



## AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO ECOSISTEMA FLORESTAL CAUSADA PELA MINERAÇÃO DE OURO NO MUNICÍPIO DE JAMBA MINEIRA, HUÍLA-ANGOLA

### ASSESSMENT OF FOREST ECOSYSTEM DEGRADATION CAUSED BY GOLD MINING IN THE MUNICIPALITY OF JAMBA MINEIRA, HUÍLA- ANGOLA

Idalma de la Caridad Betancourt Guerra <sup>1</sup>; Agostinho António Jeremias <sup>2</sup>; Fernando Manuel  
de Almeida <sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Eduardo dos Santos, Chianga, Huambo-Angola.

\* E-mail para a correspondência: [idalmbetancourt919@gmail.com](mailto:idalmbetancourt919@gmail.com)

#### RESUMO

O trabalho de investigação foi realizado no segundo trimestre de 2026, com o objetivo de avaliar o solo de recursos naturais da Mina Mpopo. A metodologia utilizada foi através do uso do software QGIS, versão 3.16. Assim, puderam ser obtidos os principais resultados: uma avaliação da área total de 3.454 km<sup>2</sup>, destes, melhorada, estável e degradada. Foi detetada uma transição que passou da cobertura arbórea para a presença de pastagens, agrícolas, artificiais e depois para outro tipo de terreno; Além disso, a presença de um corpo húmido ou zona húmida (solo). O comportamento do indicador de degradação cobriu a maior área no período de 2001-2021. As conclusões foram: A utilização do software permite a avaliação do recurso do solo dos indicadores de produtividade, carbono orgânico do solo e alteração da cobertura vegetal. A atividade antropogénica causou a degradação do recurso natural.

**Palavras-chave:** Solo, degradação, cobertura vegetal.

#### ABSTRACT

The research work was carried out in the second quarter of June 2026, with the aim of evaluating the natural resource soil of the Mpopo Mine. The methodology used was using QGIS software, version 3.16. Therefore, the main results could be obtained: an evaluation of the total area of 3,454 km<sup>2</sup>, of these, the improved, stable and degraded. A transition was detected that went from tree cover to the presence of pastures, agricultural, artificial and then to another type of terrain; Also, the presence of a moist body or wetland (soil). The behavior of the degradation indicator covered the largest area in the period of 2001-2021. The conclusions were: The use of the software allows the evaluation of the soil resource of the indicator's productivity, soil organic carbon, and change of vegetation cover. Anthropogenic activity caused degradation of the natural resource

**Key-words:** soil, degradation, vegetation cover.



## INTRODUÇÃO

Os efeitos da mineração de ouro estendem-se a um grande número de variáveis do ecossistema. Young (1993) aponta que os enormes custos ambientais desta atividade não se refletem nos balanços económicos das empresas. Num estudo realizado no Brasil, Brazaitis et al. (1996) encontrou vários efeitos negativos da poluição nos animais. Além disso, foram observados danos no habitat, levando ao desmatamento, aumento do uso agrícola, uso destrutivo de madeira, maior penetração humana e caça comercial e de subsistência para carne e peles.

Neste sentido, estudos desenvolvidos no Brasil por Malm et al. (1990), Pfeiffer et al. (1991), Hylander et al. (1994) e de Von et al. (1995) encontraram concentrações de substâncias perigosas usadas na mineração de ouro, medidas em partes por milhão (ppm). Algumas destas descobertas mostram que concentrações perigosas destes elementos foram encontradas em água (160 ng/l), sedimentos fluviais (157 ppm) e terrestres, no ar (3,2 mg m<sup>3</sup>), em peixes (2,7 ppm), em penas de aves e em cabelo humano. A mineração ilegal de ouro tornou-se um dos principais motores do desmatamento, degradação do solo e poluição, principalmente por mercúrio, mesmo em áreas naturais protegidas e reservas indígenas, com impactos profundos na saúde, coesão social e cultura das comunidades locais (Miranda et al., 1998).

Em Huíla, devido às suas condições geológicas, existem minas onde se realiza extração de ouro e nem todas cumprem a formalidade de possuir o título de mineração, enquanto outras o fazem após o processo de titulação. Alguns exploram na mina a céu aberto e outros através de exploração subterrânea. Em particular, a mineração de ouro no município de Jamba representa um setor de crescente importância económica, mas com desafios ambientais significativos, especialmente nos ecossistemas florestais e de savana.

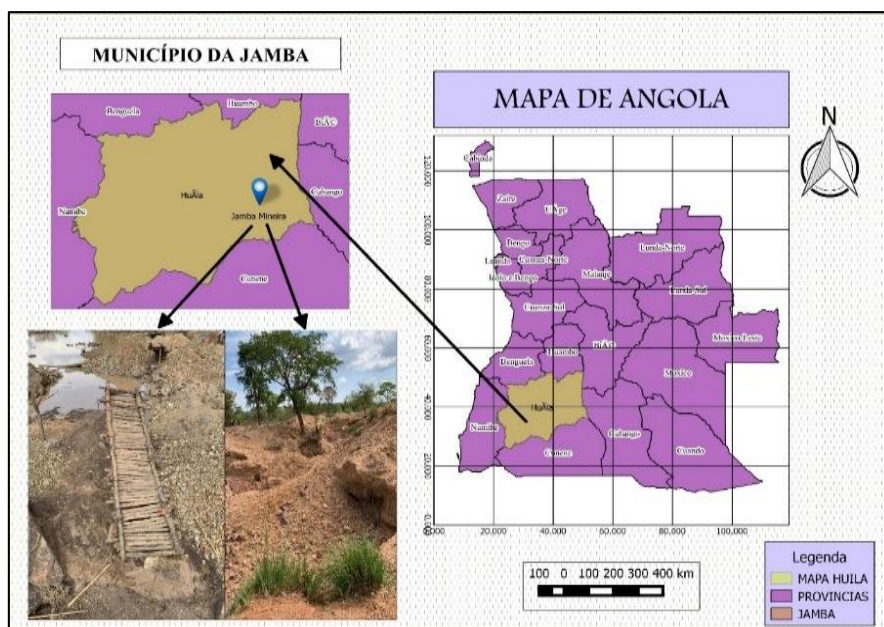
A atividade caracteriza-se por uma mistura de exploração industrial. A mineração de ouro em Palanca (Jamba Mineira, Huíla) coloca em risco a economia da sobrevivência. A prática faz parte de um fenómeno que, segundo as autoridades provinciais, envolve 15 zonas de mineração ilegal de ouro em todo o território de Huíla, com a participação de cerca de 26.000 cidadãos, incluindo nacionais e estrangeiros. Além disso, a mineração, classificada como atividade ilegal, continua a ser um dos principais desafios do subsector, gerando degradação ambiental (MIREMPET, 2025).

Neste sentido, devido à extração ilegal de ouro no município de Jamba (Sede), província de Huíla, particularmente no ecossistema florestal da vila de Casinga, e devido ao perigo que representa para os recursos naturais desta área, foi formulado o seguinte problema científico: a atividade ilegal de mineração de ouro na comuna de Casinga, limita a capacidade produtiva do recurso solo na área de maior incidência da Mina Mpapo. Por isso, foi proposto como objetivo fundamental avaliar o solo de recursos naturais, particularmente da Mina Mpapo, localizada no ecossistema florestal da vila de Casinga.

## METODOLOGIA

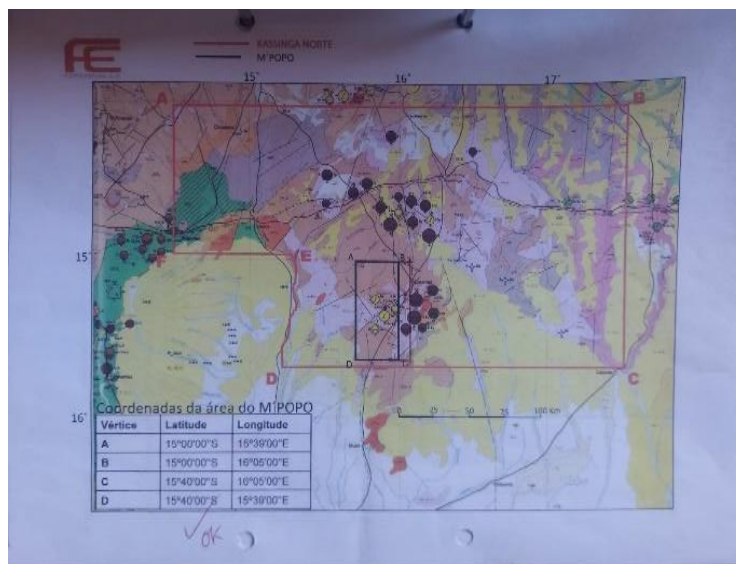
## Área de estudo

O município da Jamba (Figura 1) de la provincia de Huíla, Tem uma população de 76.485 habitantes, dos quais 37.659 são homens e 38.826 são mulheres. Está localizada a leste da província. Limita a norte com o município de Chipindo, a leste com os municípios de Cuvango, a sul com os municípios de Cuvelai e a oeste com os municípios de Matala e Chicomba (INE, 2025).



**Figura 1.** Mapa da Província da Huíla, Angola

A área avaliada corresponde à localidade da Mina de Mpopo, localizada no Município de Jamba, Província de Huíla (Angola), entre as coordenadas 15°00'00" - 15°40'00" Latitude Sul 15°39'00" - 16°05'00" Longitude Este (Figura 2).



**Figura 2.** Área avaliada da Mina de Mpopo, Município de Jamba, Província de Huíla, Angola

## Metodologia

A metodologia utilizada para a avaliação da degradação do solo no âmbito do indicador ODS 15.3.1 – Proporção de solo degradado em relação à área total, em conformidade com as diretrizes da CNUDC (Conversão das Nações Unidas para a Desertificação de Combate).

O indicador visa monitorizar a degradação e a restauração dos ecossistemas terrestres. A avaliação foi feita utilizando o software QGIS, versão 3.16, com o plugin Earth Trend. O processamento foi realizado com base nos dados padrão da Tendência da Terra, dentro da geometria da área de interesse, limitada pelas coordenadas geográficas fornecidas (Figura 3). O indicador final 15.3.1 foi a integração de três subindicadores principais: 1. produtividade da terra (Dinâmica da produtividade do solo), baseada em séries temporais da vegetação, 2 alteração na cobertura do solo), e 3 carbono orgânico de solo. Os anos de 2001 e 2020 foram definidos como o ano base.

### *i) Indicador de produtividade*

A produtividade da terra é a capacidade produtiva biológica do solo, a fonte de toda a alimentação, fibra e combustíveis que sustentam os seres humanos. A produtividade primária

líquida é a quantidade líquida de carbono assimilada após a fotossíntese e a respiração autotrófica num dado período de tempo, sendo geralmente representada em unidades como kg ha ano. A produtividade líquida primária é uma variável dispendiosa e demorada de estimar; Por esta razão, a informação de deteção remota é usada para derivar indicadores relacionados com a variável. Um dos substitutos mais amplamente utilizados para a variável é o índice de vegetação diferenciado e normalizado.

Calculado a partir, da informação nas bandas vermelha e infravermelha, perto do espectro eletromagnético. A tendência terrestre utiliza produtos quinzenais para calcular integrais anuais, calculados como a média anual para simplificar a interpretação dos resultados. Estas, integrais anuais são usadas para calcular tres métricas de produtividade.

Trajectoria: A trajetória mede a taxa de variação da produtividade primária ao longo do tempo. A Earth Trend, calcula uma regressão linear ao nível do pixel para identificar áreas que apresentam alterações na produtividade primária durante o período em análise. De seguida, aplica-se o teste de significância de Mann-Kendall não paramétrico, considerando como alterações significativas apenas aquelas com um valor  $p \leq 0,05$ . Tendências positivas significativas na vegetação indicam uma possível melhoria no estado do terreno, enquanto tendências negativas significativas indicam possível degradação.

Rendimento: a métrica de rendimento mede a produtividade local em relação a outros tipos de vegetação semelhantes, dentro de tipos de cobertura solar semelhantes ou regiões bioclimáticas na área de estudo. A tendência terrestre utiliza a combinação única de unidades de solo, unidades de taxonomia do solo usadas pelo sistema, com uma resolução de 250 m e cobertura do solo. As 37 classes completas com resolução de 300 m, para definir estas áreas de análise.

Estado: a métrica de produtividade e saúde permite-lhe detetar alterações recentes na produtividade primária em comparação com um período base. O subindicador de produtividade é classificado como: Melhorado, estável e diminui.

## ***ii) Mudança de cobertura do solo***

A tendência do solo utiliza mapas de cobertura do solo como conjunto de dados padrão, mas também podem ser usados mapas locais. O indicador é calculado da seguinte forma: (a) reclassificar ambos os mapas de cobertura do solo para as siete classes de cobertura necessárias para o relato: floresta, pastagem, terras agrícolas, zonas húmidas, áreas artificiais, solo nu e



água. b) realizar uma análise de transição de cobertura do solo para identificar quais os píxeis que permaneceram na mesma classe de cobertura e quais mudaram, e c). Com base no conhecimento local das condições da área de estudo e dos processos de degradação para avaliar a transição.

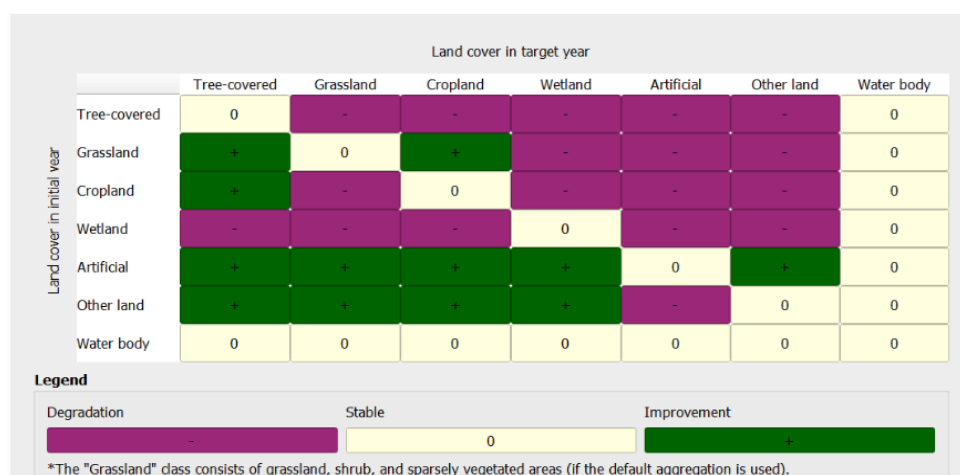
### *iii) Carbono orgânico do solo*

O terceiro subindicador para monitorizar a degradação do solo quantifica as alterações no carbono orgânico do solo durante o período de reporte. A Trend Earth, utiliza um método combinado de cobertura do solo para estimar alterações e identificar áreas potencialmente degradadas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O resultado do cálculo dos indicadores apresentou um valor de  $p \leq 0,05$  e as tendências positivas significativas no índice de vegetação, devido a diferenças normalizadas indicaram tendências negativas significativas, que indicam possível degradação. Além disso, o estado de produtividade permitia a deteção de alterações recentes na produtividade primária em comparação com um período de referência. O subindicador, de produtividade é classificado como: melhora, estável e decrescente.

Com base, no conhecimento local das condições da área de estudo e dos processos de degradação do solo que ocorrem, correspondem à degradação ou mudança nas condições da figura 3, o que indica que, em relação ao período de referência (1980-1984), para a cobertura do solo dos anos 2001-2021, foi detetada uma transição da cobertura arbórea para a presença de pastagens, agrícola, artificial e depois para outro tipo de terra; Existe também, um corpo húmido ou zona húmida. De um modo geral, pode observar-se na figura 3, correspondente à área de estudo, que a maior parte do solo está degradada e uma área menor está coberta por vegetação e pela existência de zonas húmidas. É importante, notar que o doss da pradaria é composto por: prado, matagal e arbustos.



**Figura 3.** Transições padrão de cobertura do solo correspondentes à degradação, melhoria ou estabilidade

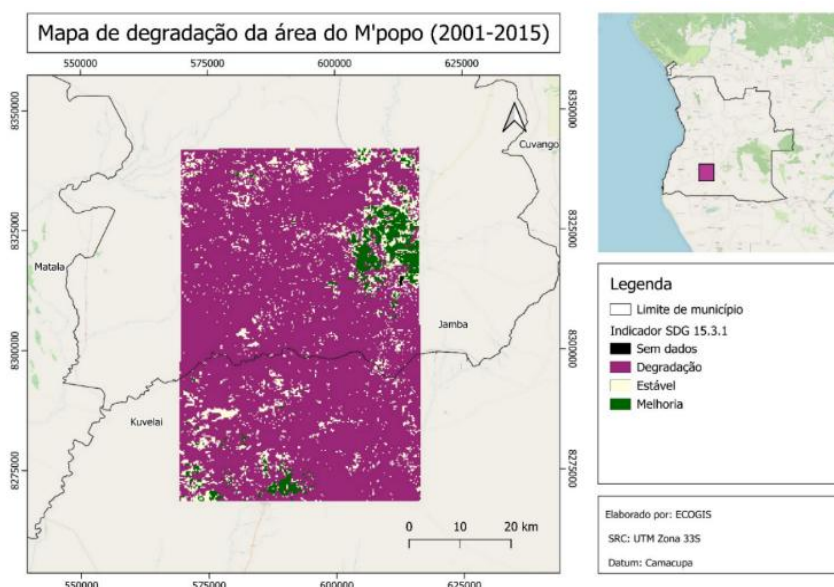
Neste sentido, após processamento, análise e controlo de qualidade, foram obtidos os mapas de cada subindicador, bem como o mapa final. A partir, dos mapas resultantes, a informação foi processada e compilada em tabelas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo da área de produtividade na Mina Mpapo.

|                                        | Área (Km <sup>2</sup> ) | Percentagem da área total |
|----------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| <b>Área total</b>                      | 3 454,3                 | 100,00 %                  |
| <b>Área com maior produtividade</b>    | 348,0                   | 10,07 %                   |
| <b>Área com produtividade estável</b>  | 2 594,4                 | 75,11 %                   |
| <b>Área com qualidade degradada</b>    | 511,5                   | 14,81 %                   |
| <b>Área sem dados de produtividade</b> | 0,4                     | 0,01 %                    |

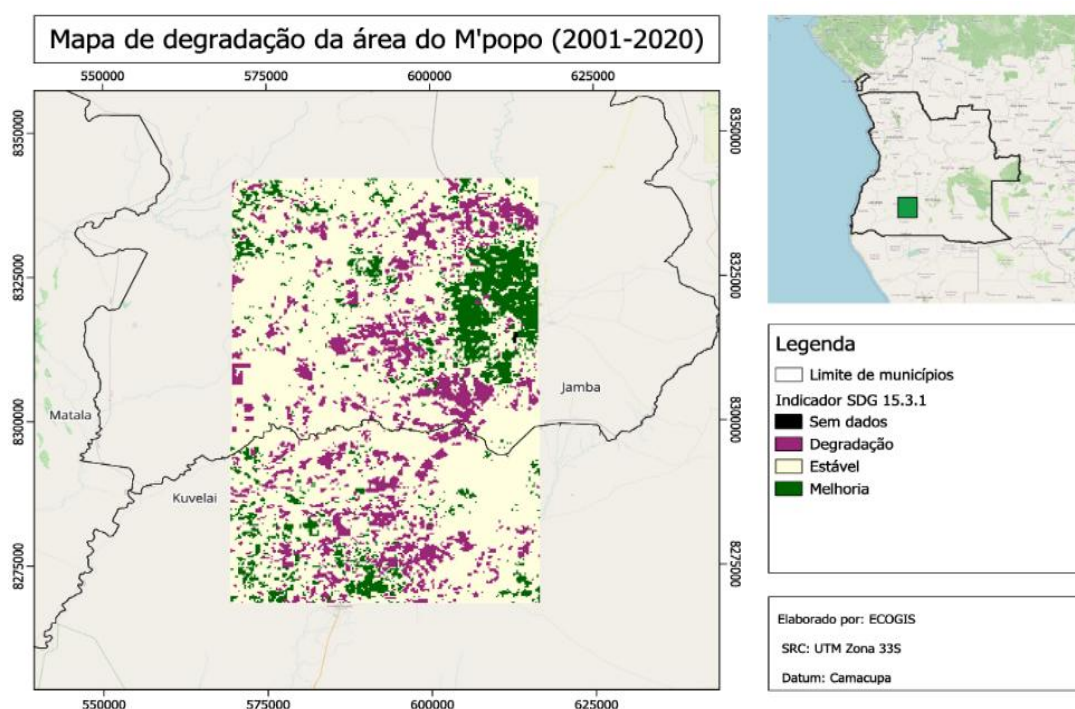
Fonte. Relatório Técnico - Preparação de Mapas de Degradação para a Cidade de Mpapo no Município de Jamba, Huila (2001-2021).

A tabela 1 mostra que, de uma área total de 3 454, 3 km<sup>2</sup> representam 100 por cento (%) da área avaliada. Destas, 3 454,3 km<sup>2</sup> (10,07 %) correspondem à área melhorada, 259,4 km<sup>2</sup> (75,11 %) representam a área estável, e a maior área de 511,5 km<sup>2</sup> (14,81 %) está degradada. O indicador de degradação, mostrado na figura 4, é a maior área num período de 2001 a 2015, além de áreas estáveis e melhoradas.



**Figura 4.** Representação de áreas degradadas, estáveis e melhoradas na Mina Mpopo no município de Jamba, Huila, num período avaliado de 2021 a 2015.

A Figura 5 representa as áreas mencionadas do período de 2001 a 2020.



**Figura 5.** Representação de áreas degradadas, estáveis e melhoradas na Mina Mpopo no município de Jamba, Huila, num período avaliado de 2021 a 2020.

Estes resultados, particularmente a degradação, coincidem com Mayer, Lal e Ammer (2020), Chen (2021) e FAO (2023) ao levantar os problemas associados à perda destes indicadores de: produtividade, cobertura vegetal e carbono do solo. A perda de carbono orgânico no solo, juntamente com a degradação da vegetação e da produtividade, gera impactos negativos.

Redução da fertilidade e produtividade. Solos pobres em carbono orgânico produzem menos biomassa, o que afeta a regeneração da floresta e a produção da madeira.

Além disso, o IPCC (2019) afirma que a erosão e desertificação são a perda da cobertura vegetal e da matéria orgânica, o aumento do escoamento e a erosão que conduzem à degradação irreversível em áreas áridas. Neste sentido, as emissões de gases com efeito de estufa, a mineralização do carbono orgânico do solo, libertam CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, contribuindo assim para o aquecimento global. Outro elemento de interesse, expresso pelo autor, foi a perda de biodiversidade; Tanto a vegetação como a microbiota do solo, que depende do carbono; A diminuição da vegetação desestabiliza os ecossistemas e diminui a capacidade de adaptação a alterações climáticas no ecossistema florestal e em solos menos produtivos.

Por outro lado, a FAO (2023) expressou que as características de um solo pobre em carbono orgânico do solo: baixa fertilidade devido às poucas áreas de matéria orgânica e menos nutrientes disponíveis de azoto, fósforo e enxofre para as plantas. A estrutura dos solos pobres em carbono tende a ser compacta, arenosa ou argilosa, com pouca capacidade para formar agregados que permitam aeração e drenagem. A baixa retenção de água pela matéria orgânica, comportando-se como uma esponja, devido a isso, a água drena rapidamente ou evapora. A baixa atividade biológica de bactérias, fungos e minhocas que decompõem matéria orgânica e reciclam nutrientes é escassa.

Outra característica era a cor do solo: os solos ricos em carbono orgânico são escuros, pretos ou castanhos escuros e os solos pobres são avermelhados, amarelados ou cinzentos. Por outro lado, o progresso da degradação na Mina de Mpopo, nas duas décadas avaliadas entre 2001-2020 e 2001-2020, foi muito rápido. Assim, a ação antropogénica sobre os recursos naturais da Mina Mpopo degradou rapidamente o recurso do solo, resultado que, em concordância com Chen (2021) e Caballero (2022), quando expressam que a mineração de ouro, Em particular, a extração artesanal ilegal em pequena escala causa erosão severa.

Os impactos nos ecossistemas das florestas tropicais são devastadores e intensificaram-se na última década. As consequências ecológicas da erosão mineira causaram uma perda de resiliência, devido à perda de carbono orgânico do solo, contaminação por mercúrio usado na amálgama de ouro, que se acumula em sedimentos erodidos, contaminando assim a cadeia trófica.

Além disso, acrescentaram os autores, a obstrução de rios e reservatórios por sedimentos reduz a capacidade dos corpos de água, afetando assim a geração hidroelétrica e o abastecimento de água. A tabela 2, mostra os impactos e a magnitude, com base em estudos realizados por diferentes autores. Os impactos revelados pelas referências coincidem, em geral, com o que



aconteceu nas áreas com maior incidência da mina Mpapo e com a magnitude da zona de produtividade degradada, que representa 14,1 % de uma área total de 3.454,3 km<sup>2</sup>

**Tabela 2.** Impactos e magnitude que coincidem com a situação das áreas com maior incidência da Mina Mpapo.

| <b>Impacto</b>                                    | <b>Magnitude</b>                                                                                                         | <b>Referências científicas</b>      |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Perda de solo devido à erosão</b>              | 100–500 t ha ano <sup>-1</sup> em áreas mineiras ativas comparado com. 0,1–1 t ha ano <sup>-1</sup> em floresta intacta. | Amazônia peruana (Caballero, 2022). |
| <b>Desmatamento associado à mineração de ouro</b> | 1,2.000.000 ha na Amazônia (2015-2020), com aceleração após 2020.                                                        | MAAP (2023).                        |
| <b>Redução do carbono orgânico do solo</b>        | Perda de 60–80 % do carbono orgânico do solo superficial nos primeiros 5 anos de mineração.                              | Gutiérrez (2021) Colômbia.          |
| <b>Sedimentação fluvial</b>                       | Aumento de três a dez vezes a carga de sedimentos nas bacias mineiras.                                                   | Asner et al. (2021) – Peru.         |
|                                                   | Menos de 10 % das áreas mineiras apresentam regeneração natural após 10 anos                                             | Sonter (2020) – Brasil              |

Fonte. Preparado para a investigação por Betancourt (2026).

Outros elementos, que se destacam são as áreas com produtividade estável de 2.594,4 km<sup>2</sup> (75 %) e as melhoradas, que representam estas últimas, uma área de 348,0 km<sup>2</sup> (10,7 %) na Mina de Mpapo, constituindo assim um impacto positivo, em comparação com a área degradada na área de maior incidência em 10%, em termos de melhoria, para a recuperação da cobertura vegetal.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A utilização do *software QGIS*, versão 3.16 com o *plugin Earth Trend*, permite a análise e avaliação do recurso do solo, em termos de cobertura vegetal e carbono orgânico do solo, produtividade do solo e determina o estado de degradação ao longo do tempo, de 2001 a 2020.

A atividade antropogénica na Mina Mpopo causou uma degradação acelerada do recurso do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ammer, C. (2020). The importance of tree species diversity for forest productivity. *Forest Ecology and Management*, 479, 118594. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118594
- Brazaitis, P., Rebelo, G., Yamashita, C., Odierna, E. e Watanabe, M. (1996). Threats to brazilian crocodilian populations. *ORYX*, 30 (4), p 275-284.
- Caballero E. (2022). "Deforestation and soil erosion in gold mining areas of Madre de Dios, Peru". *Environmental Research Letters*, 17(4), 044045. DOI: 10.1088/1748-9326/ac5b3f
- Chen, L. (2021). Tree diversity increases soil carbon storage in forests. *Nature Communications*, 12, 4822. DOI: 10.1038/s41467-021-25111-5
- FAO (2023). *Global Forest Resources Assessment 2020: Main report*. Roma: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura.  
URL: <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020>
- Gutiérrez, V. (2021). "Soil organic carbon loss from artisanal gold mining in the Colombian Pacific region". *Global Change Biology*, 27(15), 3589-3602. DOI: 10.1111/gcb.15672
- Hylander, L., Silva, E., Oliveira, L. e Silva, S. (1994.) Mercury levels in Alto Pantanal: ascreening study. *AMBIO*, 23 (8), p 478 - 484.
- INE (2025). Instituto Nacional de Estadística. Publicação Estimativa da população de Angola para o período 2025-2027, p 20. Disponível em: [www.ine.gov.ao](http://www.ine.gov.ao)
- IPCC (2019). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Cambridge University Press.  
URL: <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- Lal, R. (2020). Soil organic carbon and global climate change. *Soil and Water Conservation*, 75(3), p 38 – 43. DOI: 10.2489/jswc.2020.1108A
- MAAP (Monitoring of the Andean Amazon Project) (2023). "Gold mining deforestation in the Amazon: 2023 update". MAAP Report #12.  
URL: <https://maaproject.org/2023/gold-mining-amazon-2023/>
- Mayer, M. (2020). Soil organic carbon in forest ecosystems: a review of the factors affecting its stock and dynamics. *Forest Ecology and Management*, p 471, 118216. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118216
- Miranda, M., Blanco, U., A., Hernández, L., Ochoa, J. Yerena, E. (1998). *Nem tudo o que brilha é ouro*. Instituto de Recursos Mundiais. Washington, p 52.
- MIREMPET (2025). Ministerio de Recursos de Minería, Petróleo, Gas e Oro de Angola. *Do pasado tímido al futuro promisor*.
- Pfeiffer, W., Malm, C., Souza, C., Drude, L. Lacerda, L. (1991). Mercury in the Madeira River ecosystem, Rondonia, Brazil. *forest ecology and management*, 38 (3-4), p 239-245.
- Pfeiffer, W., Malm, C., Souza, C., Drude, L. Lacerda, L. (1991). Mercury in the Madeira River ecosystem, Rondonia, Brazil. *forest ecology and management*, 38 (3- 4), p 239-245.
- Sonter, L.J. (2020). "Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon". *Nature Communications*, 11, 2933. DOI: 10.1038/s41467-020-167-w
- Von, T., J., W., Wilken, R. e Einax, J. (1995). Mercury contamination in the northern Pantanal Region, Mato Grosso, Brasil. *journal of geochemical exploration*, 52 (1-2), p 127-134.
- Young, J. (1993). For the love of gold. *World watch*, 6 (3), p 19-26.

