de delimitação do Novo Código apresenta lacunas na consideração da definição do método de aquisição da declividade, no cálculo da média e na escala abordada (OLIVEIRA, 2015), para tanto, tal autor elaborou uma metodologia reaplicável para outras áreas. Entretanto, conforme De Oliveira *et al.* (2021) e Borges *et al.* (2008), essa metodologia não abarca aspectos geomorfológicos intrínsecos das áreas de estudo, sendo essa uma característica fundamental para identificar as APPs de maneira coerente. Nesse sentido, em Honorato *et al.* (2024), estabelece metodologia baseada no Índice de Posição Topográfico (TPI) que permite a incorporação das referidas características geomorfológicas quando analisado juntamente à declividade (WEISS, 2001; JENNESS *et al.*, 2013).

Nesse sentido, essa pesquisa teve como objetivo geral elaborar um mapa de cenário alternativo de área de preservação permanente de topo de morro, seguindo critérios geomorfológicos. Para isso, foi utilizada como base metodológica a geração de TPI, no qual pôde-se obter os setores de encosta associados à declividade para gerar as APPs de topo de morro e, após isso, comparou essas áreas com o mapa de uso do solo e cobertura vegetal da área de estudo. À vista disso, a identificação e delimitação de APPs de topo de morro mostrou-se como primordial ferramenta de gestão ambiental, uma vez que protege os solos e a vegetação e, conseqüentemente, atenua processos erosivos que causam ravinas, voçorocas, movimentos de massa, desastres e degradação ambiental.

METODOLOGIA

Para a elaboração do Mapa de APP de Topo de Morro da bacia hidrográfica do rio das Bengalas buscou-se aspectos geomorfológicos da área de estudo através do uso do TPI (HONORATO *et al.*, 2024). Para a aquisição do TPI, os valores positivos são os de interesse para o presente trabalho, uma vez que são capazes de representar que o pixel central está elevado em relação ao seu entorno, assim sendo, essenciais na avaliação e identificação dos topos de morro. Com isso, a classificação foi executada segundo a função estatística de *natural breaks*, responsável por definir as áreas apropriadas de APPs de topo de morro.

As análises foram realizadas em ambiente SIG, através do *software ArcGis 10.5* e o Modelo Digital de Elevação (MDE) de 20 metros de resolução espacial, proveniente do Projeto RJ 25 (IBGE/SEA). Ao todo foram estabelecidas 5 classes: fundo de vale, sopé de encosta, meia encosta, alta encosta e topo de morro. Somente as duas últimas – alta encosta e topo de morro – foram utilizadas na avaliação de APPs, por serem as classes de relevo mais elevados. Por apresentar maiores valores de TPI, a classe “topo de morro” foi considerada como APP imediatamente, entretanto, a classe “alta encosta” necessitou de análise da declividade para ser considerada como APP. Para isso, aferiu-se a declividade utilizando a ferramenta *Slope*, que calcula o gradiente de variação dos pixels e retorna os valores de inclinação em graus.

A avaliação entre a classe alta encosta e a declividade foi feita ao sobrepor apenas essa classe às áreas com inclinação acima de 25°, obtendo assim a intersecção entre elas. Portanto, consideram-se APPs as áreas que configuram-se como topo de morro pela classificação do TPI, somadas aquelas que foram classificadas como alta encosta, mas que também estivessem acima de 25° de inclinação.

Por conseguinte, foi feita a sobreposição das novas APPs de topo de morro com o mapa de uso do solo e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio das Bengalas realizado pelo MAPBIOMAS (2020). Essa sobreposição gerou um mapa que possibilita análises para a gestão ambiental da bacia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP) de Topo de Morro da bacia hidrográfica dos rios das Bengalas apresentou substancial cobertura na área de

estudo, apresentando 3.410,97 hectares que é equivalente a 25% bacia (Figura 1 - A). Dentro do recorte da APP, 75% da área é composta pela classe “Topos de Morros”, enquanto 25% da área engloba “Alta Encosta com mais de 25° de inclinação” (Tabela 1).

O resultado encontrado coincide com a geomorfologia regional composta por relevo montanhoso e escarpado que, segundo Dantas (2000), é descrito como Escarpas das Serras do Couto e dos Órgãos. Além disso, o relevo do município é de orientação WSW-ENE, que chega a atingir a altitude de 2.263m (Pedra do Sino), sendo uma importante barreira orográfica. Dessa maneira, ao analisar a geomorfologia local e a distribuição dos cenários alternativos de APP's de Topo de Morro através da metodologia adotada neste trabalho, evidencia-se 25% da área total da bacia é composta por topos e, portanto, deveriam estar enquadradas como áreas protegidas.

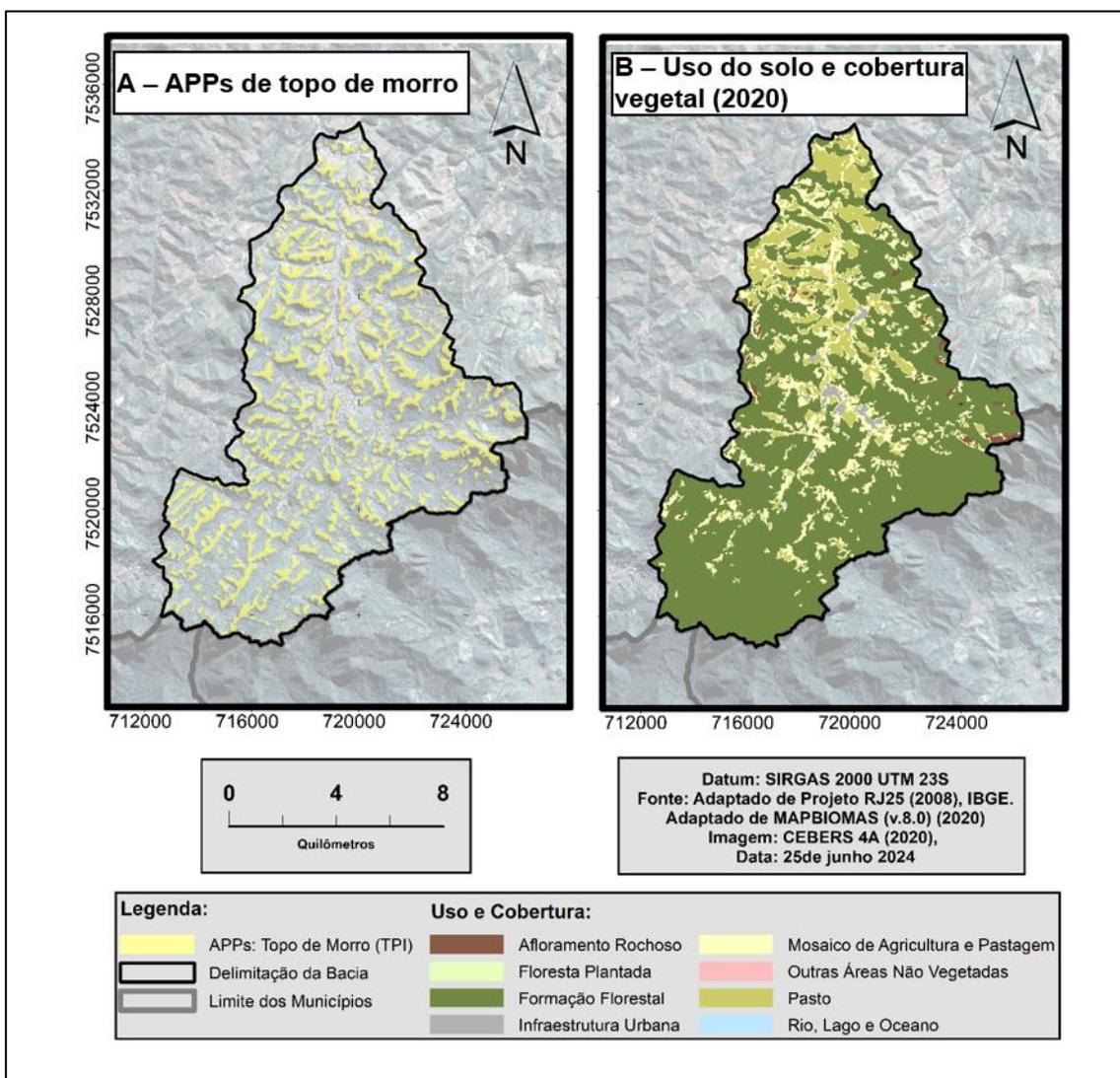


Figura 1: Mapa de APPs de topo de morro da bacia hidrográfica do Rio das Bengalas (2024).
Fonte: autores (2024).

O mapa de uso do solo e cobertura vegetal da área de estudo foi elaborado pela Map Biomas para o ano de 2020 (Figura 1 - B), apresentou ampla cobertura vegetal com aproximadamente 71,7% de área florestada na bacia do rio das Bengalas. Além disso, as classes que mais se destacam são “Mosaico de agricultura e pastagem” e “Pasto”, que somadas abrangem 26,1% da área, enquanto as demais classes representam apenas 2,3% da bacia (Gráfico 1). Com tudo isso, esses resultados são congruentes com o observado na bibliografia (DANTAS, 2000; DANTAS *et al.*, 2000; BRUM *et al.*, 2009; MENEZES *et al.*, 2009; ARAÚJO *et al.*, 2017), como também com as análises de incursões de campo.

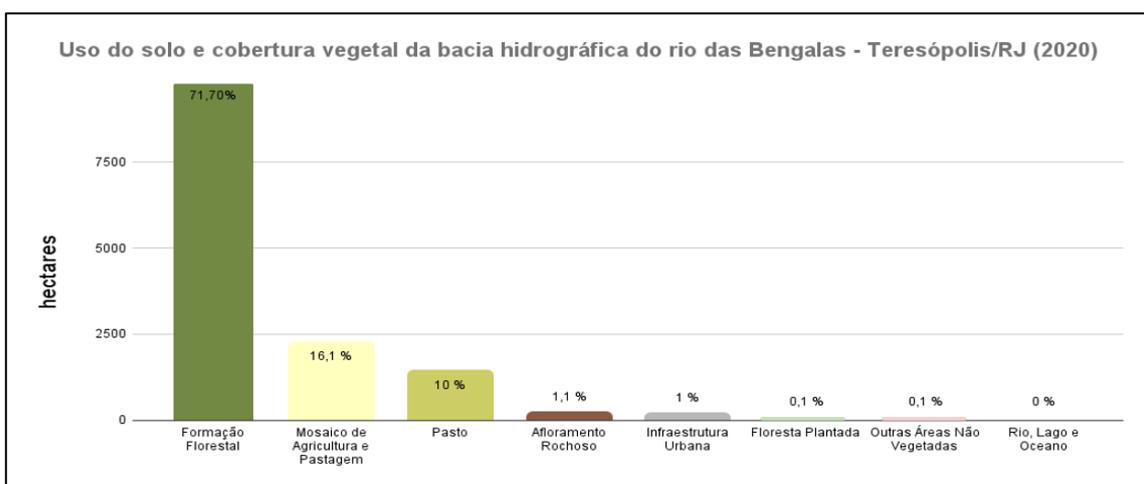


Gráfico 1: Uso do solo e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio das Bengalas (2020).

O alto curso da bacia, nos sentidos SE-S-SO, apresenta as maiores altitudes e inclinações de relevo, fator esse que, ao longo do processo de ocupação do território, dificultou a ocupação humana, portanto, tal porção da bacia apresenta-se em bom estado de preservação florestal. Ademais, o relevo condicionou a ocupação antrópica nos vales e sopés de encosta, dessa forma, no Centro-Norte, ao longo do canal principal e no baixo curso da bacia é onde encontra-se maior impacto antrópico atrelado ao uso do solo e cobertura vegetal de infraestrutura urbana, pastagens e agricultura. Dessa forma, a vegetação dos fundos de vale e das encostas médias foram suprimidas em detrimento de gramíneas para pastoreio e cultivos agrícolas do tipo olericultura (RIBEIRO; MARAFON, 2007).

Apesar da maioria dos cultivos serem provenientes de agricultura familiar e pequenas propriedades, o uso intenso de defensivos agrícolas, fertilizantes químicos e irrigação são práticas recorrentes. Sendo assim, representando 26,1% do uso, as práticas agropecuárias reduzem a quantidade e qualidade da água, além de contribuir para erosão

laminar e assoreamento dos rios conforme os trabalhos de Jardim *et al.* (2017) e Santos e Bertolino (2019).

A sobreposição do mapa de uso do solo e cobertura vegetal com o mapa de APP de topos de morros em cenário alternativo apresentou 79,04% de floresta, 11,21% mosaico de agricultura e pastagem, 8,18% de pasto, 0,13% floresta plantada, 1,43% de afloramento rochoso e 0,01% rio, lago e oceano (Figura 2).

A área florestada encontrada nesse mapeamento de APP é proporcionalmente maior do que a área referente do total da bacia, apresentando 79,04% de quantitativo florestal frente aos 71% da bacia inteira (Gráfico 2). Tal fato demonstra que as áreas de topos de morros encontram-se em estágio de conservação satisfatório e maior do que o esperado, congruente com o fato de que o uso antrópico está mais concentrado nos fundos de vale, planícies e sopés de encosta.

Apesar disso, usos não compatíveis com o que se espera em APPs de topo de morro são encontrados, tais como mosaico de agricultura e pastagem, pasto e floresta plantada, totalizando 19,52% da área. A retirada da cobertura vegetal, atrelada ao uso inadequado do solo, provoca a exposição do horizonte A que, por sua vez, catalisa processos erosivos e movimentos de massa, agravando a qualidade das águas e dos solos (GUERRA *et al.*, 2007; LOUZEIRO, 2018; DUARTE *et al.*, 2020).

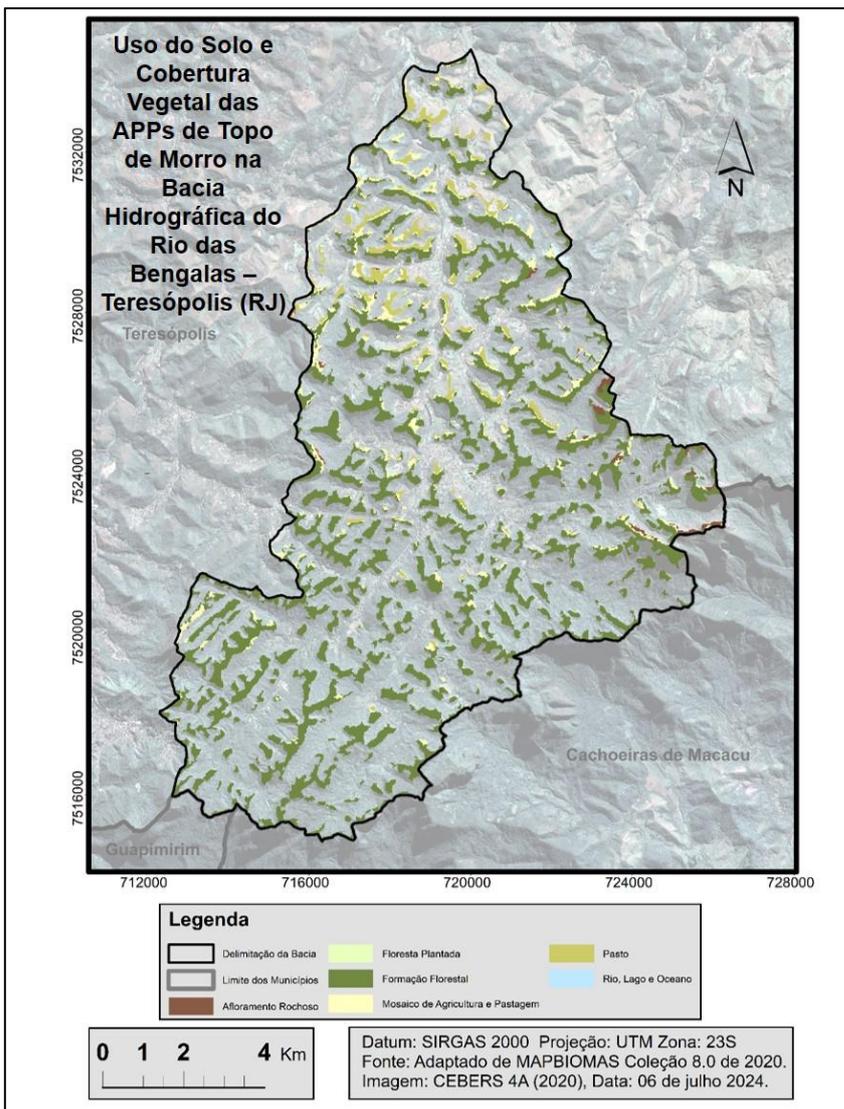


Figura 2: Mapa de uso do solo e cobertura vegetal das APPs de topo de morro da bacia hidrográfica do rio das Bengalas – Teresópolis (RJ) (2020). Fonte: Autores (2024).

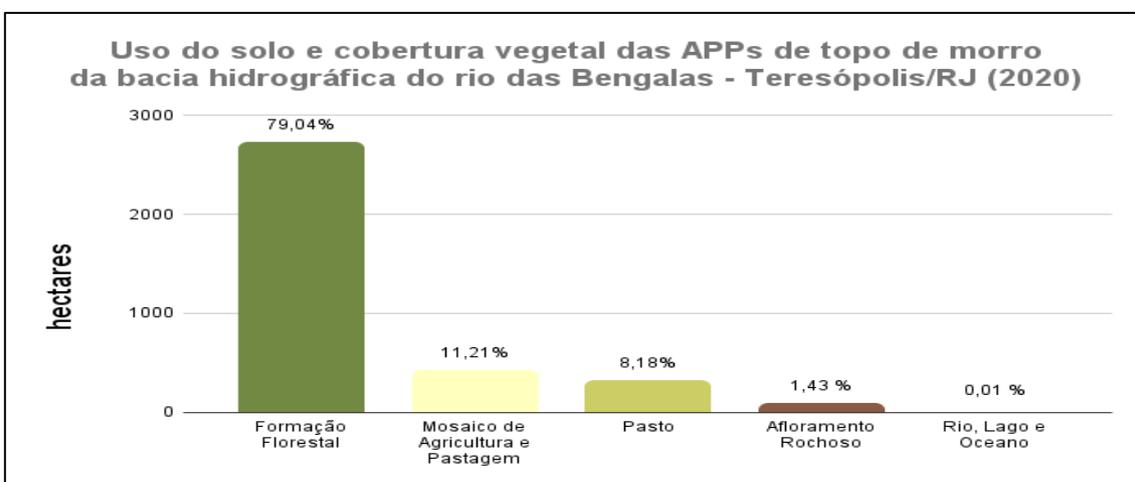


Gráfico 2: Uso do solo e cobertura vegetal das APPs de topo de morro da bacia hidrográfica do rio das Bengalas (2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia aplicada na elaboração do mapa de cenário alternativo de APP de topo de morro da bacia hidrográfica do rio das Bengalas apresentou resultados satisfatórios, uma vez que engloba mais áreas com declives acentuados e de topo de morros do que é proposto pela Legislação atual. Além disso, quando essas APPs são comparadas ao uso do solo e cobertura vegetal da bacia hidrográfica, é possível observar que parte significativa (79,04%) encontra-se com cobertura florestal. Entretanto, mesmo apresentando bom estado de conservação florestal, essas APPs apresentam considerável uso inadequado para áreas de preservação (19,52%), fato que pode levar ao incremento da erosão superficial e subsuperficial e à consequente degradação ambiental.

Palavras-chave: Área de Preservação Permanente (APP); Uso do Solo e Cobertura Vegetal; Topo de Morro.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos integrantes LIEG/UFRJ pelas contribuições e discussões acadêmicas. Agradecemos também à Geografia da UFRJ e ao CNPq pelo incentivo e auxílio tecnológico à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. C.; RODRIGUES, S. O. A.; COSTA, V. DOS S.; AVELAR, A. S. Análise do comportamento hidrológico da bacia Córrego Sujo, Teresópolis (RJ). Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. 1ed.: INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP, 2017, v. , p. 739-752.

BORGES, R. de O.; NEVES, C. B. das; CASTRO, S. S. de. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente determinadas pelo relevo: aplicação da Legislação Ambiental em duas microbacias hidrográficas no estado de Goiás. **Revista Geografias**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 7–14, 2022. DOI: 10.35699/2237-549X.13244. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13244>>. Acesso em: 23/07/2024.

BOTELHO, M. G. L.; SANTOS, G. N. L. DOS; GONÇALVES, C. DA S. ; FURTADO, L. G.; CARDOSO, L. M.; ADAMI, M.; GALBRAITH, D. R.; LIMA, A. M. M. DE. Antropoceno na Amazônia: A dinâmica do uso e cobertura da terra do município de

Garrafão do Norte, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, p. 2045-2054, 2024.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 06/08/2024.

BRITO, J. L. S.; PRUDENTE, T. D. Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Iberlândia-MG, utilizando imagens ETM+/Landsat-7. **Sociedade & Natureza**, www.ig.ufu.br, v. 17, n.32, p. 37-46, 2005.

BRUM, L. B.; ARAÚJO, I.S.; CORTES; C. M. M.; ARAÚJO, F.V.; AVELAR, A. S. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande - MS. Monitoramento da Qualidade da Água da Bacia do Córrego Sujo, Teresópolis (RJ), 2009.

DANTAS, M. E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2000.

DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A. I. D. M.; SILVA, C. R. D.; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J. F.; CARVALHO FILHO, A. D. **Diagnóstico geoambiental do estado do Rio de Janeiro**, Brasília: CPRM, 2000.

DE OLIVEIRA, T. G.; FRANCISCO, C. N.; BOHRER, C. B. de A. Áreas de Preservação Permanente (APP) no topo de morros no estado do Rio de Janeiro: uma avaliação dos dispositivos legais em diferentes unidades geomorfológicas. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 491–514, 2021. DOI: 10.5902/1980509832492. Disponível em: < <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/32492> >. Acesso em: 23/07/2024.

DUARTE, M. L.; DA SILVA FILHO, E. P.; BRITO, W. B. M.; DA SILVA, T. A. Determinação da erodibilidade do solo por meio de dois métodos indiretos em uma bacia hidrográfica na região sul do estado do Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, 2020.

GUERRA, A. J. T.; GONÇALVES, L. F. H.; MELO, P. B. Evolução histórico-geográfica da ocupação desordenada e movimentos de massa no município de Petrópolis, nas últimas décadas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, p. 35-43, 2007.

IBGE. Modelos Digitais de Superfície - Modelo Digital de Elevação. RJ25- 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10856-mde-modelo-digital-de-elevacao.html?=&t=downloads> . Acesso em: 02/07/2024.

JARDIM, H. L.; FERNANDES, N. F.; DE SOUZA, A. P. Perda de solo em parcelas de erosão, sob diferentes culturas e técnicas de manejo e a análise de estratégias de conservação. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 4394-4405, 2017.

JENNESS, J.; BROST, B.; BEIER, P. Manual: Land Facet Corridor Designer. 2013. Disponível em: < http://www.jennessent.com/downloads/Land_Facet_Tools.pdf>. Acesso em: 29/12/2020.

LOUZEIRO, A. dos S. Vulnerabilidade e risco de movimento de massa no município de São Luís-MA (Brasil). 2018. Dissertação de Mestrado. Brasil.

MAPBIOMAS. Projeto de Mapeamento Anual de Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Coleção 8, 2020. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 23/07/2024.

MENEZES, C.E.E.; NACIOVIC, M.; AVELAR, A. S.; MAHLER, C. F. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande - MS. Parâmetros Hidrológicos e Erosivos obtidos em parcelas experimentais. Bacia do Córrego Sujo, Teresópolis (RJ), 2009.

OLIVEIRA, G. C. Precisão de modelos digitais de terreno, mapeamento automático de APPs em topos de morros e a eficácia do Novo Código Florestal. 2015. 139f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/6455>. Acesso em: 01/07/2024.

RIBEIRO, M. A. C.; MARAFON, G. J. Agricultura Familiar, Pluriatividade e Turismo Rural: Reflexões a partir do Território Fluminense. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 59, p. 83-97, 2007.

SANTOS, C. P.; BERTOLINO, A. V. F. A. Perdas erosivas por escoamento superficial associados ao potencial da água no solo em manejos distintos. In: PINHEIRO, L. de S.; GORAYEB, A. (Org.). **Geografia Física e as Mudanças Globais**. 1ed. Fortaleza: Editora UFC, 2019, v. , p. 45-57.

WEISS, A. Topographic position and landforms analysis. In: Poster presentation, ESRI user conference, San Diego, CA. 2001. Disponível em: < https://www.jennessent.com/downloads/TPI-poster-TNC_18x22.pdf>. Acesso em: 03/07/2024.