

Meio Ambiente, Paisagem e Qualidade Ambiental

Processos erosivos acelerados nas encostas do perímetro urbano de Jacobina-BA

Accelerated erosion processes on the slopes of the urban perimeter of Jacobina-BA

Procesos erosivos acelerados en las laderas del perímetro urbano de Jacobina-BA

Jardilan de Jesus Reis¹ , Luciana Silva Andrade dos Santos¹ ,
Marcos Paulo Souza Novais¹ , Leandro Pereira da Silva¹ 

¹ Universidade do Estado da Bahia , Jacobina, BA, Brasil

RESUMO

O presente artigo tem o propósito de apresentar os resultados da análise dos fatores de degradação do solo no perímetro urbano de Jacobina-BA. Para a realização desta pesquisa, foi feita uma ampla revisão bibliográfica sobre a temática, atividades de campo e o mapeamento das áreas mais susceptíveis a processos erosivos, coleta de solo e análise das propriedades químicas e físicas no Laboratório de Análise de Fertilizantes, Solo e Monitoramento Ambiental LTDA (LAFSMA) em Cruz das Almas-BA. Utilizou-se o método de estaqueamento na voçoroca do Pontilhão, e a modelagem tridimensional por meio do *Geogebra*® na voçoroca do Erasmo, para medir a dimensão volumétrica e estimar a perda de massa do solo nessas áreas durante o período seco e chuvoso de 2022 a 2023. Além disso, utilizou-se a ferramenta de geoprocessamento *QGIS* para confecção de mapas temáticos, por fim, usou imagens da gênese da voçoroca por Silva, 2016), para comparar com o momento atual. A partir dos resultados, foi possível constatar que as características morfológicas, as práticas de uso e manejo inadequado do solo, a exploração de minerais agregados e as atividades antrópicas foram fatores condicionantes para o aumento de processos erosivos. Portanto, torna-se fundamental implementar o monitoramento contínuo e adotar métodos e práticas conservacionistas baseados em evidências, com o objetivo de mitigar de forma eficaz os impactos desse processo e promover a sustentabilidade dos ecossistemas afetados.

Palavras-chave: Solo; Voçorocas; Degradação; Monitoramento

ABSTRACT

This article aims to present the results of the analysis of soil degradation factors in the urban perimeter of Jacobina. To conduct this research, an extensive bibliographic review on the subject was carried out, along with field activities, mapping of the areas most susceptible to erosive processes, soil sampling, and analysis of chemical and physical properties at the Laboratory of Fertilizer, Soil, and Environmental Monitoring Analysis LTDA (LAFSMA) in Cruz das Almas. The staking method was used in the Pontilhão gully, and three-dimensional modeling through Geogebra® was applied in the Erasmo gully to measure volumetric dimensions and estimate soil mass loss in these areas during the dry and rainy periods from 2022 to 2023. In addition, the QGIS geoprocessing tool was used to create thematic maps. Finally, images of the gully genesis from Silva (2016) were used to compare with the current situation. Based on the results, it was possible to verify that morphological characteristics, inadequate soil use and management practices, aggregate mineral exploitation, and anthropogenic activities were conditioning factors for the increase in erosive processes. Therefore, it is essential to implement continuous monitoring and adopt evidence-based conservation methods and practices in order to effectively mitigate the impacts of this process and promote the sustainability of the affected ecosystems.

Keywords: Soil; Gullies; Degradation; Monitoring

RESUMEN

El presente artículo tiene como propósito presentar los resultados del análisis de los factores de degradación del suelo en el perímetro urbano de Jacobina. Para la realización de esta investigación, se llevó a cabo una amplia revisión bibliográfica sobre la temática, actividades de campo y el mapeo de las áreas más susceptibles a procesos erosivos, recolección de suelo y análisis de las propiedades químicas y físicas en el Laboratorio de Análisis de Fertilizantes, Suelo y Monitoreo Ambiental LTDA (LAFSMA), en Cruz das Almas. Se utilizó el método de estacado en la cárcava de Pontilhão y el modelado tridimensional mediante Geogebra® en la cárcava de Erasmo para medir la dimensión volumétrica y estimar la pérdida de masa del suelo en estas áreas durante los períodos seco y lluvioso de 2022 a 2023. Además, se utilizó la herramienta de geoprocetamiento QGIS para la elaboración de mapas temáticos. Finalmente, se emplearon imágenes de la génesis de la cárcava de Silva (2016) para compararlas con la situación actual. A partir de los resultados, fue posible constatar que las características morfológicas, las prácticas inadecuadas de uso y manejo del suelo, la explotación de minerales agregados y las actividades antrópicas fueron factores condicionantes para el aumento de los procesos erosivos. Por lo tanto, resulta fundamental implementar un monitoreo continuo y adoptar métodos y prácticas conservacionistas basados en evidencias, con el objetivo de mitigar eficazmente los impactos de este proceso y promover la sostenibilidad de los ecosistemas afectados.

Palabras clave: Suelo; Cárcavas; Degradación; Monitoreo

1 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural essencial para o desenvolvimento de atividades humanas e para a manutenção da vida do ecossistema terrestre. Esse elemento é formado por um conjunto de corpos naturais composto por sólidos, líquidos e

gasosas, tridimensionais e dinâmicos (Santos, 2018). Contendo também, materiais minerais e orgânicos na superfície terrestre, possuem matéria viva com vegetação, e pode ser alterado por ações humanas (Lepsch, 2011; Embrapa, 2026). Desta forma, pode ser compreendido como o resultado de diversos fatores interagindo sobre a superfície da Terra, tais como: clima, relevo, material de origem, tempo de exposição e organismos (Lepsch, 2010, p. 20; Pereira *et al.*, 2019 apud Sobires *et al.*, p. 2024).

Os solos são essenciais para a produção de alimentos para humanos e animais, fibras e combustíveis, além de filtrar e purificarem as águas que vão para os lençóis freáticos anualmente. Os solos, sendo um importante reservatório de carbono, desempenham um papel crucial na regulação das emissões de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases de efeito estufa, essenciais para o equilíbrio climático (Fao, 2019).

O uso e manejo inadequado desse recurso natural, muitas vezes considerado abundante e inesgotável, pode acarretar em uma série de problemas ambientais, dentre os quais podemos destacar a perda da capacidade produtiva do solo, perda de solo, mudança da paisagem, diminuição de recarga da bacia hidrográfica, aumento do escoamento superficial e assoreamento dos reservatórios presentes na região.

A degradação do solo é um problema ambiental atual no cenário mundial. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, em seu Relatório sobre o Estado dos Recursos dos Solos no Mundo e noutros estudos apontam que aproximadamente 33% dos solos da Terra estão parcialmente ou fortemente degradados, por causa das práticas de gestão não sustentáveis. Em uma visão mundial, a perda de solo anual chega a 75 000 milhões de toneladas por áreas agrícolas, causando um prejuízo em cerca de 400 000 milhões de USD em produção agrícola, causando uma redução no armazenamento e reciclagem de carbono, água e nutrientes (Fao, 2019).

De acordo com Guerra e Jorge, (2014), o Brasil não está imune a esses problemas. Grandes áreas do seu território vêm sendo constantemente degradadas devido à falta de adoção de práticas conservacionistas para a produção de atividades agropecuárias.

e pelo desmatamento, uma vez que a retirada da cobertura vegetal reduz o processo de infiltração da água e, em consequência, aumenta o processo de escoamento superficial, provocando perdas de solos por erosão hídrica.

Nos países de clima tropical como o Brasil, o surgimento de áreas degradadas está associado a diversos fatores, tais como: a supressão vegetal, a topografia e a precipitação pluviométrica. Deste modo, esse fenômeno contribui para o aumento de processos erosivos acelerados, que tende a avançar à medida que os solos estão desprotegidos sem cobertura vegetal, e consequentemente as chuvas incidem diretamente sobre a superfície do terreno (Guerra; Silva; Botelho, 1999).

Conforme Coelho et al, (2024); Lepsch, (2011), há solos que são mais suscetíveis à erosão, do que outros, a erodibilidade dos solos é influenciada, exclusivamente, pelos chamados atributos intrínsecos do solo, como a composição granulométrica, estrutura, conteúdo de carbono orgânico na camada superficial, permeabilidade, profundidade efetiva do solo e a presença ou ausência de camada compactada e pedregosidade.

Cabe salientar que as regiões semiáridas apresentam condições ambientais que tornam as áreas mais propícias à degradação do solo. Fatores como baixa fertilidade, escassez hídrica, redução da vegetação, atividades antrópicas e a falta de adoção de práticas conservacionistas contribuem para o avanço de processos erosivos (Melo e Voltolini, 2019). Cabe citar que as precipitações pluviométricas intensas em curto período chuvoso (de 3 a 4 meses no período chamado de inverno, quando ocorrem as chuvas no Semiárido), contribuem para os processos erosivos.

O manejo e o uso inadequado do solo contribuem para a formação de sulcos, ravinas e voçorocas em seu estágio mais avançado. Inicia-se por meio da erosão laminar, que é escoamento superficial da água chuva, carregando progressivamente os nutrientes e os horizontes superficiais, e a erosão linear, onde a água penetra nas camadas mais profundas, gera grandes fissuras concentradas no terreno, aumentando significativamente e formando as ravinas e voçorocas (Salomão, 1999 apud Fonseca, 2022).

As voçorocas podem ser formas também quando a camada superficial for inconsolidada ou sua mecânica for fraca. Neste sentido, para realização da investigação utilizou-se métodos de monitoramento para a compreensão de processos erosivos, visando a possibilidade de implantação de técnicas de recuperação da área. Nesta perspectiva, a referida pesquisa partiu do seguinte problema: Quais os fatores que contribuem para o aumento da ocorrência de processos erosivos acelerados nas encostas do perímetro urbano de Jacobina-BA?

Sendo assim, este trabalho surge a partir de um projeto de Iniciação Científica no período de 2021 a 2022, tendo como propósito caracterizar os principais fatores condicionantes de degradação do solo nas encostas do perímetro urbano de Jacobina-BA com o objetivo de realizar o monitoramento de áreas suscetíveis a processos erosivos acelerados.

2 METODOLOGIA

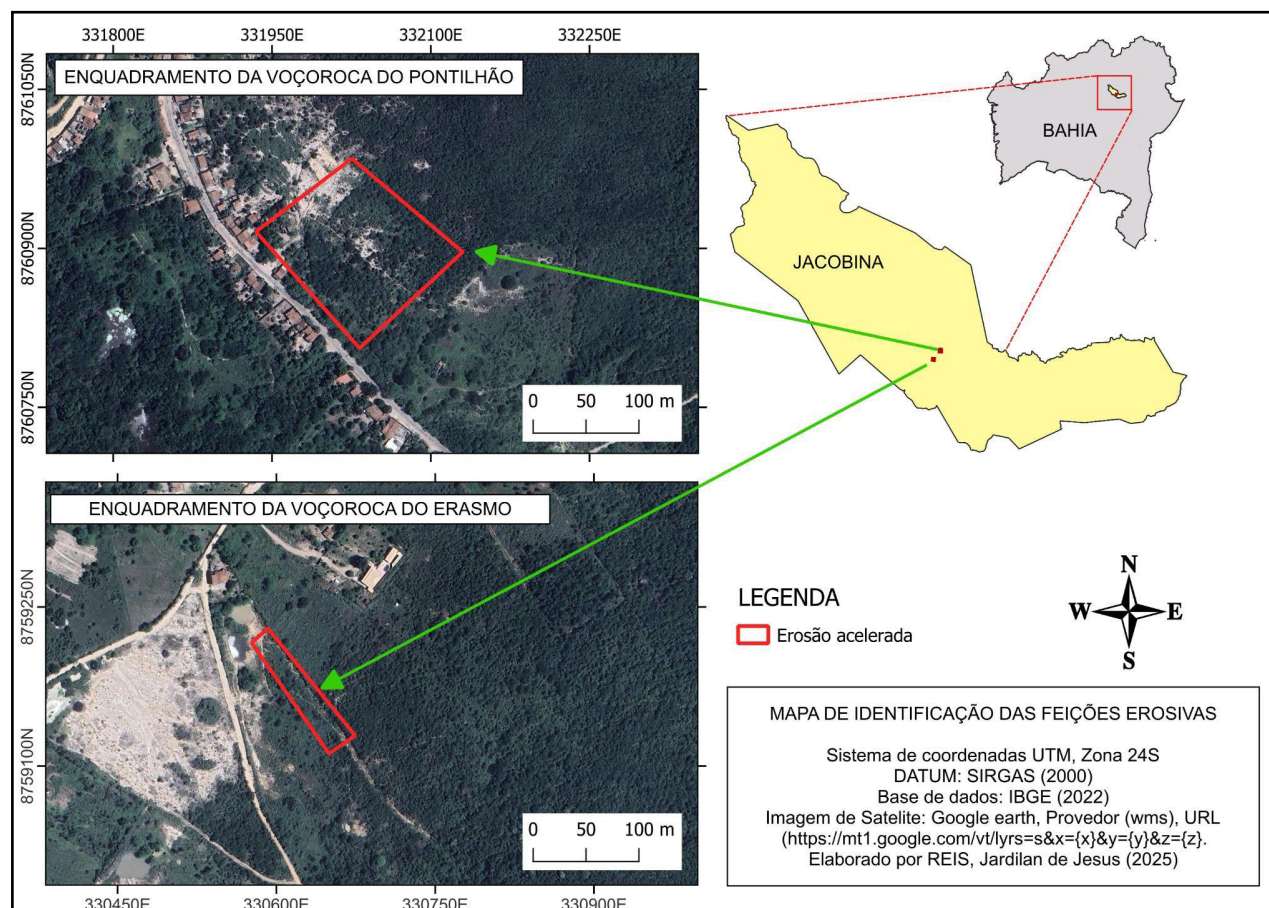
A tipologia desta pesquisa é descritiva, pois se propõe descrever e registrar fatos e fenômenos sobre determinada realidade, adotando-se para isso uma abordagem quantitativa, que se utiliza da linguagem matemática e recursos estatísticos para descrever as causas de um fenômeno e a sua relação entre as variáveis (Prodanov e Freitas, 2013).

2.1 Caracterização da área de estudo

O município possui uma área de 2.193 km² e uma população total de 82.590 entre os habitantes das zonas rurais e urbanas (IBGE, 2022). O presente trabalho foi realizado na porção sudeste de Jacobina-BA, no Piemonte Norte da Chapada Diamantina. A área da pesquisa está localizada na comunidade do Pontilhão, onde foi realizado o mapeamento de dois pontos (Figura 1), intitulados Voçoroca do Pontilhão e Voçoroca do Erasmo, que estão situadas respectivamente nas coordenadas -11.205362, -40.538574 e -11.220802, -40.551355, estando em uma

altitude média de 480 m acima do nível do mar. Em relação à sua pluviosidade, as áreas serranas apresentaram precipitação média acima de 850 mm, podendo alcançar até 1000mm (Pinheiro, 2004).

Figura 1 – Localização das áreas de estudo



Fonte: Elaborado por autor, 2025. Legenda: Identificação dos pontos com atuação de processos erosivos acelerados do tipo Sulcos, Ravina e Voçorocas no perímetro urbano de Jacobina –Bahia

Essa pesquisa torna-se relevante no âmbito socioambiental, por colocar em discussão os principais fatores que contribuem para o avanço de processos erosivos nas encostas do perímetro urbano de Jacobina-BA, evidenciando a gênese, as condições de vulnerabilidade ambiental e as práticas de monitoramento que corroboram para a compreensão do avanço da feição erodida. Para tanto, é importante salientar a comunidade do Pontilhão sobre a relevância do monitoramento e da adoção de técnicas conservacionistas, para a preservação e conservação do solo para uma visão de proteção ambiental.

2.2 Revisão bibliográfica e pesquisa de campo

Inicialmente foi realizado uma pesquisa e revisão bibliográfica em livros, artigos científicos, monografia, tese, dissertação e manuais técnicos que embasam a discussão sobre solo, erosão, voçoroca e métodos e técnicas de monitoramento e recuperação de áreas degradadas, como: Lepsch (2010-2011); Vieira (2008); Guerra e Jorge (2014); Oliveira (2004); Silva (2016); Guerra (2013); Embrapa, (2026); (Fao, 2019), entre outros.

A pesquisa de campo foi realizada no perímetro urbano da cidade de Jacobina, na comunidade do Pontilhão. Para a realização deste trabalho, foram feitas atividades de campo (Quadro 1), para a aplicação de técnicas e instrumentos metodológicos adequados ao objeto de estudo.

Quadro 1– Atividades de Campo

DATA	ATIVIDADES REALIZADAS
16/10/2021	Planejamento e construção coletiva do cronograma para a realização das atividades de campo na área de estudo.
22/01/2022	Reconhecimento da área de pesquisa, mapeamento e análise das áreas mais susceptíveis aos processos erosivos acelerados (sulcos, ravinas e voçorocas). Identificação dos principais pontos que apresentam feições erosivas com estágio evolutivo mais avançado, dentre as quais intitulamos como: Voçoroca do Pontilhão, Voçoroca do Erasmo e Densidade de Ravina.
29/01/2022	Primeira Medição da Voçoroca do Erasmo e Coleta de amostra de solos, Perfil 1 na área de Densidade de Ravinas para a análise química e física em laboratório.
12/03/2022	Seleção do local, descrição morfológica do Perfil 2 de solo, coleta de amostra de solos a partir do Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007) e Carta de Musell (Munsell, 1994), registrado na ficha de campo. Aplicação do Método de Estaqueamento adaptado (Guerra, 2013), para a análise dimensional da Voçoroca do Pontilhão.
07/05/2022	Seleção do local, descrição morfológica do Perfil 3 de solo, coleta de amostra de solos a partir do Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007) e Carta de Musell (Munsell, 1994), registrado na ficha de campo. Segunda Medição da Voçoroca do Erasmo e registro dos dados.
02/11/2022	Monitoramento do Método de Estaqueamento e medição para a análise do processo evolutivo acelerado da Voçoroca do Pontilhão. Mapeamento da área de estudo a partir de imagens de satélite do Google Earth® e do trabalho de Silva (2016).
07/09/2023	Medição e monitoramento da Voçoroca do Pontilhão; Confecção de mapas pelo <i>software Qgis®</i> .

Fonte: Elaborado por autores, 2025

2.3 Coleta de Solos

Foram realizadas coletas de amostras de solo em dois perfis distintos, na voçoroca do Erasmo e na voçoroca do Pontilhão, a descrição morfológica e análise físicas (granulométricas) e química (fertilidade) nas feições com erosivas aceleradas, a partir das orientações descritas no Manual Técnico de Pedologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007) e a *Carta de Munsell* (Munsell, 1994). Para evidenciar as propriedades desses 2 perfis de solo, avaliando a ligação com os processos erosivos em estágio avançado, foram feitas duas coletas de amostras de perfis de solo em locais diferentes, sendo uma em cada feição erosiva já mencionada.

Realizou-se ainda, o reconhecimento da área de estudo para determinar a escolha dos locais adequados para coleta de materiais, em seguida, realizamos a limpeza da área e a abertura de trincheiras manualmente, com o auxílio de ferramentas como a enxada, picareta, pá quadrada, martelo pedológico e faca, bem como, sacos plásticos transparentes de 5 kg, etiquetas adesivas e caneta para identificar as amostras para a análise química e física em laboratório, sendo este o (LAFSMA).

A primeira amostragem foi realizada na Voçoroca do Erasmo, situado na comunidade do Pontilhão, a princípio foi feita a abertura do perfil no meio da voçoroca para a coleta do material para análise química e física. A segunda coleta foi realizada na Voçoroca do Pontilhão, onde coletamos amostra de solo para a descrição morfológica do perfil na parte interior da voçoroca, para uma amostra mais precisa da feição, uma vez que, o material poderia ser remobilizado durante a construção das estradas de ligação a mina.

Desta forma, foi efetuado o trabalho de coleta de amostragem do solo, que teve os seguintes parâmetros: profundidade de aproximadamente 2 metros. Logo após, foi feito o exame de perfil para a separação dos horizontes ou sub-horizontes, a medição da espessura e a profundidade de cada camada, através da fita métrica para coleta dos materiais. Em seguida, realizamos um estudo no campo das características morfológicas

dos horizontes (cor, textura, estrutura, cerosidade, porosidade, consistência) com base no e registramos os dados na ficha de campo adaptado do IBGE (2007). A última etapa da metodologia aplicada foi a realização da análise dimensional e monitoramento por meio da adaptação do método de estaqueamento de Guerra, 2013; 2005), na voçoroca do Erasmo e o monitoramento por medições usando *Software Geogebra®*, com a adaptação da modelagem modelo tridimensional na Voçoroca do Erasmo.

2.4 Monitoramento e análise dimensional voçoroca do Erasmo

Para o monitoramento e análise dimensional do processo de erosão na Voçoroca do Erasmo, realizou-se duas medições entre 2021 e 2022 no período seco e chuvoso, medindo largura, profundidade e sua extensão a cada 2 metros e 50 centímetros usando uma trena de cinco 5 metros, os dados foram registrados na ficha de campo e repassado para *Excel* onde estabeleceu o quantitativo de perda de massa do solo. Para uma melhor compreensão do processo de evolução da voçoroca, foi feita uma comparação de visual entre imagem do início de formação dessa voçoroca, por meio do trabalho de Silva (2016), comparando com o trabalho desenvolvido atualmente em 2022-2023.

No final, foi pensado um cálculo matemático simples, para estimar o quantitativo de perda de solo da Voçoroca do Erasmo, que foi representada através de um modelo tridimensional no aplicativo dinâmico *Software Geogebra®*. Neste sentido, foi adaptado o cálculo triângulo, “triângulo negativo”, somando a extensão da Voçoroca, isso para trazer uma relevância maior à pesquisa, estimando o quantitativo de perda massiva de solo na área investigada.

Para calcular o valor do sedimento perdido, realizou-se várias sessões com triângulos ao contrário, multiplicando sua base pela profundidade como mostra a (tabela 1), os resultados foram somados e divididos por 56, valor total de pontos de medição, o valor do cálculo foi multiplicado por 140 m que é o comprimento total da feição. Por fim, utilizou o aplicativo *Geogebra®* para representar a voçoroca em três dimensões.

Tabela 1 – cálculo com uso de triângulos ao contrário

b= Base (m)			
A= Área (m ²)			
p= Profundidade (m)	A= b.p/2 (m ²)	A= St/56	Av= St.Cf (m ³)
St= Somatória dos triângulos			
Cf= Comprimento da feição (m)			
Av= Volume (m ³)			

Fonte: Elaborado por autores, 2025

2.5 Monitoramento e análise dimensional com Método de Estaqueamento na voçoroca do Pontilhão

Os métodos de avaliação de processos erosivos são comumente utilizados para a gestão e planejamentos ambientais futuros, entre os modelos se destaca a utilização do modelo empírico Equação Universal de Perda de Solo (USLE). Segundo Thompson; Fidalgo, (2013) e Chaúque (2025), a equação foi proposta por Wischmeier e Smith Smith (1978) para estimar a taxas de perda de sedimentos pela erosão em bacias hidrográficas e espaços agrícolas, mediante a utilização de parâmetros de erosividade da chuva, erodibilidade do solo, uso e cobertura e fatores topografia. Entre as aplicações, a USLE pode ser modificada e integrada ao uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Neste estudo para o monitoramento da Voçoroca do Pontilhão, foi executado através do método de estaqueamento proposto por Guerra, (2013); Guerra, (2005), que consiste em colocar estacas em torno de uma determinada feição que apresente erosão, para monitorar e analisar o quantitativo de material transportado pela dinâmica da erosão laminar.

O método de Guerra, (2013); Guerra, (2005), não define necessariamente o tamanho das estacas, desta forma, foi usado medidas que representem da melhor forma o estudo e a economia financeira dos pesquisadores. As estacas com tamanho de 50 centímetros foram fixadas 20 centímetros de profundidade no solo, deixando

30 centímetros expostos para localizar os pontos, foram numeradas de 1-26 no total com tinta óleo, assim, foi colocado em volta da feição de forma aleatórios de acordo a característica da voçoroca que se ramifica pelo terreno, as estacas foram colocadas com espaço de cinco 5 metros em relação a borda da voçoroca, com uso de uma trena de cinco 5 metros. O monitoramento foi realizado entre 2 anos entre os períodos chuvosos e secos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

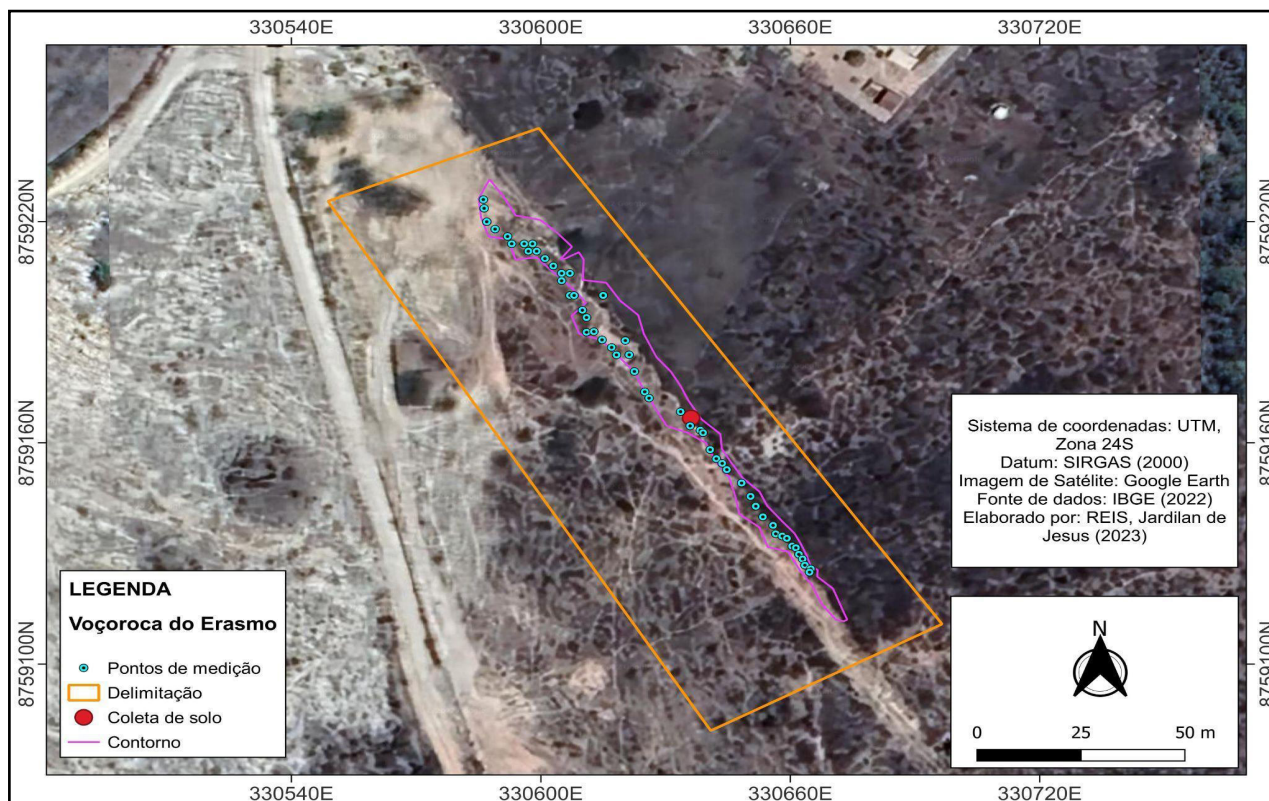
A partir do desenvolvimento histórico do processo de ocupação da área de estudo por Silva (2016), analisou-se O uso de imagens de satélites do Google Earth®, onde identificamos e selecionamos dois pontos, nomeados de: Voçoroca do Pontilhão e Voçoroca do Erasmo.

Os recortes com feições erosivas se encontram nas encostas da Serra de Jacobina próximo ao rio Itapicuru-Mirim e ao Rio Canavieira, no sentido sudoeste da zona urbana. Os dois pontos com processos erosivos apresentados neste estudo encontram-se com influência dinâmica dos fatores fisiográficos, geomorfologia, litologia, hidrologia e a fauna e flora presentes na região, importantes para a pedologia local.

3.1 Voçoroca do Erasmo

As medições realizadas na Voçoroca do Erasmo, no período chuvoso, durante o processo de monitoramento apresentaram um comprimento de 140 m no sentido da vertente. Tendo em vista o método de medição aplicado para determinar a análise dimensional da feição erosiva, observou-se a parte de 2 medições na área que houve variações mínimas de 1,30 m e máximas de 8,10 m de largura, e mínimas de 40 cm e máximas de 3,04 m de profundidade (Figura 2).

Figura 2 – Representação espacial dos pontos de medição da Voçoroca do Erasmo



Fonte: Elaborado por autor, 2023. Legenda: Visualização da medição realizada na Voçoroca do Erasmo no período chuvoso

O monitoramento realizado na Voçoroca do Erasmo no sentido da vertente evidenciou a atuação contínua de processos erosivos acelerados, que contribuem para a perda de massa do solo. Torres, (2012) aponta que a erosão areolar é onipresente nas encostas com uma constante remoção da camada do solo, sendo agravado pela topografia, o solo com alta erodibilidade e o manejo inadequado, removendo o horizonte superficial ou subsuperficial.

Foi possível observar a partir das atividades de monitoramento em campo que o relevo íngreme possibilitou o aumento da erosão hídrica, através do escoamento superficial (Figura 3). Além disso, a ausência da vegetação nos períodos secos (estiagem), (Figura 3 – A, C e D), que contribui para maximizar a erosão durante as fortes chuvas de verão (Figura 3 - B).

Figura 3 – Monitoramento, medição e coleta de pontos na Voçoroca do Erasmo



Fonte: Por autores, 2023. Legenda: Fig A – Representação de escala com aproximadamente (1,80m) identificando o grau de profundidade pelo fluxo hídrico. Fig B - Análise da perda de solo na feição erosiva. Fig C-D – Medição da largura das bordas e profundidade da feição erosiva

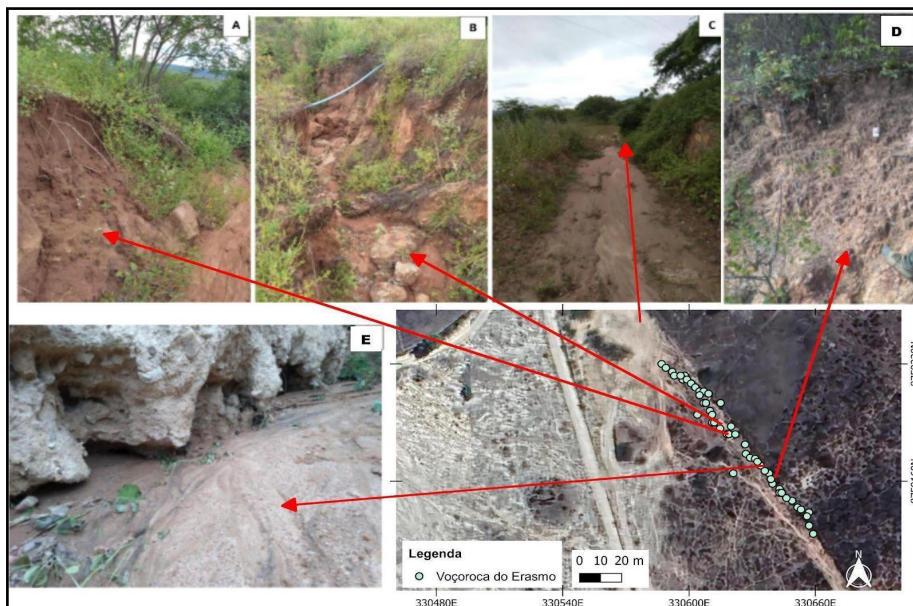
A remoção da cobertura vegetal foi um fator determinante para a intensificação dos processos erosivos nas formas da Voçoroca do Erasmo. A eliminação da vegetação na área estudada expôs o solo à ação de agentes externos, provocando a carreamento dos sedimentos.

Com base nas atividades de campo, foram identificados dentro da Voçoroca do Erasmo a formação de variados tipos de estruturas que indicam o processo de avanço da erosão hídrica, tais como: o *Solapamento* das bases com queda de blocos de solo, movimento de massa, filetes subverticais e erosão subsuperficial.

As formas encontradas são variadas por apresentar uma estrutura mais resistente às gotas de chuva do que outras, há também a influência das vertentes, como os pedestais, evidenciando a ocorrência contínua de processos erosivos no local.

Os sulcos e ravinas são indicadores do fluxo de erosão, são formados na superfície ou no interior da voçoroca onde a vegetação foi degradada, a figura 4 no período chuvoso.

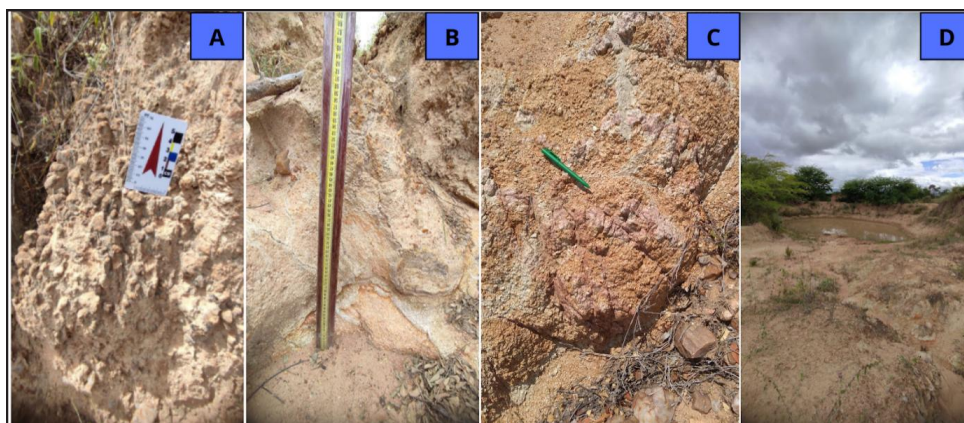
Figura 4 – Feições encontradas na Voçoroca do Erasmo



Fonte: Elaborado por autor, 2023. Legenda: Fig 04 – Recorte espacial com feições encontradas, indicando atuação de processo erosivo. Fig A - *Solapamento* das bases por fluxo hídrico. Fig B - *Solapamento* das bases (queda de blocos). Fig C - Sedimentos transportados ao longo da encosta para bacia de captação (período chuvoso). Fig D – Filetes subverticais. Fig E – Erosão subsuperficial

O avanço da voçoroca pode ser identificado pelas alcovas de regressão, que são esculpidas ao longo do tempo pelo fluxo hídrico sobre as bordas da feição erosiva, este processo ocorre em diferentes condições, são feições erosivas que podem ser observadas sob diferentes características da rocha matriz e o clima presente no local. Na figura (5), pode-se notar a atuação dinâmica da erosão junto com o intemperismo físico-químico.

Figura 5 – Identificação da ação exógena (Intemperismo-Erosão)



Fonte: Elaborado por autores, 2023. Legenda: Fig A – Nódulos de material não identificado. Fig B - Marcas de oxidação. Fig C - Rocha matriz exposta com intemperismo físico e químico (período seco). Fig D - Bacia de captação de sedimento (período chuvoso)

Durante as atividades de campo, notaram-se aspectos que contribuem para a análise mais precisa da ocorrência do processo erosivo no transporte e deposição do material. A bacia de captação estabelece uma relação de armazenamento de água e ao mesmo tempo o volume de perda do solo.

Por meio do monitoramento e as análises feitas em campo, foi possível identificar um crescimento significativo da Voçoroca do Erasmo. Para uma melhor visualização do avanço da erosão na área de estudo, foi realizando uma comparação de imagem do processo inicial de formação da voçoroca por Silva, 2016, (figura – 06), e o trabalho realizado atualmente 2023, ano que foi realizado as duas medições (figura – 07). A imagem exibida (figura – 07), foi tirada pensando o mesmo ângulo de visão da figura 6, para uma melhor visualização histórica da evolução das bordas da voçoroca do Erasmo, a referência usada foi a arvore e a casa ao fundo.

Figura 6 – Registro visual antigo da gênese da Voçoroca do Erasmo



Fonte: Silva (2016). Legenda: Imagem do início da gênese da voçoroca obtida através do trabalho de Silva, (2016)

De acordo com o monitoramento e a caracterização da voçoroca, observou-se um acentuado comportamento evolutivo, especialmente nos períodos chuvosos. Esse processo é evidenciado pelas formas erosivas já mencionadas, que demonstram a atuação da erosão hídrica.

Figura 7 – Registro da evolução da Voçoroca do Erasmo



Fonte: Por autor, (2023). Legenda: Comparação histórica da evolução da feição, voçoroca monitorada vista de cima para baixo, evidenciando o processo evolutivo. Teve como referência a árvore do canto direito e a casa ao fundo

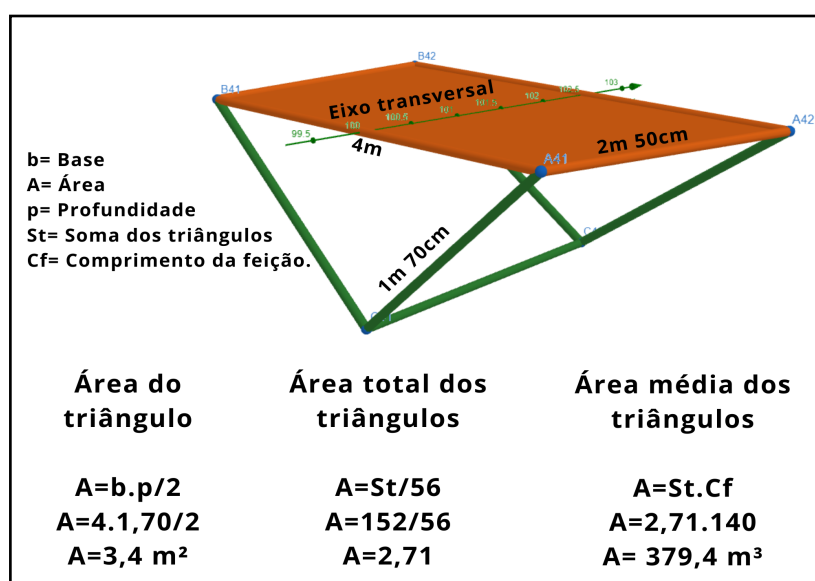
3.1.1 Representação da Voçoroca do Erasmo

De acordo com os dados obtidos para o uso do cálculo básico, foi possível estimar o quantitativo de perda do solo pela soma dos triângulos negativos, adaptada de Veiga (2007). O qual estabelece diversos métodos de cálculo, utilizando representações geométricas, para estimar o volume.

Dessa forma, utilizou-se o conceito de triângulos na fórmula, adaptando-a à nossa realidade, onde também foram aplicados outros cálculos básicos, como a média. Segundo Veiga (2007), é possível utilizar tais métodos para calcular malhas triangulares irregulares. Ressalta-se que o volume de cada sólido triangular deve ser calculado individualmente, uma vez que apresentam valores distintos, como mostra a (Figura 8).

A fórmula adaptada calcula a estimativa de perda de solo por meio da representação geométrica de dois pontos (p=41-42). A partir da avaliação da soma dos triângulos negativos foi possível identificar o valor de aproximadamente 379,4 m³.

Figura 8 – Representação tridimensional para o cálculo de perda de massa da Voçoroca do Erasmo

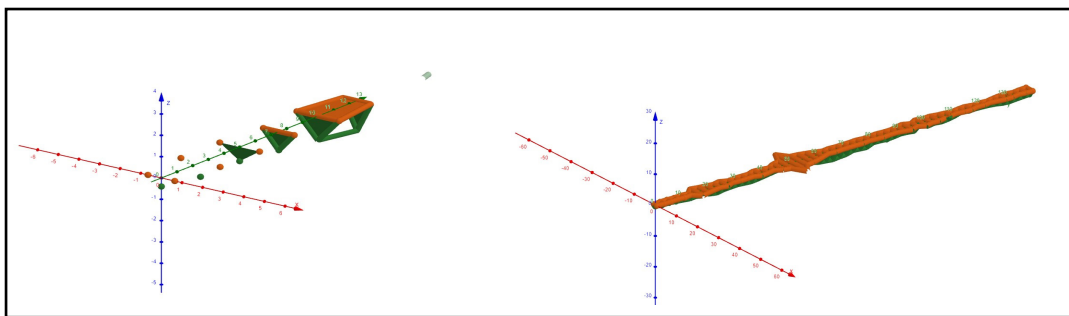


Fonte: Elaborado por autores, 2023. Legenda: Representações geométricas (triângulos negativos), mostrando a Voçoroca do Erasmo em 3D

Além disso, a feição pode ser representada de forma didática por meio do *software* de Geometria Dinâmica *GeoGebra*®. Essa abordagem é discutida por Fylano, citado por Lopes (2013), ao tratar da *Geometria Dinâmica*. O *Software* permite de forma simplificada investigar e descobrir formas diversas de aplicação, visando o melhor resultado de simulação 3D. O *software GeoGebra*® permite mostrar os objetos matemáticos em três diferentes representações: graficamente (pontos, gráficos de funções), algebricamente (coordenadas de pontos, equações) e nas células da folha de cálculo (Lopes, 2013. p. 636).

Assim, por meio dos triângulos representados na figura 8, foi possível ilustrar essa feição. Vale destacar que cada triângulo possui dimensões variadas, e a estimativa buscou ser a mais próxima possível da realidade, como mostra a figura 9.

Figura 9 – Representação tridimensional completa da Voçoroca do Erasmo

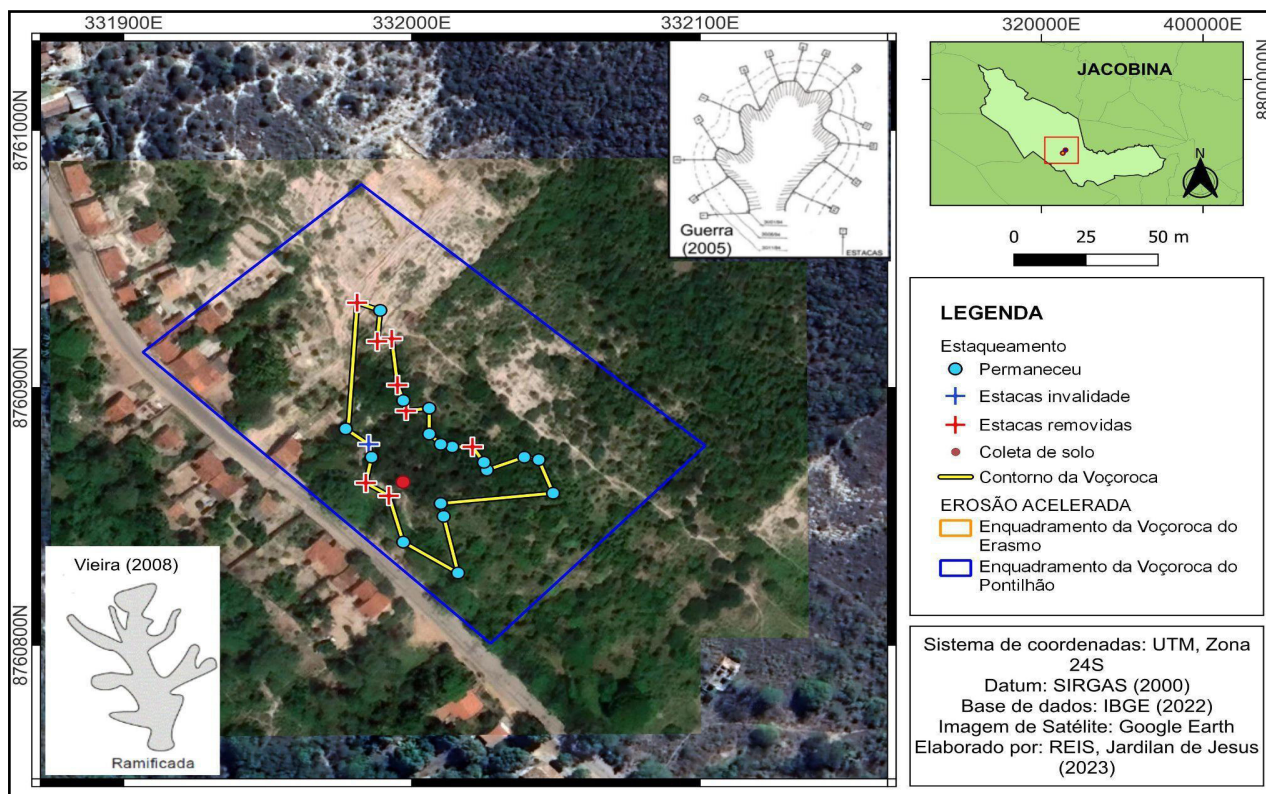


Fonte: Elaborado por autores, 2023. Legenda: Representações geométricas (triângulos negativos), mostrando a Voçoroca do Erasmo em 3D

3.1.2 Voçoroca do Pontilhão

Durante o período de monitoramento da voçoroca do Pontilhão (Fig. 10), observou-se um avanço significativo do processo erosivo. A feição erosiva foi identificada com formato ramificado aparentando o que mostra Vieira (2008).

Figura 10 – Identificação e monitoramento por estacas



Fonte: Elaborado por autor, 2023. Legenda: Enquadramento da voçoroca por monitoramento com estacas, evidenciando outras áreas que estão sendo atingidas por erosão

Esse crescimento progressivo pode ser compreendido avaliando o (Quadro 2), o qual apresenta um destaque para o crescimento crítico nas estacas (1, 11 e 12), principalmente na 1 estaca por apresentar início de *solapamento*, tendo uma variação de perda de massa do solo entre 20 cm a 1,10m de acordo a análise em todas as estacas.

Quadro 2 – Dados do monitoramento da Voçoroca do Pontilhão

	SECO	CHUVOSO	CHUVOSO	
ESTACAS	08/05/2022	02/11/22	07/09/23	DIFERENÇA
Estaca 1	5m	4,20m	3,90m	1,10m
Estaca 2	5m	5m	4,80m	20cm
Estaca 3	5m	5 m	5m	Se manteve
Estaca 4	5m	5m	4,80m	20cm
Estaca 5	5m	5m	5m	Se manteve
Estaca 6	5m	5m	5m	Se manteve
Estaca 7	5m	5m	5m	Se manteve
Estaca 8	5m	5m	4,80m	20cm
Estaca 9	5m	4,80m	Removida	Removida
Estaca 10	5m	5m	4,80m	20cm
Estaca 11	5m	4,90m	4,70m	30cm
Estaca 12	5m	4,40m	4m	1m
Estaca 13	5m	4,80m	4,80m	20cm
Estaca 14	5m	5m	Removida	Removida
Estaca 15	5m	5m	5m	Se manteve
Estaca 16	5m	Removida	Removida	Removida
Estaca 17	5m	Removida	Removida	Removida
Estaca 18	5m	Removida	Removida	Removida
Estaca 19	5m	5m	5m	Se manteve
Estaca 20	5m	Removida	Removida	Removida
Estaca 21	5m	5m	Removida	Removida
Estaca 22	5m	5m	5m	Se manteve
Estaca 23	5m	5m	Inválida	Inválida
Estaca 24	5m	5m	4,90m	10cm
Estaca 25	5m	4,80m	Removida	Removida
Estaca 26	5m	4,90m	4,90m	20cm
TOTAL DE AVANÇO				3,7m

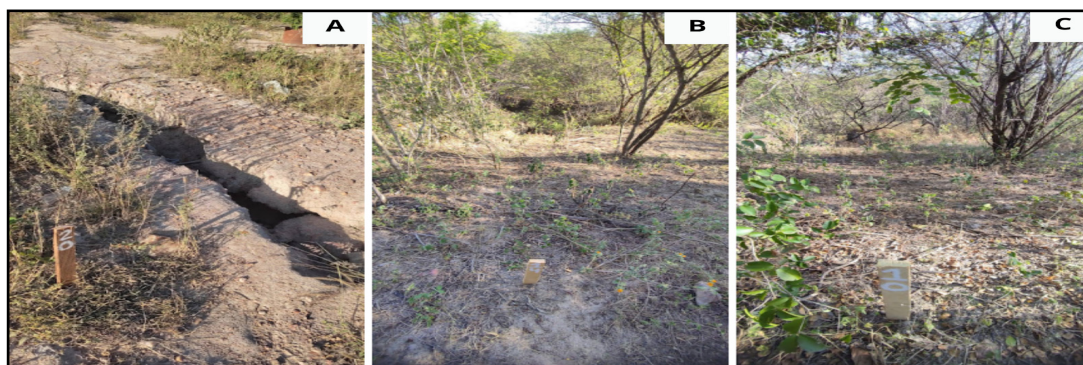
Fonte: Elaborado por autor, 2023

As alcovas de regressão são potencializadas pela atuação do processo erosivo, onde escava as bordas da feição em subsuperfície, causando o solapamento das bordas.

Cabe destacar que durante todo processo de atividade em campo para o monitoramento, notou-se a remoção de 8 estacas (9, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 25) e a invalidação de uma (23), o que dificultou a avaliação mais precisa da estimativa de perda do solo. Houve de acordo com os dados um avanço correspondente a 3,7m, com uma média aproximada de 14,2% remoção do solo pela erosão durante um curto período de tempo, levando em conta o tempo geológico.

A figura 11 demarca a posição das estacas, de acordo com a metodologia adaptada de Guerra, (2005), que estabelece um certo distanciamento das bordas para que possa ser analisado durante o monitoramento do seu processo de avanço.

Figura 11 – Monitoramento da Voçoroca do Pontilhão



Fonte: Elaborado por autores, 2023. Legenda: Estacas (20, 4 e 10), pontos do processo de monitoramento

A partir da análise e monitoramento pode-se classificar essa voçoroca de acordo sua característica vista no espaço, como uma voçoroca ramificada como mostra Vieira (2008), onde se ramifica pelas vertentes seguindo o fluxo de erosão laminar.

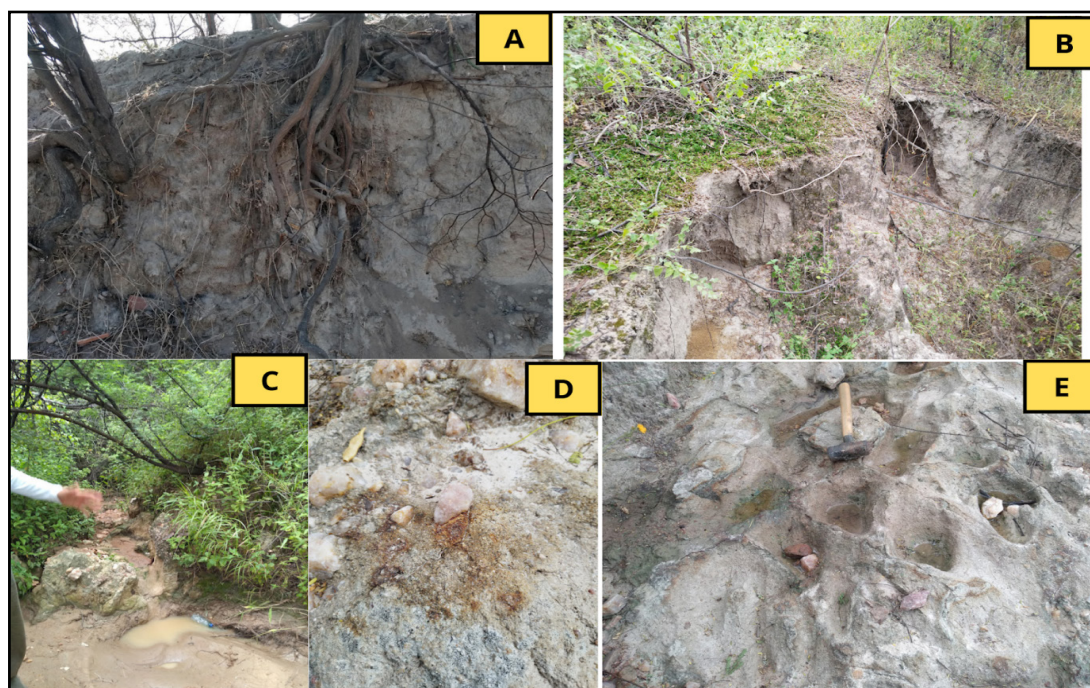
O solo é o elemento fundamental para a manutenção dos ecossistemas. De acordo com Vieira (2005); Silva (2016), os principais tipos de solos compreendidos e identificados nessa região, são prioritariamente os Cambissolos eutróficos, Latossolos ácrico ou distróficos, Nitossolos eutróficos e Neossolos litólicos.

Segundo Pinheiro (2004), o grau de profundidade, a evolução e o teor de matéria orgânica no solo, é palco direto de influência no balanço morfogênese e

pedogênese. Os solos envelhecidos mais profundos, bem drenados com textura grosseira e grandes quantidades de matéria orgânica apresentaram em se um grande potencial de infiltração favorecendo a pedogênese, porém, os solos menos profundos com mais teor de argila, são solos jovens, onde em sua maioria apresentam taxas e volumes mais baixos de infiltração, que por sua vez favorece a morfogênese. Evidencia-se então, uma forte ligação da paisagem na formação dos solos e na dinâmica dos processos erosivos.

Durante o período de monitoramento, foi identificado sinais da atuação dos processos erosivos ocorrido na voçoroca do Pontilhão (fig 12, A-B e C). Com base nos dados apresentados, é possível observar um avanço significativo da erosão e a degradação do solo em pontos críticos, que foram mais intensamente afetados pela remoção dos sedimentos. Tal processo resultou na retirada de nutrientes das camadas superiores do solo, até alcançar o material inconsolidado e impermeável, o que impede a infiltração da água (fig 12 D-E).

Figura 12 – Indicativos de Erosão



Fonte: Elaborado por autores, 2023. Legenda: Fig A – Raízes expostas evidenciando o grau de erosão vertical no local. Fig B – Alcovas de regressão. Fig C – Material inconsolidado, no sentido do escoamento hídrico. Fig D – Por ação do hidromorfismo. Fig E – Material inconsolidado, impermeável barrando a ação hídrica

O processo de oscilação presente neste local forma as manchas de oxidação. Para Toledo (2009), a formação de oxidação ocorre por meio da alteração de minerais pelo intemperismo químico, principalmente de materiais ferromagnesianos, onde se oxida formando outros minerais ferruginosos.

Com a chegada do período seco e a queda da folhagem na vegetação (figura 13-14), podemos observar a dimensão da quantidade de sedimentos que já foi removido ao longo do tempo no local de estudo, a (fig 13 – A) mostra uma das medições feitas na estaca 1, a qual houve um maior avanço de acordo os dois períodos de medições. Pode-se também visualizar neste local, o buraco com as raízes expostas devido a erosão (fig 14 – B, na mesma imagem podemos compreender um pouco a profundidade de feição nesse ponto, foi retirada essa foto onde estou presente, meu tamanho é de 1,86 cm, findo praticamente no mesmo sentido das bordas da feição.

Figura 13 – Avanço da erosão e degradação ambiental



Fonte: Elaborado por autores, 2023. Legenda: A (Fig A) mostra o solapamento da borda na estaca 1

Figura 14 – Voçoroca do pontilhão e sua dimensão erosiva



Fonte: Elaborado por autores, 2023. Legenda: A (Fig B) evidencia o grau de degradação ambiental presente no local de estudo (Voçoroca do Pontilhão)

A partir da figura 14, pode-se analisar os aspectos presentes na paisagem e a problemática da erosão, observa-se a exposição das raízes da árvore pela remoção e transporte de sedimentos durante os períodos de chuva, outro fator de degradação neste registro é a remoção da vegetação local.

3.1.3 Coleta de Solo Coleta de Solo e descrição morfologia na voçoroca do Erasmo

Para uma melhor compreensão dos pontos de estudo, houve a coleta e descrição morfológica de perfis de solo, analisando também as propriedades química e física, os perfis foram retirados no meio das feições com atuação dos processos acelerados. Como mostrado nas figuras 15 – A1 (Voçoroca do Erasmo) e figuras 15 - C (Voçoroca do Pontilhão).

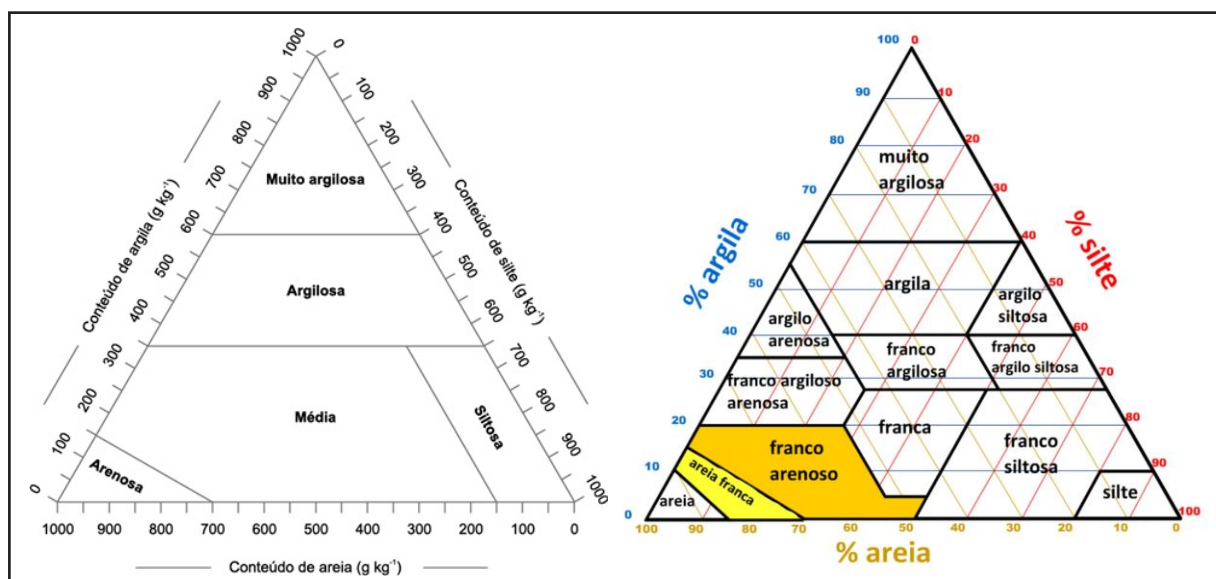
Para realizar a classificação do tipo de solo presente no local, foi utilizado o triângulo textural, que determina a proporção de areia, silte e argila que contém no solo (fig. 16).

Figura 15 – Perfis de solo nas voçorocas do Erasmo e do Pontilhão



Fonte: Elaborado por autores, 2023. Legenda: A1 - Classificado como Cambissolo na Voçoroca do Erasmo (período seco). C - Perfil de solo na Voçoroca do pontilhão no período seco (classificado como Planossolo)

Figura 16 – Análise física do solo na voçoroca do Erasmo



Fonte: Santos, (2005)

Fonte: Adaptado de Quoos, (2026)

Legenda: Triângulo textural por grupo e Triângulo Textural

Os dados obtidos através do laboratório (LAFSMA), classificou a textura do solo por (g kg^{-1}), que define os tipos de textura por agrupamento de mais de um tipo de granulometria. A análise física mostra no perfil 1 (fig 15 – A1), o horizonte A, com 16 cm teve areia total de 741, silte igual a 208, argila com 51, sendo classificado como franco arenoso presente, o (horizonte E) com 16-92 cm teve valores parecidos (franco

arenoso), o horizonte B textural (Bt) com areia total de 799, silte 149 e argila 52 foi classificado como areia franca, assim como o horizonte C que aprestou valor de areia total 782, silte 160 e argila 58, sendo classificado também como areia franca.

O perfil 2 (fig 15 – C), é formado por várias camadas. Como: horizontes A com areia total de 787, silte 163 e argila 50, sendo classificado como areia franca, o C1 com areia total de 796, silte 164 e argila 40 e o C2 e C3 que apresentaram valores parecidos foram classificados como (franco arenoso), o C4 que teve valores iguais ao (A) foi classificado como (areia franca). No geral, todos os dois perfis apresentaram valores altos de concentração de areia em seus horizontes superficiais e superficiais (horizonte A, C1 e C2 com 796 dag/kg e C2 com 820 dag/kg), presentes no grupo textura média e arenosa.

Para Vieira (2008), a suscetibilidade do solo aos processos erosivos se dar por meio da textura, contudo, outras propriedades do terreno podem influenciar a erosão, “destacam-se a textura (combinação granulométrica dos solos), a densidade aparente (compactação do solo); a estabilidade dos agregados e o teor de matéria orgânica”, fatores condicionantes da erodibilidade (Vieira, 2008. p. 48). Lepsch (2010), corrobora apontando que “além da textura, permeabilidade e profundidade, o grau de fertilidade do solo também influi na sua maior ou menor erodibilidade. Um bom desenvolvimento das plantas propicia uma melhor proteção” (Lepsch p. 195. 2010).

As análises químicas de Macronutrientes realizadas no Perfil N° 1 (tabela 2), mostra o baixo teor de alguns elementos químicos que são essências para o bom desenvolvimento do solo, deixando firme e resistente ou processo erosivos. Os 4 horizontes do solo são constituídos por um Potencial Hidrogeniônico - pH um pouco a baixo da media, proporcionando um solo mais ácidos, outros elementos fundamentais para o desenvolvimento da vegetação, como: Fosforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), e Enxofre (S), são encontrados com baixo teor, apresentando um mal desenvolvimento do solo, com baixa concentração desses nutrientes somadas ao baixo teor de matéria orgânica (M.O), possibilitam que o solo fique mais suscetível a todo tipo de erosão, tendo em vista que a falta de matéria

orgânica deixa a estrutura física do solo comprometida, com partículas mais soltas, e baixa atividade biológica, facilitando assim a remoção de nutrientes e sedimentos. (Gomes, 2013. p. 78), destaca a importância de usar práticas conservacionistas, como cobertura morta e outras técnicas que protegem o solo. Esses métodos ajudam a evitar a erosão, pois não deixam o solo exposto e ainda fornecem matéria orgânica, mantendo sua estrutura estável.

Tabela 2 – Análise química do solo nas voçorocas do Erasmo e Pontilhão

Tabela 2 - Perfil Nº1. Análise Química - Macronutrientes (Mg/dm3) na Voçoroca do Erasmo													
	mg/dm3			Cmolc/dm3.....						%.....			
	PH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	S	CTC	V	M.O
A	5.56	14	44	2,7	2,0	0,7	0,2	2,36	0,056	2,86	5,22	54,78	0,30
E	5.20	6	36	2,0	1,6	0,4	0,1	2,13	0,040	2,13	4,71	45,22	0,23
Bt	4,12	3	27	2.0	1,4	0,6	0,0	2,60	0,040	2,10	4,70	44,68	0,14
C	5.76	1	14	4,2	3,3	0,9	0,05	2,0	0,040	4,27	6,27	68,10	0,20

Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Legenda: Tabela de macronutrientes usada para evidenciar o baixo teor de nutrientes presente no perfil de solo

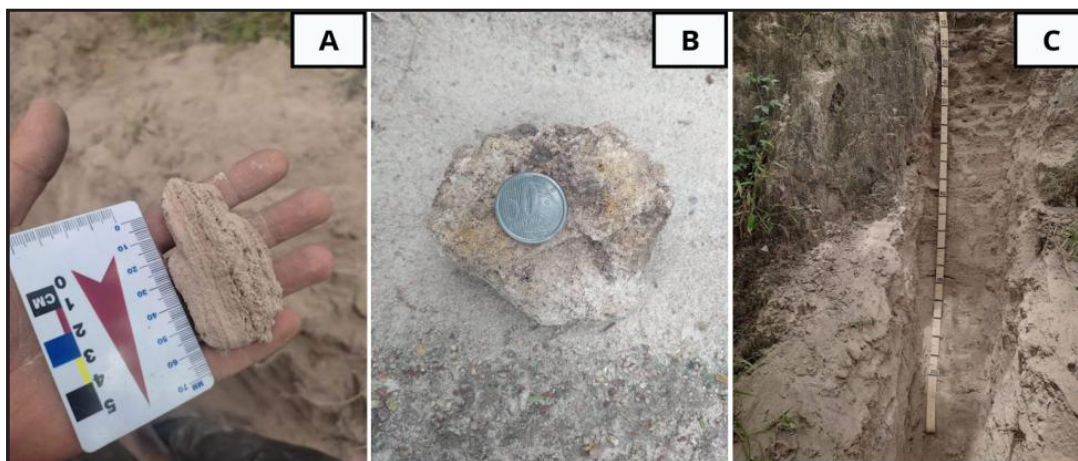
A grande concentração de áreas visto no triângulo textural, possibilita a formação de partículas instáveis, facilitando o seu transporte. Na descrição morfológica em campo, identificou a maioria dos horizontes com estrutura de grãos simples e blocos subangulares com cerosidade inexistente.

Diante da coleta de solo e análise em campo no perfil 2 (fig 17 – A-B-C), foi encontrada algumas marcas de ação hídrica, com transporte e deposição de sedimentos em camadas.

Nota-se por meio das características morfológicas, uma variação de finas camadas texturais presente em um dos horizontes inferiores (fig. 17 – A), o qual apresenta uma mudança de grãos de areia grossa para a mais fina. A principal hipótese para a formação deste perfil, é que possivelmente em tempos passados, este era um ambiente de cheias com alta capacidade de transporte de sedimentos pelo curso de águas turbulentas. Grotzinger et al (2013), aponta que “é o movimento do fluxo de

água que se misturam em espirais e turbilhões, o turbilhonamento do fluxo, pode ser baixo ou alto dependendo de sua velocidade, geometria e viscosidade.

Figura 17 – Indicativo de ação hídrica



Fonte: Elaborado pelos autores (2023). Legenda: Fig A – Amostra de horizonte com características fluviais. Fig B - Amostra de marca de ferro. Fig C – classificado como Planossolo (Perfil °02)

Para este autor, “os fluxos turbulentos, dependendo de sua velocidade, podem mover partículas que variam desde o tamanho de argila até seixo e calhau” (Grotzinger, 2023. p. 516). Desta forma, os sedimentos transportados pelo fluxo hídrico podem variar de acordo com sua “competência” de carga do material suspenso no leito do rio, é sua deposição depende diretamente da “velocidade de decantação”. Isso torna possível, já que há o rio Itapicuru-Mirim que liga com a Lagoa Antônio Teixeira Sobrinho próximo ao local, formando uma planície de inundação.

Em relação as propriedades químicas do solo neste perfil, o que é de suma importância para a troca de elementos químicos de ligação das partículas do solo, pode-se observar através dos resultados um valor relativamente baixo do Potencial hidrogeniônico - pH em todos os horizontes com valor >6.54 Ph, sendo considerado levemente ácido, assim também como baixos níveis de matéria orgânica (M.O), o valor mais elevado de M.O foi de 0,67% (horizonte A) e o menor valor foi de 0,10% (horizonte C1), a composição de M.O, nos outros horizontes estão dentro desse limite máximo e mínimo, como mostra a (tabela – 3).

Este fator, ocasiona a acidificação e redução mineral do solo, tornando menos fértil para as vegetações menos resistentes, assim também, como deixa as partículas do solo sem ligação, tornando soltas e sucessível a erosão.

Tabela 3 – Análise física do solo na Voçoroca do Pontilhão

Perfil N°2 - Análise Química - Macronutrientes (Mg/dm ³) na Voçoroca do Pontilhão													
	mg/dm ³				Cmolc/dm ³					%.....			
	PH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	S	CTC	V	M.O
A	5.20	20	61	2,0	1,3	0,7	0,1	2,57	0,040	2,19	4,76	46,08	0,67
C1	4.70	10	40	1,5	0,9	0,6	0,05	2,70	0,024	1,62	4,32	37,5	0,10
C2	4.12	5	30	0,6	0,3	0,3	0,0	3,34	0,040	0,71	4,05	17,75	0,11
C3	4.10	3	18	0,6	0,3	0,3	0,4	3,74	0,024	0,67	4,41	15,19	0,16
C4	4.17	2	18	0,8	0,5	0,3	0,1	2,96	0,040	0,88	3,84	22,91	0,17
CB	4.20	1	15	2,0	1,2	0,8	0,05	2,70	0,016	2,05	4,75	43,15	0,10

Fonte: Elaborado pelos autores (2023). Legenda: Tabela de macronutrientes usada para evidenciar o baixo teor de nutrientes presente no perfil de solo

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, nota-se que nas últimas décadas a degradação do solo por meio da erosão hídrica vem causando inúmeras consequências socioambientais, perda dos horizontes do solo, redução de nutrientes, assoreamento das redes hídricas, entre outros, que podem ser intensificadas pelas ações antrópicas. Nesse sentido, este trabalho buscou analisar a influência dos fatores condicionantes na evolução das feições erosivas, localizadas no perímetro urbano do município de Jacobina-BA, para a aplicação de técnica de monitoramento da área, através do método de estaqueamento, além de propor medidas de prevenção e recuperação da área degradada.

A monitoramento através a modelagem tridimensional realizada na voçoroca do Erasmo se torna importante para identificar e analisar as mudanças ocorridas na voçoroca, tanto na dinâmica de modificação natural ou atuações antrópicas no local, mesmo que de forma simplificada com uso de ferramentas como o *software* de Geometria Dinâmica *GeoGebra*®.

O uso dessa ferramenta possibilita a compreensão um pouco detalhada da feição em um modelo com três dimensões (comprimento, largura e profundidade), facilitando cálculos de volume de solo perdido e possivelmente avaliações futuras, para o planejamento e boa gestão no manejo e conservação do solo. O método não é muito preciso para análises avançadas, porém pode ser usado para estudos e planejamento de recuperação de áreas degradadas.

Com base nos aspectos analisados, foi possível constatar um alto índice de fragilidade ambiental, em decorrência do uso e manejo inadequado do solo, da baixa capacidade de armazenamento de água, que aumenta o escoamento superficial, a retirada da cobertura vegetal, a declividade do terreno e a presença de solos com textura superficial arenosa, que geralmente são mais suscetíveis à erosão.

Apartir das técnicas de campo e da implementação do método de estaqueamento para a análise dimensional da voçoroca, observamos que houve avanços significativos na evolução das feições erosivas entre o período de 2022 a 2023. Sendo assim, é preciso implementar técnicas de monitoramento e recuperação de voçoroca a fim de conter avanços nessa área.

Desta forma, espera-se que a partir dos resultados explanados, o poder público municipal possa realizar ações de orientação técnica em parceria com as secretarias de meio ambiente e agricultura, quanto ao uso mais adequado do solo, além de criar políticas e ações voltadas para o planejamento ambiental, levando a Educação Ambiental e a adoção de práticas conservacionistas junto às comunidades afetadas para a conservação do solo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente à Deus, pela graça da vida e por direcionar o nosso desenvolvimento profissional e pessoal, na realização deste trabalho. Em especial, minha mãe, Geiza de Jesus, por todo apoio e ensinamento, por acreditar em mim. Meus amigos e colegas, Emerson e Paulo Fernandes (autor1).

Aos meus pais, Ana Lúcia e Antônio Carlos e minha irmã Luana que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória. Dedico essa pesquisa, em memória a minha avó Ana Lindaura, pelos momentos de apoio e incentivo, por ser a base da minha vida, a minha prima Arlete e as minhas amigas loglesia Maria, Josiane e Nathalia (autor2).

Agradecemos ao nosso orientador Prof. Dr Marcos Paulo Souza Novais, e nosso coorientador Leandro Pereira da Silva, por todo apoio e paciência em nos guiar no avanço desta pesquisa. Gratidão por tudo! Ao (PIBIC) pelo financiamento da pesquisa e incentivo à construção de pesquisa científica.

Os nossos agradecimentos ao LTDA, Cruz das Almas, por todo suporte na análise das amostras, e aos professores do IFBA Campus Jacobina, Frederico Zogheib e Baldoíno Dias Neto por todo apoio. Muito obrigado!

REFERÊNCIAS

CHAÚQUE, José Domingos. **Aplicação qualitativa do modelo RUSLE na análise da susceptibilidade do solo à erosão com recurso aos sistemas de informação geográfica, caso de estudo:** Distrito de Boane. 2025.

COELHO, M. R *et al.* **Erodibilidade dos solos do Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1170044/erodibilidade-dos-solos-do-brasil>. Acesso em: 20 de abril de 2026.

EMBRAPA, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS. **Definição de Solo**. 2026. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/definicao-de-solo>. Acesso em: 01 de maio 2026.

FAO. **Diretrizes Voluntárias para a Gestão Sustentável dos Solos**. Roma. 2019. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e80570be-2c2b-4afc-9ec2-9583c2ffc0ef/content>. Acesso em: 01 de maio de 2026.

FONSECA, R. da S. C. Capítulo 12: Impacto das ações antrópicas na degradação dos Solos. p. 178. *In*: FERREIRA, C. T; SOUZA, M. L. p. 211. 2022. **Solo:** panorama da formação, uso, degradação e conservação. Disponível em: https://www.fepaf.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Solo-Panorama-da-formacao-uso-degradacao-e-conservacao_compressed.pdf. Acesso em: 01 de maio 2026.

GOMES, M. A; LOBO, L. M; ALVARENGA, A. de P. **Conservação dos solos:** percepção, conhecimento e adequação do manejo. Viçosa, MG: EPAMIG, 2013. Disponível em: <https://www.livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/07/Livro-Conservacao-dos-solos.pdf>. Acesso em: 19 abril de 2026.

GROTZINGER, John; JORDAN, Tom. **Cap. 19. Transporte Fluvial:** Das montanhas aos oceanos. In: GROTZINGER, John; JORDAN et al, Tom. Para Entender a Terra. ed. 6. Bookman. Porto Alegre. p. 506-522. 2013.

GROTZINGER, John; JORDAN, Tom. **Para Entender a Terra.** Porto Alegre: Bookman. ed. 6. 2023. p. 738.

GUERRA, Antônio José Teixeira. **Experimento e monitoramento em erosão dos solos.** Revista do Departamento de Geografia. 2005. p. 32-37.

GUERRA, Antônio José Teixeira. **Processos Erosivos nas Encostas.** In: CUNHA; Sandra Baptista da. Geomorfologia: Exercícios, técnicas e aplicações. Organizadores. 6. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2013. p. 140-152.

GUERRA, Antônio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira. **Degradação dos Solos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 320.

GUERRA, Antônio José Teixeira; SILVA, Antônio Soares; BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. **Erosão e Conservação dos Solos:** Conceitos, Tema e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 340.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico.** 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/jacobina.html>. Acesso em: 05 jan 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha Municipal 2022.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: [ibge.gov.br](https://www.ibge.gov.br). Acesso em: 7 maio 2026.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de geociência nº4/ Manual técnico de pedologia.** ed. 2. 2007.

LEPSCH, Igo F. **Formação e conservação dos solos.** Oficina de textos, 2010.

LEPSCH, Igor F. **19 Lições de pedologia.** São Paulo. Oficina de Textos, 2011.

LOPES, Maria Maroni. Sequência didática para o ensino de trigonometria usando o software GeoGebra. **Bolema:** Boletim de Educação Matemática, v. 27, p. 631-644, 2013.

MELO, Roseli Freire de; VOLTOLINI, Tadeu Vinhas. **Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido.** Editores técnicos. – Brasília, DF. Embrapa, 2019.

MUNSELL COLOR. **Munsell soil color charts.** Baltimore: Munsell Color, 1994

OLIVEIRA, Victoria Christina Vilela. **Suscetibilidade e Risco à Erosão Laminar no Setor Sul do Alto Curso da Bacia do Rio Araguaia (Go/MT):** Discussão Metodológica e Proposta de Avaliação Espacial. Universidade Federal de Goiás. Instituto de Estudos Socioambientais. PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA. Goiânia - Mato Grosso. 2004.

PINHEIRO, Cristiane Freitas. **Avaliação geoambiental do município de Jacobina-Ba através das técnicas de geoprocessamento:** um suporte ao ordenamento territorial. Salvador, 2004.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico:** Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUOOS, João. Triângulo Texturizado. **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC.** Disponível em: https://docente.ifsc.edu.br/joao.quoos/textura_solo/textura.html. Acesso em: 19 abril de 2026.

SANTOS, H. G dos S *et al.* Sistema brasileiro de classificação de solos. **EMBRAPA.** Brasília. DF, ed. 5. 2018. Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em 20 de abril de 2026.

SILVA, Leandro Pereira da. **Caracterização e Monitoramento da Erosão de Solos em Áreas de Extração de Agregados da Construção Civil em Jacobina, Bahia.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências. Salvador - Bahia. 2016.

SOBIRES, P. D., FERNANDES, G. H. A., SANTOS, M. A. de C., OLIVEIRA, M. H., NETO, G. K., OLIVEIRA, A. H. **Aspectos legais da conservação do solo e da água no Brasil.** 2024. <https://doi.org/10.55905/oelv22n6-049>.

THOMPSON, Dayse; FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso. **Estimativa da perda de solos por meio da equação universal de perdas de solos (USLE) com uso do invest para a bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu.** 2013.

TOLEDO, M. Cristina Motta de. OLIVEIRA, Maria Barros de. MELFI, Adolpho José. In. **Da rocha ao solo:** intemperismo e pedogenese. Cap. 8. TEIXEIRA, Wilson *et al.* Decifrando a terra. 2009.

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; NETO, Roberto Marques; MENEZES, Sebastião de Oliveira. **Introdução a Geomorfologia.** São Paulo: Cengage. 2012.

VEIGA, Luís Augusto Koenig. **Notas de aula GA033 – Levantamentos Topográficos II.** 2007.

VIEIRA, Ângelo T. *et al.* **CPRM – Serviço Geológico do Brasil.** Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Diagnóstico do Município de Jacobina, Estado da Bahia. Salvador: CPRM/PRODEEM, 2005. p. 1-27.

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM):** Principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, SC. 2008.

Contribuições de autoria

1 – Jardilan de Jesus Reis

Graduado em Licenciatura em Geografia pela Universidade do Estado da Bahia

<https://orcid.org/0000-0002-1468-9035> • jesusjardilan99@gmail.com

Contribuição: Identificação e curadoria de dados, metodologia, escrita, revisão e edição

2 – Luciana Silva Andrade dos Santos

Graduanda em Licenciatura em Geografia pela Universidade do Estado da Bahia

<https://orcid.org/0009-0003-6071-8559> • lucianasantosandrade24@gmail.com

Contribuição: Identificação e curadoria de dados, metodologia, escrita, revisão e edição

3 – Marcos Paulo Souza Novais

Doutorado em Geografia Física pela Universidade de São Paulo

<https://orcid.org/0000-0002-0532-3744> • mnovais@uneb.br

Contribuição: Administração do projeto, orientador, metodologia, revisão

4 – Leandro Pereira da Silva

Mestrado em Geologia pela Universidade Federal da Bahia

<https://orcid.org/0009-0007-8098-9742> • leandrogeo21@gmail.com

Contribuição: Orientador, conceituação, metodologia, revisão, análise de fluxograma, tabela, gráfico

Como citar este artigo

REIS, J. J.; SANTOS, L. S. A.; NOVAIS, M. P. S.; SILVA, L. P. Processos erosivos acelerados nas encostas do perímetro urbano de Jacobina-BA. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 30, e93190, 2026. Disponível em: 10.5902/2236499493190. Acesso em: dia mês abreviado. ano.