

Utilização de geotecnologias para identificação de processos erosivos em áreas de cultivo irrigado no trecho submédio do Rio São Francisco (Semiárido de Pernambuco)

Lima, M.R.M. (UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - CAMPUS GARANHUNS) ; Silva, S.W.S. (UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - CAMPUS GARANHUNS) ; Lima, K.C. (UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - CAMPUS GARANHUNS)

RESUMO

A ocorrência de processos erosivos afeta o mundo todo em graus variados, no semiárido pernambucano não é diferente, especialmente em áreas de agricultura irrigada. Na bacia hidrográfica Limão Bravo é necessário a contextualização da espacialização do uso e ocupação da terra, essa espacialização sendo aplicada pela adaptação da carta de morfoconservação de Verstappen e Zuidam (1975). Através do uso de geotecnologias LiDAR e métodos de interpretação visual, são gerados produtos que auxiliam no entendimento dos aspectos atuantes sobre a superfície terrestre, auxiliando no melhor manejo tendo em vista que a área em estudo apresenta aspectos naturais que favorecem o surgimento de processos erosivos.

PALAVRAS CHAVES

Carta de morfoconservação; erosão; LiDAR; perímetro irrigado; relevo

ABSTRACT

The occurrence of erosive processes affects the whole world to varying degrees, and in the semi-arid region of Pernambuco, it is no different, especially in irrigated agriculture areas. In the Limão Bravo watershed, it is necessary to contextualize the spatialization of land use and occupation, which is applied through the adaptation of the Verstappen and Zuidam (1975) morphoconservation map. By using LiDAR geotechnologies and visual interpretation methods, products are generated to aid in understanding the factors affecting the Earth's surface, assisting in better management, considering that the study area presents natural aspects that favor the emergence of erosive processes.

INTRODUÇÃO

No semiárido pernambucano, a erosão hídrica é a que acontece de forma mais recorrente, devido às características climáticas e características como solos mais suscetíveis à erosão, onde os índices pluviométricos concentrados em poucos meses do ano, contribuem com o impacto das gotas de chuvas e com o escoamento superficial sobre o solo (DIAS, 2004; WEIS et al. 2022). Esse tipo de erosão, associado com a retirada da vegetação e práticas agrícolas inadequadas, também contribuem para a perda de solo, onde pluviosidade, topografia e tipo do solo são levados em consideração nesse tipo de análise (OLIVEIRA; PARANHOS FILHO; GUARALDO, 2022; ZANATTA; LUPINACCI; BOIN, 2019). De acordo com Guerra (2015), a erosão hídrica é identificada quando se inicia o escoamento difuso, removendo a camada superficial do solo, seguido do escoamento concentrado, formando erosão linear. Nas áreas de agricultura irrigada, os métodos de irrigação, somados às chuvas torrenciais, contribuem para o aparecimento de formas erosivas derivadas do escoamento laminar e concentrado. Após a retirada da vegetação, o solo torna-se menos protegido, tornando-o mais suscetível aos processos erosivos. Segundo Semas (2020), o semiárido pernambucano apresenta alta suscetibilidade à desertificação, onde este processo pode contribuir com a ocorrência da erosão em diferentes estágios, onde apresentam fatores que influenciam no aumento da infertilidade dos solos, diretamente associados com o manejo impróprio e técnicas de mecanização em um curto intervalo de tempo. Essa é uma temática bastante recorrente no Estado de Pernambuco, em decorrência aos índices de suscetibilidade que são expostas nessas áreas, desse modo contribuem com a redução da cobertura vegetal e com a perda da capacidade produtiva em áreas agrícolas (POESEN, 2017; GOIS, 2020), sendo necessário analisar as dinâmicas físicas e antrópicas a partir de geotecnologias. A realização de um mapeamento geomorfológico em nível de

detalhe, pode auxiliar no entendimento dos processos e na distribuição das feições erosivas, bem como o seu grau de evolução, além de enfatizar a importância nos estudos das formas de relevo no meio científico (BURGOS, 2009; LIMA et al., 2023). De acordo com Niemann, Menezes e Fernandes (2019) a cartografia geomorfológica comprovou-se como uma grande aliada para diferentes estudos, contribuindo na identificação e compreensão dos processos erosivos, que estão diretamente relacionadas às modificações na superfície durante o Antropoceno. As formas derivadas dessas modificações são representadas através de mapas com as alterações que ocorreram ao longo do tempo, tanto de modo natural como antrópico (BATISTA, 2005; LATOCHA, 2009; ZANATTA; LUPINACCI; BOIN, 2019). Nas últimas décadas as tecnologias avançaram rapidamente, contribuindo cada vez mais no detalhamento e análises de áreas na superfície terrestre. Os sensores remotos atuais, por exemplo, utilizam o laser como fonte de energia própria (Light Detection and Ranging – LiDAR), que permitem a melhor identificação de áreas que apresentam riscos geomorfológicos (MELO; SANTOS; CASELA, 2016). Através da obtenção de fotografias simultâneas com perfilamento a laser e marcações das coordenadas geográficas, tem-se melhor precisão dos dados obtidos (JÚNIOR; CRUZ; RODRIGUES, 2008). Diante o exposto, o objetivo deste trabalho é analisar os processos erosivos em escala de detalhe, em áreas de agricultura irrigada suscetíveis a desertificação, por meio de geotecnologias. Busca-se também, avaliar os produtos derivados de sensores orbitais de alta resolução, na compreensão dos processos erosivos ocorridos neste cenário. Para tais objetivos, foi selecionada uma bacia hidrográfica no município de Petrolândia (Pernambuco), que apresenta diferentes estágios erosivos em áreas de agricultura irrigada, e nível acentuado a severo de suscetibilidade à desertificação. (SEMAS, 2020; LIMA; LUPINACCI, 2022).

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo A área de estudo selecionada foi a bacia hidrográfica da Baixa do Limão Bravo (Figura 1), localizada no município de Petrolândia, na Microrregião de Itaparica, semiárido do estado pernambucano. O clima dessa área é do tipo BSh (semiárido- quente), segundo a classificação de Köppen. A média pluviométrica anual é de 540 mm e a temperatura média anual é de 25°C (EMBRAPA, 2004). Situada no Planalto da Bacia do Jatobá, sua geologia é composta por rochas sedimentares do Paleozóico ao Cenozoico com ocorrência de lineamentos. Sua repartição é dividida em depósitos aluvionares, Depósitos colúvio-eluviais, Formação São Sebastião, Formação Sergi, Formação Aliança, Formação Tacaratu (BRASIL, 2018). Desenvolveu-se sobre a bacia sedimentar, relevo com topos planos e declividade predominantemente entre 0 e 2% com altitude entre 299 e 560 metros. Sobre o relevo da área, desenvolveu-se os Neossolos Quartzarênicos e Vertissolos Háplicos.

3.2 Produtos do Projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D) Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados produtos gerados por perfilamento a laser, como Ortoimagem e Modelo Digital de Terreno (MDT) com resolução espacial, respectivamente de 1 m e 0,5 m (Figura 2). A partir do MDT, foram extraídas curvas de nível com equidistância de 5 m, com o objetivo de auxiliar na identificação das incisões. Também derivadas do MDT, foram elaboradas duas superfícies sombreadas: a primeira com azimute 315° e altitude 45° e a segunda com azimute 45° e altitude 30°, sendo que o segundo foi sobreposto ao primeiro com transparência de 50%. De acordo com DOMLIJA et al. (Apud LIMA et al, 2023), esse procedimento auxilia na definição visual das incisões a partir do realce das feições. Foram extraídas drenagens automáticas em valor 1.000 por meio da ferramenta hydrology, que condicionou a densidade dos canais de drenagem. Inicialmente foi realizado o preenchimento das depressões espúrias pela ferramenta Fill. Essa ferramenta é utilizada para a correção de imperfeições referentes ao MDT, gerando um novo produto que auxilia na determinação do flow Direction. O flow direction demonstra a direção do fluxo de escoamento superficial no MDT, gerando Flow accumulation, que indica os pontos de acumulação de sedimentos, auxiliando na identificação do canal principal. Com isso, o flow accumulation inserido na função Álgebra de Mapas, possibilitou a geração de um novo raster, que foi inserido na função stream to feature e como produto foi gerado arquivo em shapefile em linha, que auxiliou na interpretação e identificação das incisões e das drenagens da bacia hidrográfica.

3.3 Carta de Morfoconservação dos terrenos Para a representação do relevo em escala detalhe, foi utilizada a proposta metodológica da carta de morfoconservação de Verstappen e Zuidam (1975) com foco na conservação dos terrenos. Esta carta tem como finalidade demonstrar as modalidades de uso da terra e as suas influências no comportamento hidromorfológico da vertente, que pode desencadear e/ou acelerar processos

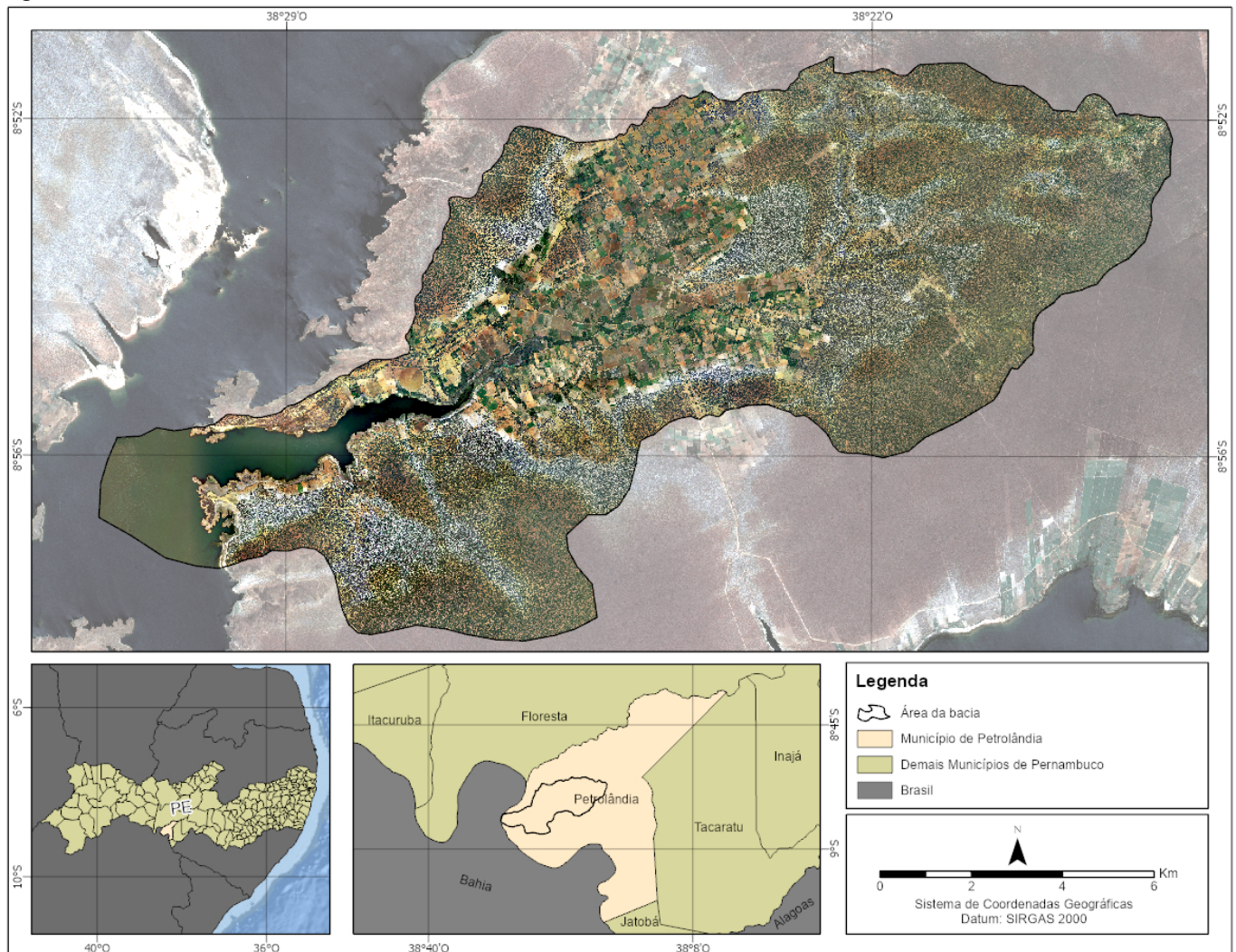
morfodinâmicos erosivos. As adaptações realizadas contribuíram para o agrupamento dos elementos em quatro temas gerais, sendo eles: (i) vertentes – curvas de nível, divisores de água e declividade da vertente; (ii) terrenos cultivados – classes de cultivo; (iii) vegetação e (iv) Formas e processos erosivos – escoamento difuso e feições de erosão linear. Com a utilização do ortomosaico foram adotadas técnicas de interpretação visual propostas por Zhang e Liu (2019) para melhor classificação do uso e cobertura da terra a partir dos produtos LiDAR, cujas simbologias foram adaptadas com o intuito de adaptar a proposta inicial ao ambiente SIG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Á área de estudo (Figura 1), de acordo com Semas (2020) apresenta fatores condizentes ao aumento dos níveis de suscetibilidade à desertificação, associados aos solos e ao uso e cobertura da terra. A instalação de perímetros irrigados nessa área interferiu na dinâmica ambiental da bacia, sendo necessário um maior controle sobre os projetos implementados na bacia estudada, a falta de manutenção contribuiu para o aparecimento dos processos erosivos através da grande quantidade de recurso hídrico nos cultivos, aumentando a quantidade de áreas impróprias para os cultivos (MELO; ARRUDA; SOBRAL, 2015; ARAÚJO, 2017). Com os produtos LiDAR (figura 2) e a aplicação da carta de morfoconservação de ITC (1975), foram separadas as seguintes classes para o tema (ii) terreno cultivado: cultivo protetivo (2,18 km²); cultivo suscetível à erosão (11,61 km²); cultivo abandonado (1,78 km²); solo desnudo preparado para cultivo (9,71 km²); pasto (0,45 km²). Para o tema (iii) vegetação, foram consideradas as seguintes classes: arbustiva (102,73 km²); arbórea-arbustiva (1,66 km²); arbórea, (1,22 km²); solo exposto (3,2 km²); herbácea (0,46 km²), tais dados obtidos convergiram com o trabalho proposto por Lima et al. (2022), passando uma atualização da simbologia para melhor representação do contexto local. Os dados quantitativos representaram a distribuição espacial das classes pela bacia hidrográfica, onde o perímetro agrícola ocupava, em 2016, 18,17% km² da área total. Sobre os terrenos do perímetro irrigado, predominou-se o cultivo suscetível à erosão, que é mais propício ao desenvolvimento dos processos erosivos, pois possuem baixa capacidade de redução do impacto das gotas de chuva, pelo seu porte herbáceo. A vegetação ocupou 70% da área total da bacia, com maior quantidade a classe de vegetação arbustiva, composta pela caatinga do tipo hiperxerófila esparsada, com espécies vegetais resistentes as condições climáticas e com áreas com vegetação antropizada decorrentes das atividades econômicas locais. (ALVES, 2009; EMBRAPA, 2004). O escoamento difuso ocorreu nos distintos setores da bacia, porém, encontrado com maior evidência nos cultivos suscetíveis à erosão e em solo desnudo preparado para o cultivo, possibilitando maior transporte das partículas do solo. Segundo Salomão et al. (2015), em áreas cultivadas a cobertura vegetal possui determinação na influência da perda de solo pela erosão laminar, possibilitando uma defesa natural contra os processos erosivos. Com isso, não foram identificadas feições erosivas derivadas do escoamento difuso nos cultivos protetivos, geralmente com espécies frutíferas arbóreas, que favorecem a diminuição dos processos erosivos. Observou-se na parte centro-leste da bacia, maior concentração de incisões erosivas em cultivos abandonados e em solos expostos, no trecho representado foram mapeadas 49 incisões erosivas que variam em relação as dimensões de comprimento, a maior extensão registrada apresentou extensão de 243,52 m e a menor 6,54 metros. As 49 incisões totalizaram 2,842 km, chegando em uma média de 58 m de extensão. A extensão média das incisões encontradas no setor representado (Figura 3) demonstrou elevado estágio de evolução, tornando-se possível observar que há uma conexão de parte das incisões ao canal retificado (LIMA et al., 2023), o que pode acarretar outros problemas, como o assoreamento. A partir da declividade gerada pelo MDT foi possível analisar que nesse perímetro irrigado, o menor índice de declividade pode resultar em incisões no terreno com ausência de cobertura vegetal, onde a erosão terá maior ocorrência em períodos de chuvas torrenciais, apesar do solo disposto na área apresentar índice considerável de porosidade, Salomão et al. (2005) propõe que os solos arenosos apesar de facilitar a infiltração, apresentam maior grau de remoção de suas partículas, sendo altamente suscetíveis aos processos erosivos, além de contribuir de forma ativa com o escoamento superficial quando compactado (SEMAS, 2020; DIAS, 2004). O manejo inadequado do solo e as construções antrópicas, como a cerca, são fatores que implicam em um maior escoamento concentrado, facilitando o transporte das partículas superficiais do solo e ocasionando em feições erosivas lineares com grande grau de evolução (Figura 3-P1,P4). A predominância de incisões erosivas próximas as estradas não

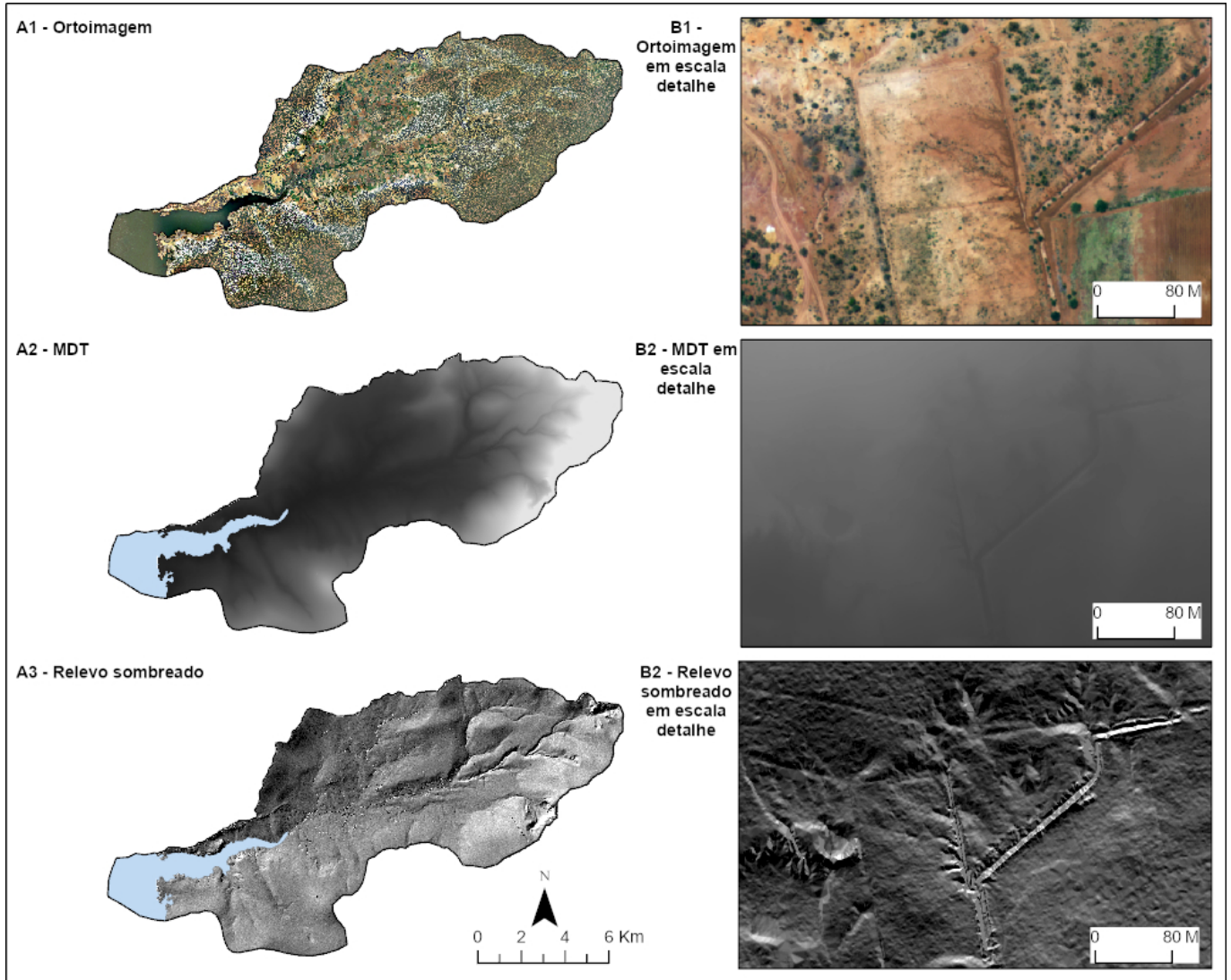
pavimentadas (Figura 3-P2), pode ser considerado um fator decisivo para a aceleração da formação da erosão (MOHAMMADKHAN, AHMADI, 2011), ocasionados pela diminuição da infiltração do solo pela compactação acarretada por veículos e animais. Foi possível a identificação de outros elementos associados aos processos erosivos, como a presença de cabeceira de erosão nas partes mais elevadas do terreno (Figura 3-P3), segundo Guerra (2015) a partir do recuo das cabeceiras para pontos mais elevados, ocorre uma zona para deposição de sedimentos, onde o fluxo de água é excedido pela presença de grande quantidade de sedimentos, sendo possível verificar a ocorrência do solo exposto com pavimento detrítico. A partir da aplicação da carta com dados LiDAR de 2016, notou-se que no cultivo suscetível a erosão encontrada na parte leste, não foram encontradas evidências de incisões dentro do cultivo, em campo no ano de 2022 (Figura 3-P4) notou-se a presença de feição erosiva dentro do cultivo agrícola, ou seja, a carta de morfoconservação consegue de maneira eficaz identificar e caracterizar locais com suscetibilidade ao processo erosivo. Os aspectos fisiográficos da bacia, como solos e geológica apresentam considerável suscetibilidade para a incidência de processos erosivos, onde o manejo inadequado e a intensificação do uso da terra, favorecem o surgimento mais acentuado dessas feições, além de acarretar mudanças na propriedade dos solos, tornando-os inférteis e agravando a taxa de desertificação na área.

Figura 1



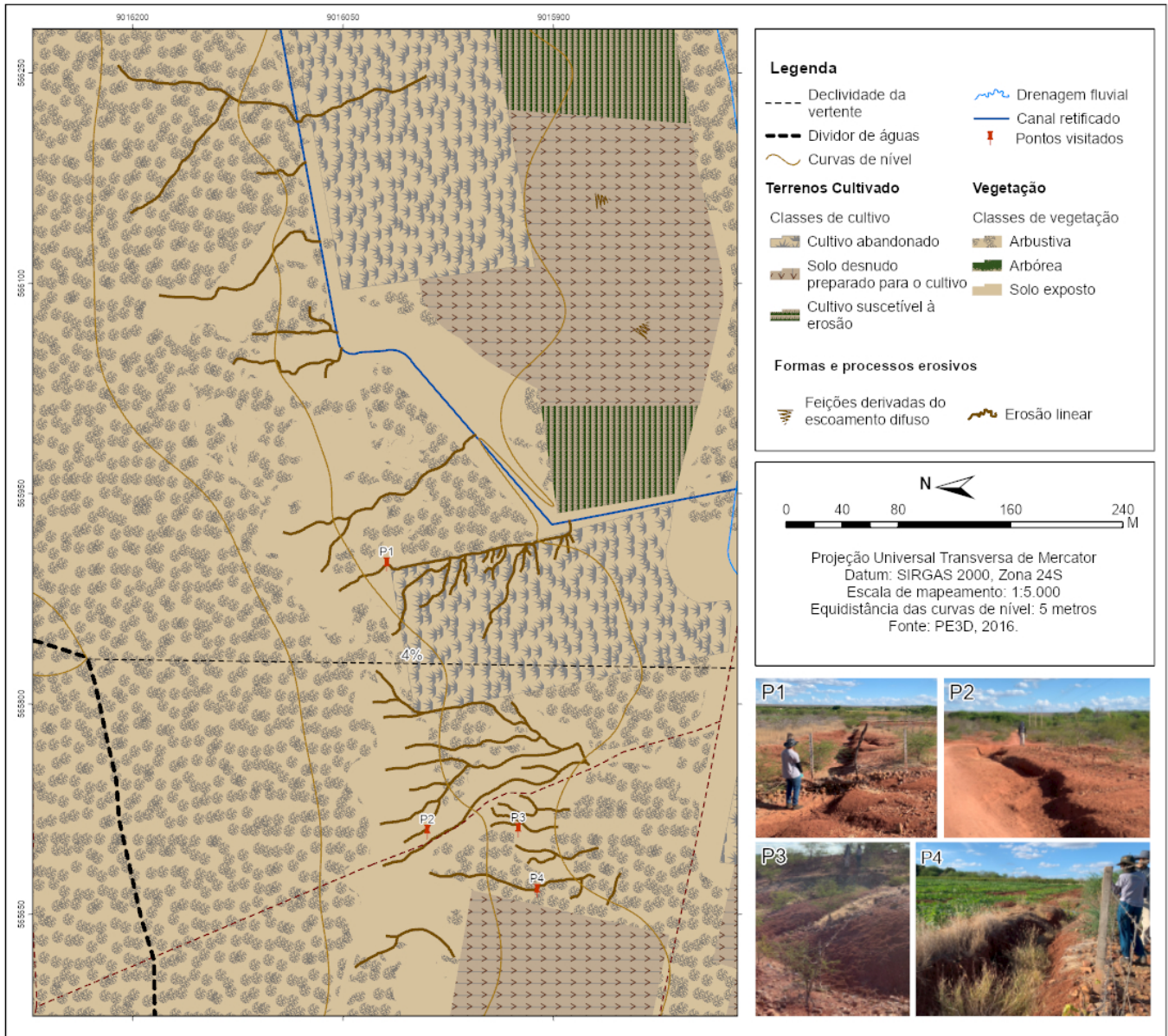
Localização da Bacia Hidrográfica Baixo do Limão Bravo no município de Petrolândia - PE.

Figura 2



Produtos do PE3D da área total da bacia hidrográfica: (A1), (A2) e (A3) derivado do MDT. De B1 a B3, em escala detalhe no trecho destacado.

Figura 3



Segmento representativo da carta de morfoconservação, com pontos visitados em outubro de 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da carta de morfoconservação juntamente com a utilização dos dados LiDAR proporcionaram desempenho satisfatório que auxiliaram na identificação das feições erosivas, como também pontos suscetíveis ao processo erosivo. Notou-se em campo no ano de 2022, o surgimento de feição erosivas dentro do perímetro agrícola classificado como suscetível à erosão, o que aponta o ótimo desempenho em aplicar a metodologia proposta pela carta em perímetros agrícolas. Considerando os aspectos identificados na carta, o mapeamento detalhado permitiu a integração de dados topográficos e qual o padrão de cultivo predomina sobre a área, auxiliando na compreensão dos padrões de escoamento e dos processos de erosão associados. Como apontado, o setor representado apresenta um grande grau de evolução dos processos erosivos, onde torna-se necessário a aplicação da carta de morfoconservação em outros setores, tendo em vista, que a as condições de suscetibilidade ao processo erosivo são encontradas em outros setores da bacia hidrográfica. Portanto, a construção de produtos cartográficos em nível detalhe em perímetros agrícolas, tornam-se uma ferramenta essencial para a gestão dos recursos naturais para

controle/prevenção dos impactos ocasionados por fatores antrópicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ALVES, J. J. A. Caatinga do Cariri Paraibano. *GEONOMOS* v.17, n.1, p. 19 – 25, 2009.
- BATISTA, S. C. Cartografia, Geomorfologia e as transformações do espaço urbano. In: Anais do X encontro de Geógrafos da América Latina, 10., 2005, São Paulo, 2005. Anais... São Paulo: USP, 2005.
- BURGOS, D. C. Mapeamento geomorfológico aplicado a análise Ambiental: Estudo de caso Serra da Jaqueçaba e seu entorno (Espírito Santo – Brasil). Monografia (Bacharelado) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.p
- DIAS, C. R. Conflitos de uso e ocupação do solo na área de preservação permanente da barragem de Itaparica: Estudo de caso dos municípios Pernambucanos. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, 2004.
- EMBRAPA. Diagnóstico Agroambiental do Município de Petrolândia – Estado de Pernambuco – EMBRAPA, 2004.
- GOIS, D. V. Cenários de risco à desertificação no semiárido Sergipano. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Sergipe, 2020.
- GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. - 10° ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. p. 17-50.
- GUZMÁN, J., FAMBRINI, G. L., OLIVEIRA, E. V., USMA, C. C. (2015). Estratigrafia da Bacia de Jatobá, Estado da Arte. *Estudos Geológicos*, 25, 53-76.
- JÚNIOR, J. F. P.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da Terra, Uberlândia – MG. *Sociedade e Natureza, Uberlândia*, (2):157 – 175, 2008.
- LATOCHA, A. The geomorphological map as a tool for assessing human impact on landforms. *Journal of Maps*, v.390 5, n. 1, p. 103-107, 2009. DOI: 10.4113/jom.2009.1047
- LIMA, K. C.; LUPINACCI, C. M. GOMES, D. D.; SOUZA, S. O.; ALEXANDRE, F. S. Erosão em áreas suscetíveis a desertificação no Semiárido: possibilidades de análise por meio da cartografia geomorfologia baseada em imagens de alta resolução. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 2023. No prelo.
- LIMA, K. C.; LUPINACCI. Geomorfologia do semiárido: proposta metodológica de representação cartográfica e interpretação do relevo em escala de detalhe. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 2021, v. 22, n. 2; DOI: 10.20502/rbg.v22i2.1527
- LIMA, M. R. M.; SILVA, S. W. S.; RAMOS, R. P. S.; LIMA, K. C. Morfoconservação dos terrenos em perímetros irrigados no submédio São Francisco: Estudo de caso em Icó-Mandantes (Pernambuco). In: IV Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 4., Belo Horizonte – MG, 2022. Anais... Belo Horizonte: CBHSF, 2020.
- MELO, F. N.; SANTOS, M.; CASELA, T. Mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal do município de Rio Largo, Alagoas como subsídio aos estudos de riscos geomorfológicos. In: 11° SINAGEO, 2016. Anais... Maringá – PR, 2016.
- MELO, M. G. S.; ARRUDA, N. O.; SOBRAL, M. C. Diagnóstico socioambiental da área atingida pela barragem de Itaparica: O caso do perímetro de irrigação Icó-Mandantes, submédio do São Francisco, Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 28., Rio de Janeiro, 2015. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2015.
- MOHAMMADKHAN, S.; AHMADI, H. Relationship between soil erosion, slope, parent material and distance to road (Case study: Latian Watershed, Iran). *Arabian Journal of Geoscience*, v. 4, p. 331-338, 2011. DOI: 10.1007/s12517-010-0197-z
- NIEMANN, R. S.; MENEZES, P. M.; FERNANDES, M. C. Cartografia na Geomorfologia: Importância na escolha correta das escalas de trabalho. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 18., Ceará. Anais... Ceará: UFC, 2019.
- OLIVEIRA, B. S.; PARANHOS FILHO, A. C.; GURALDO, E. Identificação de processos erosivos com geotecnologias gratuitas. *Terr@Plural, Ponta Grossa*, v.16, p. 1-17, 2022. DOI:10.5212/TerraPlural.v.16.2219806.023
- POESEN, J. Soil erosion in the Anthropocene: need for research. Department of Earth and Environmental Sciences, Division of Geography and Tourism, KU Leuven, Heverlee, Belgium – 2017. DOI: 10.1002/esp.4250

SALOMÃO, F. X. T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. do; BOTELHO, R. G. M. (orgs). Erosão e conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. p. 229-265.

SEMAS. Zoneamento das áreas suscetíveis à desertificação do estado de Pernambuco. Recife: SEMAS, 2020. 120 p.

WEIS, M. G.; SILVA, N. M.; PESSI, D. D.; BARBOSA, D. S.; MOREIRA, R. M.; LUIZ, R. B.; PARANHOS FILHO, A. C. Identificação de processos erosivos através de modelos hidrológicos e imagens aéreas de alta resolução. *Nativa, Sinop*, v. 10, n. 3, p. 391-399, Pesquisas Agrárias e Ambientais – 2022. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i3.13543>

ZANATTA, F. A. S.; LUPINACCI, C. M.; BOIN, M. N. Dinâmica erosiva linear: Estudo de caso em área rural no oeste paulista. *Geografia*, v44, n.2 – 2019.

ZHANG, W.; LIU, Y. Research on visual interpretation and spatial distribution pattern of the erosion gully in Luoyugou Watershed of China. *Environment and Natural Resources Research*, v. 9, n. 3, p. 23-31, 2019. DOI: 477 10.5539/enrr.v9n3p23.