



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 10, nº 2 (2024)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2024v10n2ID35912>



Predição de perdas de solo e apreensão agrotecnológica no Sertão Alagoano

Prediction of soil losses and agrotechnological seizure in the Sertão Alagoano

Nathanael Cabral Cirilo¹; Claudia Csekö Nolasco de Carvalho²; Lander de Jesus Alves³ Fabio Carvalho Nunes⁴

¹ Universidade Estadual de Alagoas/Zootecnia, Santana do Ipanema /AL, Brasil. Email: nathanael.cabral.12@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4255-3603>

² Universidade Estadual de Alagoas/Zootecnia, Santana do Ipanema /AL, Brasil. Email: claudia.cseko@uneal.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2807-2829>

³ Universidade Estadual de Santa Cruz/PPGBM, Ilhéus/BA, Brasil. Email: ljalves@uesc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4448-6594>

⁴ Instituto Federal Baiano/Campus Santa Inês, Cidade/BA, Brasil. Email: fabio.nunes@si.ifbaiano.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5954-397X>

Resumo: A erosão acelerada do solo é um problema ambiental relacionado a forma de ocupação e uso das terras e compromete as funções de produção, biótica e reguladora do clima. No semiárido, a perda de produtividade e a expansão do fenômeno de desertificação é pouco associada aos processos erosivos e relacionada a seca pelos agricultores. A avaliação da erosão no município de Poço das Trincheira-AL através da Equação Universal de Perdas de Solo, relaciona seu impacto a perda de produtividade e mudanças de uso correlacionando os resultados com dados do censo agropecuário IBGE e de desmatamento do MapBiomias de 2010 a 2021. O mapa de erosão predito teve acurácia de 52% e Kappa de 35%. A erosão laminar predomina e é intensificada pelo uso inadequado de tecnologias. Há avanço da atividade agropecuária em detrimento de áreas do Bioma Caatinga. As atividades humanas e a mudança climática, que podem estar associadas, não favorecem a revegetação, e podem implicar na degradação irreversível do solo e expansão do fenômeno de desertificação. A percepção da taxa de erosão do solo pode ajudar no desenvolvimento de estratégias de conscientização para o estabelecimento de práticas de manejo que reduzam as perdas de solo na região.

Palavras-chave: Caatinga; Degradação de solo; Semiárido.

Abstract: Accelerated soil erosion is an environmental problem related to land occupation and use and compromises production, biotic and climate regulatory functions. In the semi-arid region, the loss of productivity and the expansion of the desertification phenomenon is little associated with erosion processes and related to drought by farmers. The evaluation of erosion in the municipality of Poço das Trincheira-AL through the Universal Soil Loss Equation, relates its impact to loss of productivity and changes in use, correlating the results with data from the IBGE agricultural sense and deforestation from MapBiomias from 2010 to 2021. The predicted erosion map had an accuracy of 52% and Kappa of 35%. Laminar erosion predominates and is intensified by the inappropriate use of technologies. There is an advance in agricultural activity to the detriment of areas in the Caatinga Biome. Human activities and climate change, which may be associated, do not favor revegetation, and may lead to irreversible soil degradation and expansion of the desertification phenomenon. The perception of the soil erosion rate can help in the development of knowledge strategies for the establishment of management practices that reduce soil losses.

Keywords: Caatinga; Soil degradation; Semiarid.

Recebido: 08/04/2024; Aceito: 20/05/2024; Publicado: 13/08/2024.

1. Introdução

O aumento da gravidade e da duração das secas são indicativos de mudanças no semiárido brasileiro e a maior vulnerabilidade dessa região, associada às mudanças climáticas, está na capacidade de resposta das localidades à ocorrência de longos períodos de estiagem (MARENGO, *et al.*, 2020). No estado de Alagoas, as irregularidades espaciais e temporais do regime de chuvas são típicas das mesorregiões do agreste e do sertão. Estudos sobre o clima indicam que fenômenos do tipo El Niño - Oscilação Sul (ENOS), e a circulação geral da atmosfera seriam os responsáveis pela ocorrência de baixos índices pluviométricos (MOLION; BERNARDO, 2002). Entretanto, a erosividade das chuvas, concentradas em 3 a 4 meses do ano, promove a degradação dos solos e é um fator que agrava os efeitos desses fenômenos.

A erosão acelerada do solo é um problema ambiental relacionado a forma de ocupação e uso das terras e compromete as funções de produção, biótica e reguladora do clima, entre outras. Ao reduzir progressivamente a memória ecológica do solo (sementes, esporos, organismos), a erosão contribui para aumentar a sua suscetibilidade à degradação na medida em que compromete a capacidade de regeneração da vegetação (NUNES, *et al.*, 2020). Este processo, na região semiárida, contribui para a expansão do fenômeno de desertificação, pois as funções do solo só permanecem efetivas enquanto suas propriedades e o equilíbrio natural são preservados (MCBRATNEY *et al.*, 2014).

O Bioma Caatinga na região é utilizado na atividade agropecuária. As áreas preservadas constituem refúgios onde os animais de criação podem ser reunidos quando o período de seca é mais prolongado. Porém, a perda de produtividade das terras e a demanda para atender produção de alimentos para uma população em constante crescimento tem intensificado a expansão de áreas agrícolas em detrimento de áreas de Caatinga.

A sustentabilidade produtiva da integração lavoura-pecuária depende da interação entre fatores climáticos e manejo do solo e animal. Mas a atividade, quando realizada com apreensão tecnológica dissociada de práticas de manejo do solo e animal, é apontada como causa da erosão e degradação do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2021; CARVALHO, *et al.*, 2020; BRITO *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2018; TORRES *et al.*, 2018). No sertão alagoano, a ampliação desse processo, tem implicado na ampliação do fenômeno da desertificação (UFAL, 2019).

O município de Poço das Trincheiras tem cerca de 90% do seu território inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) da Caiçara. As propriedades agropecuárias dentro dessa APA têm apresentado perda de produtividade ao longo do tempo e perda de solo por erosão (EMBRAPA, 2012). A perda de produtividade, pouco associada pelos agricultores aos processos erosivos, é constantemente relacionada à seca, fenômeno cíclico na região.

A erosão hídrica está relacionada à interação entre as características do relevo, os atributos do solo, forma de uso e ocupação das terras e a precipitação pluviométrica do local. Para demonstrar o impacto da erosão na perda de produtividade e na intensificação dos processos de degradação do solo em áreas rurais do Sertão Alagoano, realizou-se análise da erosão embasada na Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS (RENARD *et al.*, 1997; adaptada de WISCHMEIER e SMITH, 1978) e em dados do censo agropecuário IBGE 2010-2021 e do MapBiomias 2010/2021. A estimativa da perda anual de solo da área inserida na APA Caiçara, município de Poço das Trincheiras - AL no ano 2023, foi embasada em ferramentas de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área

A área estudada possui 18,21 km² em torno do povoado Guarí localizado na mesorregião do Sertão de Alagoas (Figura 1). Na região, de acordo com Thornthwaite o clima é semiárido (DdA'a'), com temperatura média entre 24,2°C (EMBRAPA, 2012), e precipitação média anual de 1.040,6 mm. A área está inserida no bioma Caatinga e apresenta cobertura vegetal marcada pela presença de fragmentos de caatinga hipoxerófila e floresta caducifólia em meio a matriz de dinâmica antrópica com áreas em regeneração, capoeiras, pastagens e cultivos temporários diversos. A geologia local é representada por litotipos que compõem o Complexo Migmatítico Granítico, representados por rochas intrusivas do tipo sienito e monzonito ricas em quartzo (GOIS *et al.*, 2023), sobre os quais se desenvolveram superfícies de relevo que originaram maciços residuais, como a Serra dos Poço e dos Bois, compondo o relevo predominantemente ondulado a forte-ondulado, com forte controle estrutural, altitudes que variam entre 425 a 720 m, dissecação diferencial, vales dissimétricos, e inselbergs que se destacam nas superfícies de pediplanação com relevo suave-ondulado (EMBRAPA, 2010).

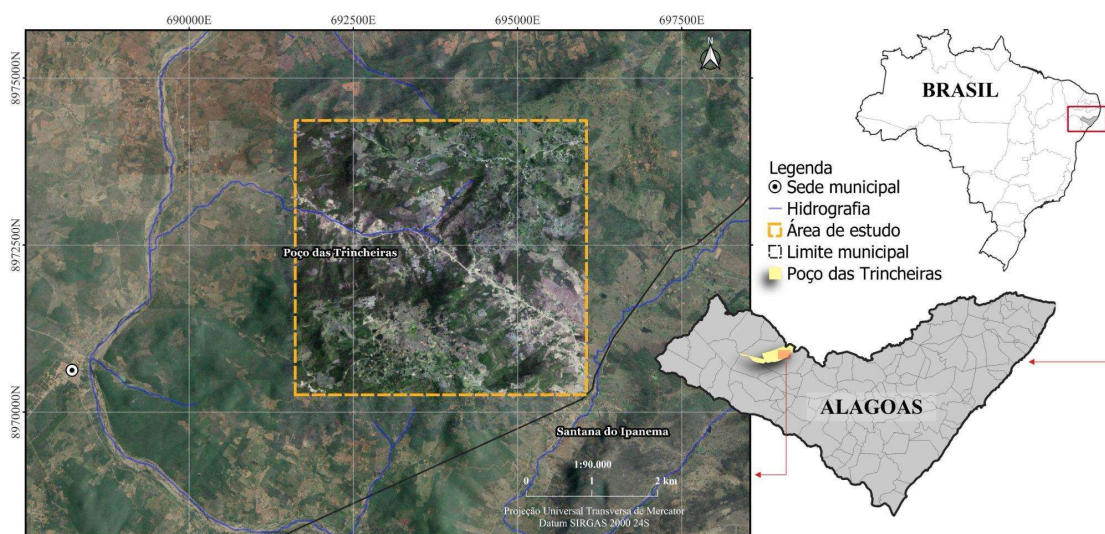


Figura 1- Localização da área de estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de imagens Planet Team (2023), Google Satellite e Base cartográfica IBGE, 2023.

A atividade econômica local é baseada na pecuária e agricultura de subsistência conduzida de forma extensiva, ambas utilizando padrões tecnológicos intermediários com baixa produtividade, decorrente da escassez de alimentos durante os períodos secos (EMBRAPA, 2012), que têm se intensificado com a degradação dos solos na região.

2.2 Modelagem em ambiente SIG

A modelagem quantitativa em ambiente SIG permite o processamento e a utilização de informações em diferentes meios, escalas e períodos de tempo. Para estimar a perda de solos a integração e análise dos dados foi executada no QGIS versão 3.28 Firenze aplicando-se a Equação Universal de Perda de Solo - EUPS (RENARD *et al.*, 1997; adaptada de WISCHMEIER e SMITH, 1978).

A EUPS correlaciona seis fatores que influenciam diretamente na erosão do solo: erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), comprimento da encosta (L), declividade da encosta (S), cobertura vegetal (C) e práticas conservacionistas (P). O fator K foi derivado indiretamente por meio da associação do mapa de solos de Poço das Trincheiras (EMBRAPA, 2012); e valores de erodibilidade das classes de solos foram obtidos por levantamento bibliográfico (Tabela 1).

Tabela 1- Classes de solo na área de estudo e erodibilidade.

Classe de solo (EMBRAPA, 2012)	Área (km ²)	K	Fonte
Cambissolos Háplicos	11,30	0,0355	Silva <i>et al.</i> (2009)
Argissolos Ver Amar	3,48	0,0577	Morais e Sales (2017)
Neossolos Litólicos	2,60	0,0460	Silva <i>et al.</i> , (2009)
Planossolos Háplicos	0,45	0,0570	Silva <i>et al.</i> , (2009)
Neossolos Regolíticos	0,38	0,0520	Silva <i>et al.</i> , (2009)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Para a análise da erosividade da chuva, fator R, a energia de impacto da chuva sobre áreas de solo descobertas, foi calculada por série histórica com dados de 34 anos (1988-2022) da estação pluviométrica do Banco de Sementes Comunitário no Povoado Guarí, Poço das Trincheiras-AL.

O Fator Topográfico (Fator LS) é o produto entre o Fator S (declividade) e o Fator L (comprimento de rampa). A taxa de enxurrada aumenta com a inclinação e o comprimento do declive, pois propicia o aumento do volume de escoamento interferindo diretamente no processo erosivo do solo (BERTOL; CASSOL; BARBOSA, 2019). Esses atributos do terreno (elevação, declividade e comprimento da rampa), foram derivados a partir de Modelo Digital de Elevação-MDE de imagens do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução espacial de 1 arco (~30m), obtidas do Projeto Topodata (INPE) e processadas no QGIS, GRASS GIS e SAGA (CONRAD *et al.*, 2015; FARR *et al.*, 2007; JASIEWICZ & METZ, 2011; NETELER, *et al.*, 2012; VALERIANO, 2008).

Os fatores C e P, uso e manejo do solo e práticas conservacionistas, são variáveis diretamente relacionadas com ações antrópicas. O tipo de cobertura vegetal é um fator chave e interfere aumentando ou reduzindo a proteção do solo na desagregação/erosão. As classes de uso e cobertura, foram determinadas através da análise de imagens de 26/01/2023 do Planet Team, com refletância de superfície prontas para análise (PlanetScope AnalyticMS Nível 3B), resolução espacial de 3 m, bandas azul (464-517 nm), verde (547-585 nm), vermelho (650-682 nm) e NIR (846-888 nm).

As classes de uso e cobertura do solo foram identificadas através de visita a campo e após análise da imagem, procedeu-se a classificação supervisionada utilizando o classificador Minimum Distance (MD), executado no QGIS com o Semi-Automatic Classification Plug-in – SCP (CONGEDO, 2021). Na classificação foram consideradas as classes de uso e cobertura do solo: água, pastagem/agricultura, capoeira, solo exposto, caatinga hipoxerófila e floresta caducifólia (Figura 2).



Figura 2: Classes de uso e cobertura do solo em Sítio Guari -Poço das Trincheiras-AL: a) pastagem; b) agricultura; c) água e solo exposto; d) caatinga hipoxerófila, e) capoeira f) floresta caducifólia.

Fonte: Autores (2023).

Para as áreas com solo exposto adotou-se o índice de erodibilidade máximo de 1. Esse valor foi reduzido em função do aumento da proteção do solo proporcionado pelas diversas coberturas vegetais naturais ou antrópicas. Os valores atribuídos de erodibilidade para cada classe de uso e cobertura do solo foi estabelecido através de levantamento bibliográfico (Tabela 2).

Tabela 2 -Valores do fator CP utilizados no presente estudo.

Classe uso e Cobertura	Erodibilidade	Fonte
Água	0,00	Barbosa et al., (2015)
Pastagem/Agricultura	0,25	Barbosa et al., (2015)
Solo exposto	1,00	Barbosa et al., (2015)
Capoeira	0,01	Santos et al., (2014)
Caatinga Hipoxerófila	0,0085	Santos et al., (2014)
Floresta Caducifólia	0,0004	Barbosa et al., (2015)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A equação de perdas do solo por erosão é baseada em dados de curto prazo, logo desconsidera a erosão do solo ao longo do tempo e, portanto, pode subestimar sua avaliação. Para avaliação da acurácia do mapa de erosão predito aplicou-se a matriz de confusão e o coeficiente de PABAK associado ao índice de Kappa, que podem ser expressos como concordância total ou para classes individuais (COHEN,1960).

Os parâmetros adotados para qualificar o grau de erosão em campo foram: erosão nenhuma ou ligeira quando cerca de 25% do horizonte A estava removido; moderada quando mais de 50% do horizonte A estava removido e o horizonte B aflorava; forte quando associada à erosão moderada havia sulcos frequentes com menos de 30 m de distância, ocupando área inferior a 75% e podiam ser cruzados e desfeitos por máquinas agrícolas, e muito forte quando apresentavam sulcos profundos com menos de 30 m, ocupando área superior a 75% que não podem ser cruzados por máquinas agrícolas e já atingiram o horizonte C ou o material de origem.

3. Resultados e Discussão

A cobertura pedológica da área é composta de Cambissolos Háplicos (25,6%), seguidos de Planossolos Háplicos (21,9%); grupo indiferenciado de Neossolos Regolíticos + Argissolos Vermelho (20,5%); Neossolos Litólicos (13,8%); pequenas áreas com grupo indiferenciados de Cambissolos Háplicos + Argissolos Vermelho-Amarelos (8,8%) e Argissolos Vermelhos (0,4%). O mapeamento da Embrapa (2012) mostra que os Cambissolos Háplicos são arenosos e pouco profundos, os Planossolos Háplicos possuem textura arenosa/argilosa com cascalhos, os Neossolos Regolítico arenosos, os Argissolos Vermelho Amarelo possuem textura arenosa/argilosa com cascalho e os Neossolos Litólicos são arenosos e todos são eutróficos. Estes solos são muito suscetíveis à erosão, pois reúnem um conjunto intrínseco de características morfológicas (textura arenosa, baixa profundidade efetiva, horizonte superficial com baixos teores de matéria orgânica (A fraco), gradiente textural e estrutura colunar (planossolos), que associados ao clima, ao relevo e ao uso podem influenciar na magnitude dos processos erosivos. A macroporosidade característica de texturas arenosas, favorece a rápida infiltração e o escoamento da água e solo em condições de chuvas concentradas, esse fato associado a características de relevo intensificam o processo erosivo em áreas descobertas e com preparo de solo morro abaixo.

A média anual da precipitação para o povoado do Guarí no município de Poço das Trincheiras – AL foi de 1.040,6 mm. Observa-se na Figura 3 que a série histórica mostra 17 anos com valores acima da média e 18 anos com valores abaixo da média de precipitação pluviométrica.

O ano de 2022 foi o que obteve o maior registro pluviométrico, com precipitação de 2.049 mm, enquanto 2016 foi o ano de menor precipitação, registrando 482 mm. A média mensal (86,7 mm) mostra que as chuvas ocorrem de forma concentrada nos meses de maio a agosto (159,3 - 170,1 - 182,1 e 101,3 mm) correspondendo a 58,86% da precipitação total anual, condição que favorece a ação dos processos erosivos. Segundo Bertol, Cassol e Barbosa (2019) em solos descobertos a intensidade da chuva, por si só, já é um fator que influencia a desagregação do solo, enquanto o escoamento superficial da água tem maior efeito sobre a desagregação e o transporte em solos cobertos e descobertos.

Observa-se também uma tendência a redução da precipitação total anual. Costa et al. (2020) analisando os índices extremos climáticos no Nordeste do Brasil, entre os anos de 1961 e 2014, observaram redução na precipitação total anual e na frequência de dias chuvosos na região. Os autores não relacionaram essa redução às atividades antrópicas, entretanto é indubitável que o avanço urbano e a expansão agrícola influenciam o ciclo hidrológico, consequentemente nas condições climáticas regionais.

A erosividade média mensal mostrou uma variação de 403,9 a 10.213,4 MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹ (Figura 4). De maio a julho a erosividade foi classificada como muito forte e nos meses de março, abril e agosto como moderada (Carvalho,

2008). A análise do balanço hídrico na região (Figura 5) mostra que há 3 meses de excedente em contraste com 8 meses de déficit hídrico.

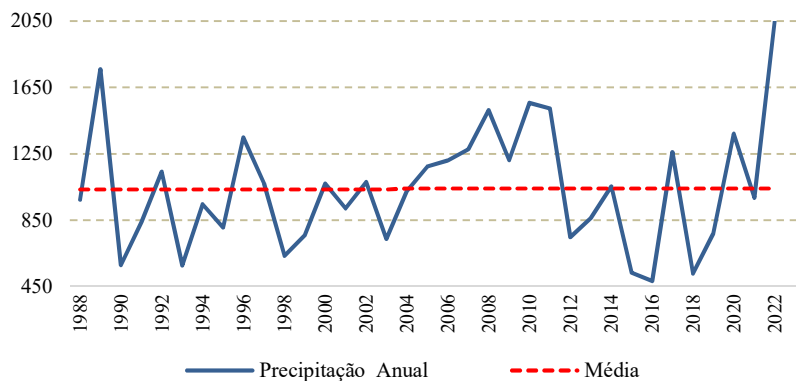


Figura 3- Distribuição da precipitação média anual no período de 1988 a 2022 do município de Poço das Trincheiras – AL.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

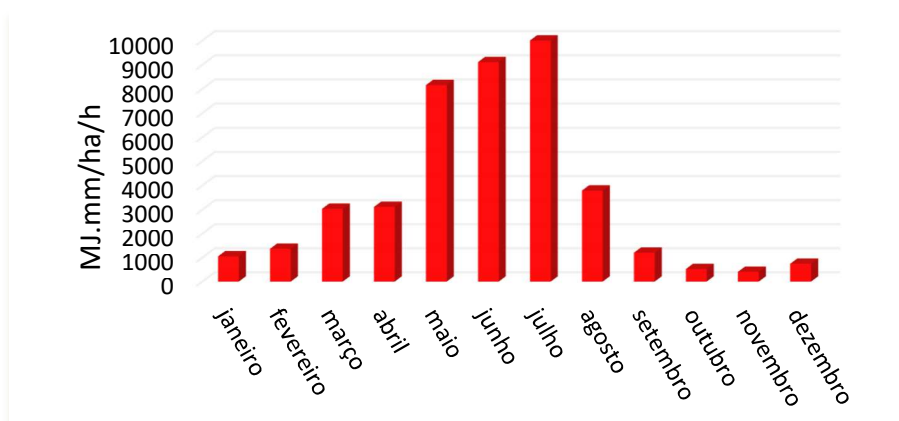


Figura 4 - Erosividade média mensal de Poço das Trincheiras – AL: modelo proposto por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992).

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

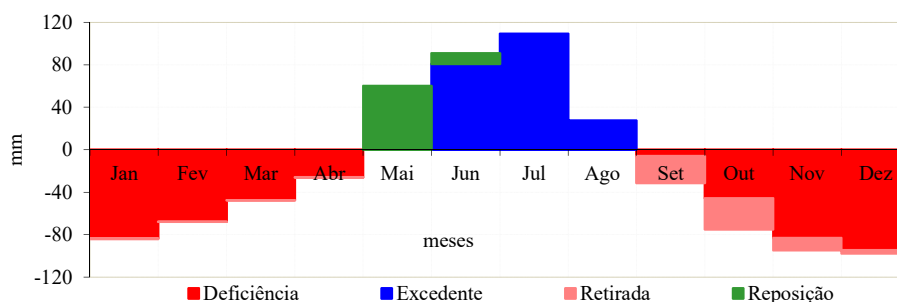


Figura 5 - Balanço hídrico normal* Thornthwaite & Mather (1955) do município de Poço das Trincheiras – AL (1988 a 2022). *Dados de temperatura INMET.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Considerando que a cobertura pedológica na região é constituída predominantemente por solos muito susceptíveis à erosão, constata-se que tanto a produção agrícola, quanto o processo de regeneração natural da cobertura vegetal ficam comprometidos. Observa-se também a continuidade do modelo de ampliação das fronteiras agrícolas, com desmatamentos que avançam sobre o Bioma Caatinga, com substituições no tipo de uso das terras, relacionadas ao empobrecimento ou degradação do solo que determinam perda produtiva ou perda da rentabilidade agrícola.

No relevo predominam as classes de declividade forte ondulada (849,3 ha), ondulada (633,2 ha) e montanhosa (242 ha), geomorfologias que naturalmente favorecem o escoamento superficial. As áreas planas (88,8 ha) e suave onduladas (3,8 ha) representam 5,1% e compõem os vales e patamares das superfícies intermediárias entre os compartimentos mais altos e mais baixos do relevo (Figura 6), onde os sedimentos arrastados se acumulam.

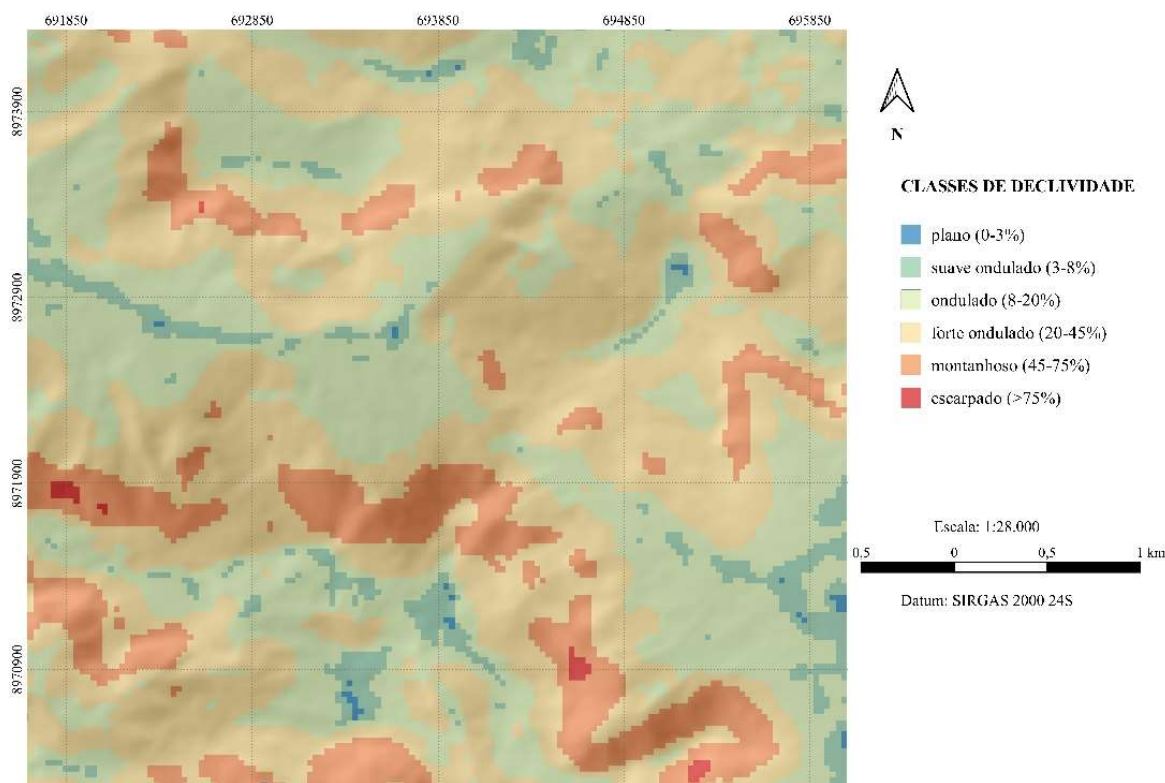


Figura 6 - Mapa de declividade Povoado Guari, Poço das Trincheiras - AL.

Fonte: Autores (2023).

A mecanização agrícola na região impõe um nível de simplificação que fragiliza o equilíbrio ambiental. A mobilização do solo para o preparo e cultivo em áreas com declive acima de 20%, ampliam a susceptibilidade à erosão. O manejo com práticas agrícolas dissociadas de técnicas conservacionistas promove perdas de solo, água e nutrientes e a degradação do agroecossistema.

Medeiros e Silva (2014) destacaram a influência direta da fitofisionomia do bioma caatinga nos processos hidrossedimentológicos, seu papel na interceptação da água das chuvas e no controle das perdas de água e sedimentos por escoamento superficial. Seu papel é ainda mais importante quando se considera a irregularidade e a baixa precipitação pluvial no semiárido nordestino.

A Figura 7 apresenta o mapa com a predição das perdas de solo. Ele foi avaliado confrontando a identificação das classes de erosão definidas pela EUPS, com as observações de campo coletadas em janeiro de 2023.

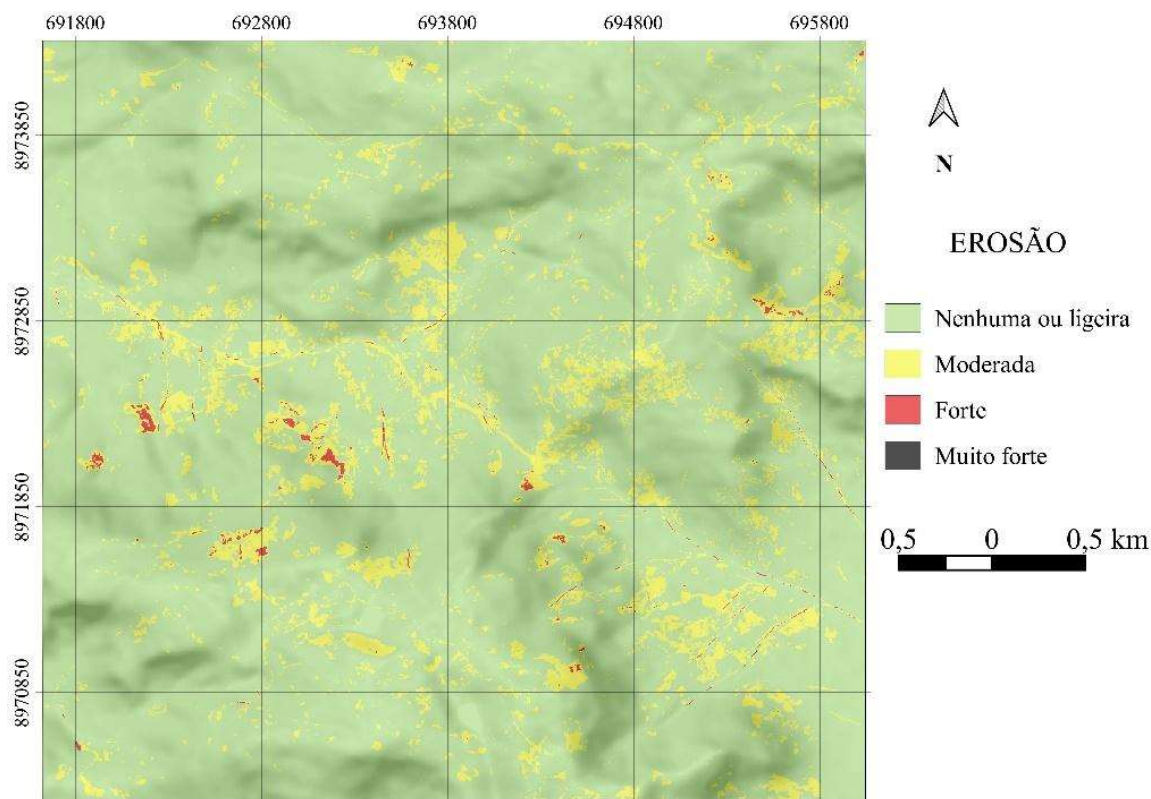


Figura 7 - Predição de perdas de solo - Povoado Guari, Poço das Trincheiras - AL.
 Fonte: Autores (2023)

A metodologia não avalia os valores absolutos de perda de solos, portanto a Tabela 3 apresenta uma estimativa do potencial de erosão para os intervalos de classes delineados no mapa predito. O potencial de erosão muito baixo, está relacionado às áreas de cobertura vegetal onde ocorrem Floresta caducifólia, Capoeira e Caatinga hipoxerófila, que compreendem cerca de 1007,5 ha. As perdas de solo moderada, alta e muito alta ocorrem predominantemente em relevo forte ondulado e ondulado, onde são desenvolvidas atividades agropecuárias. A mobilização e exposição do solo para o plantio é um fator que neste estudo se mostrou preponderante na intensificação dos processos erosivos.

Tabela 3-Distribuição do potencial erosivo.

Intervalo de erosão (t.ha-1.ano-1)	Condição Potencial de Erosão	Área (%)	Área (t/ há)
0 – 10	Baixa	88,702	1603,5376
10 – 50	Moderada	10,969	198,2905
50 – 200	Alta	0,327	5,9096
> 200	Muito Alta	0,002	0,0423

Fonte: Autores (2023)

A acurácia do mapa predito em relação a Exatidão Global (EG) foi de 52%, sendo considerada razoável, entretanto o Índice de Kappa de 35%, que verifica o nível de concordância, no compito geral das classes foi mínimo (Tabela 4). A avaliação retrata o quanto o mapa gerado está correto em relação aos rótulos das classes observadas em campo. Entretanto, também permite aumentar a qualidade da informação gerada, pois indica as limitações inerentes à modelagem.

Tabela 4- Matriz de confusão: correlação entre o mapa de classes de erosão e as observações de campo.

		Predito				Total	Com	EU
		N L	Mod	For	M For			
Campo	N L	32	7	-	-	39	0,18	0,82
	Mod	-	21	-	-	21	0	1
	For	2	35	-	-	37	-	-
	M For	1	4	-	-	5	-	-
Total		35	67	-	-	102		
Om		0,09	0,69	-	-	EG	0,52	
EM		0,91	0,31	-	-	IK	0,35	

NL= Nenhuma ou Ligeira; Mod= Moderada; For= Forte; M For= Muito Forte; Com= Comissão; EU= Exatidão do Usuário; Om=Omissão; EG= Exatidão Global; EM= Exatidão do Mapeador; IK= Índice de Kappa.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Pela matriz de confusão houve inclusão de 69% da classe erosão moderada em classes às quais ela não pertence. Sabe-se que na cartográfica digital, a menor feição mapeável (teorema de amostragem de Nyquist), corresponde à área de 2 x 2 pixels, tamanho padrão que foi designado de resolução espacial nominal (MCBRATNEY *et al.*, 2003). Os valores medianos de acurácia podem ser explicados com base nesse conceito, pois estão relacionados a não representação e as discordâncias detectadas para as áreas com erosão forte e muito forte.

Na imagem PlanetScope (resolução espacial de 3 m) as feições mapeáveis devem ter dimensões mínimas de 6 m. Portanto, sulcos e voçorocas com dimensões inferiores foram agregados e incorporados a classe de erosão moderada, ou não foram identificados em função das dimensões e da frequência de distribuição espacial. Entretanto, salientamos também que esta equação tem resultados limitados a temporalidade dos dados e esse fato acaba por subestimar a ampliação do processo erosivo, pois desconsidera, a longo prazo, os efeitos acumulativos dos processos que são classificados com base em feições (presença, frequência e distribuição de sulcos e voçorocas, decapitação de horizontes, etc.). Isso também explica o alto desempenho em relação a classe de erosão nenhuma ou ligeira, com 82% de exatidão do usuário, ou seja, o tipo de erosão e a sua distribuição favorecem o classificador, logo é alta a probabilidade da classe de erosão realmente ocorrer nas áreas delineadas no mapa.

O estudo foi realizado em ano de chuvas atípicas na região, que favoreceu o desenvolvimento de vegetação e “mascarou” parte dos sulcos e de algumas voçorocas, afetando a estimativa da classificação. Entretanto, é possível visualizar no mapa de perdas de solo, o delineamento de áreas lineares com erosão moderada envolvidas por áreas com erosão ligeira e áreas lineares com erosão forte envolvidas por erosão moderada. Em campo verificamos estarem relacionadas a processos erosivos mais avançados e que foram camuflados pelo estágio de crescimento da vegetação, que pode, a depender da época do ano, reduzir a visibilidade dos sulcos/voçorocas na imagem de satélite e interferir no processo de identificação e medição da extensão do processo erosivo.

A erosão laminar (ligeira) é predominante e corresponde a 89,82% da área, entretanto, em encostas mais suaves há presença de erosão em sulcos e voçorocas (moderada e forte) que expõem a rocha subjacente. Já nas superfícies intermediárias, que compõem patamares entre as partes mais altas e a base do relevo local, observou-se em algumas áreas a erosão em sulcos e em outras a deposição de sedimentos soterrando solos e nos vales assoreando os riachos (Figura 8).

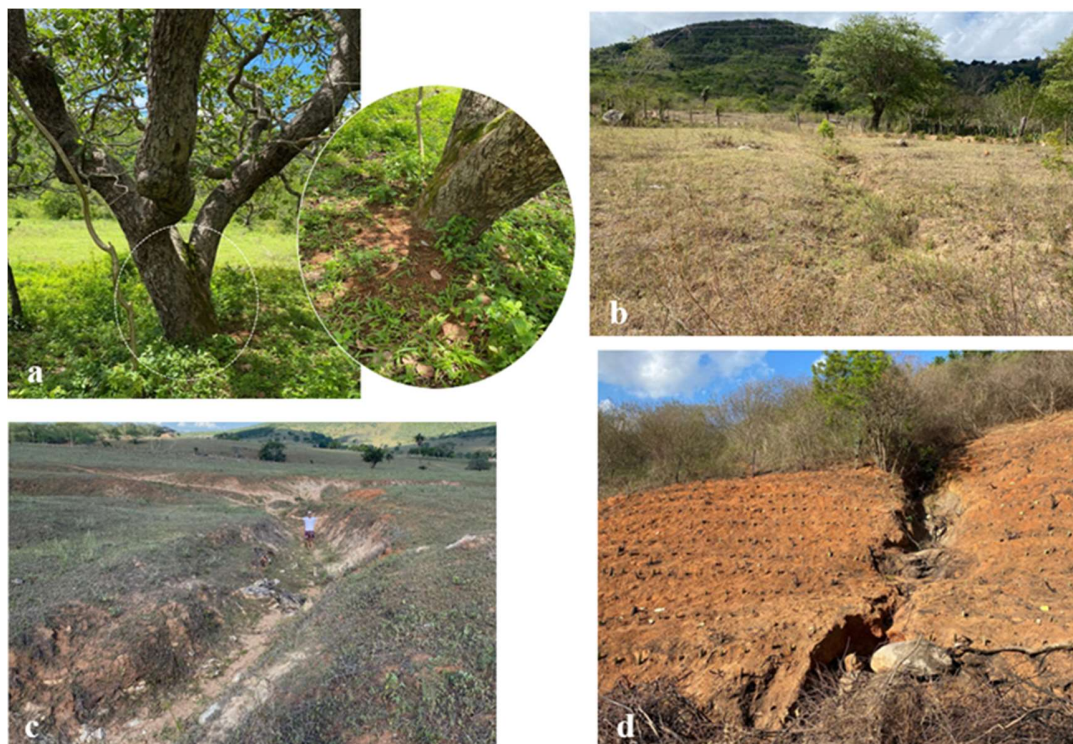


Figura 8- a) soterramento parcial de cajueiro; b) erosão em sulcos; c) rochas expostas em voçoroca e d) erosão moderada e ravina, Poço das Trincheiras-AL.

Fonte: Autores (2023)

Dentro das áreas delineadas com erosão nenhuma ou ligeira estão as terras mais preservadas ainda cobertas por florestas e caatinga ou, por estas raleadas. Medeiros e Silva (2014) na Paraíba verificaram que áreas com os menores valores de produção de sedimentos se caracterizam pela presença de vegetação arbustiva e arbustivo-arbórea, comprovando a importância da preservação da vegetação do tipo caatinga na proteção do solo.

As áreas com erosão forte estão relacionadas à agricultura desenvolvida em relevo forte ondulado e montanhoso. Em 2010 o município tinha 500 ha plantados com milho, entretanto houve uma expansão em função do concurso de produtividade estabelecido pela secretaria de agricultura do município, e em 2021 de acordo com o IBGE esta área aumentou para 2.250 ha. Dados de uso do solo do MapBiomas mostram que está havendo um avanço da integração lavoura - pecuária sobre áreas da caatinga. No período entre 2010/2021, 158,25 ha da área de caatinga foram transformados em áreas de pastagens/agricultura. A expansão da agropecuária para as áreas de caatinga e floresta é resultante da perda progressiva de produtividade das áreas cultivadas por erosão.

A ampliação dos processos erosivos em áreas onde a integração lavoura-pecuária é praticada é expressiva. A transformação e supressão dos ecossistemas naturais com o agravamento progressivo da degradação ambiental segundo Paiva e Sá (2019), não só reduz os recursos, como também desestrutura bases produtivas locais.

O plantio morro abaixo de culturas de subsistência (milho, feijão e mandioca) é frequentemente praticado, e após a colheita os animais pastam o restolho, o capim nativo e as ervas (Figura 9). De acordo com os Dados da Pesquisa Pecuária e Agrícola Municipal-PPM / IBGE, o efetivo de bovinos permaneceu constante, entretanto entre 2010 e 2021 o rebanho de ovinos passou de 4.235 para 7.060 cabeças e o de caprinos de 713 para 1.200 cabeças no município. A produção de mandioca que era de 8.000 kg/ha caiu para 7000 kg/ha, porém sem paralelo com a área cultivada na região que de 2010 para 2021 aumentou de 10 para 35 ha, ou seja, 350%. Os dados refletem não só as consequências do processo erosivo na economia da região, mas necessidade premente de conscientização dos produtores, para gravidade do cenário de degradação do solo que vem se configurando.



Figura 9 - Plantio morro abaixo em áreas participantes de prêmio de produtividade: a) feijão e b) milho - Poço das Trincheiras-AL.

Fonte: Autores (2023).

Para Rastgoo e Hasanfar (2021), a exploração agrícola excessiva perturba o equilíbrio ecológico das regiões áridas e semiáridas, levando a mudanças ambientais adversas que podem implicar em redução da produção de alimentos, dos recursos hídricos e na desertificação. Na região a apreensão de tecnologias (mecanização e insumos) é utilizada de forma dissociada da assistência técnica, o que impede a compreensão de processos e a adoção de práticas de manejo animal e conservacionistas do solo.

Na região é comum o uso de agrotóxicos potencialmente perigosos para o homem e meio ambiente (Figura 10). Os estudos têm demonstrado que os agrotóxicos também podem desequilibrar os ecossistemas, diminuindo a população de espécies vegetais e de animais como pássaros, sapos e abelhas, logo a resiliência e a cobertura do solo, pois reduzem sua “memória” biológica, enquanto berço e reserva de sementes (NUNES, et al., 2020; LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).



Figura 10 - Aplicação de inseticidas em cultura de milho morro abaixo.

Fonte: Autores (2023)

Há um hiato entre a difusão e a apreensão e o uso correto de agrotecnologias. Essa dissociação não permite ao produtor relacionar o uso equivocado dessas práticas às perdas de solo e produtividade. Verifica-se, assim a necessidade premente de uma extensão rural qualificada e ativa junto às comunidades rurais para a construção de novas estruturas cognitivas que direcionem o produtor para aplicação das inovações como instrumento que propicie uma produção mais equilibrada dentro do agroecossistema da região.

Essa incompreensão, explica a erosão laminar dominante em áreas de lavoura-pecuária, a substituição desta pela pecuária por pastagens nativa, à medida em que produtores não conseguem boas colheitas, e o subseqüente avanço sobre remanescentes da vegetação nativa com a lavouras de subsistência. Identificar e compreender esses processos intrinsecamente associados à degradação de solos é fundamental para evitar situações limites muitas vezes irreversíveis (SÁ; PAIVA, 2019).

Embora mais adaptados ao clima da região, pequenos ruminantes têm comportamento natural de pastoreio que envolve caminhar em padrão mais concentrado e repetitivo (LEITE E CAVALCANTE, 2005), especialmente em áreas de pastagem restritas (BARROS-JUNIOR et al, 2020). Têm o hábito de selecionar leguminosas para sua dieta alimentar, o ramoneio (HINCH, 2017), além de consumirem espécies consideradas como “ervas invasoras” e espécies arbustivas da caatinga, que

apresentam maior teor de proteína bruta que as gramíneas (BARROS-JUNIOR *et al*, 2020). Sendo mais exigentes, considerando a relação de peso corporal, estes pequenos ruminantes proporcionalmente alimentam-se mais de forragens que os outros ruminantes (LEITE E CAVALCANTE, 2005).

O comportamento, a falta de controle de lotação e do tempo de permanência dos animais no pastejo (BARROS-JUNIOR *et al*, 2020), associados a anatomia da pata dos caprino-ovinos (relativamente pequena e compacta em comparação com outros animais de grande porte), significam maior pressão exercida e concentrada em uma área menor do solo e maior consumo de forrageiras, tanto nas áreas cultivadas quanto nas de caatinga. Outra especificidade destes animais é evitarem áreas úmidas, lamacentas ou com solo mais macio (HINCH, 2017). Como resultado, eles tendem a se concentrar e pisotear áreas mais secas, aumentando a densidade do solo.

Essa movimentação contínua em áreas limitadas e com redução de cobertura vegetal resulta em maior compactação do solo (COLLARES *et al*, 2011), degradação das pastagens, infestação por pragas e ervas-daninhas, aumento do escoamento superficial, ampliação da erosão laminar e em sulcos, soterramento de patamares em terço médio e inferior de encostas e assoreamento dos riachos.

A situação tem se agravado, pois soma-se a estes fatos a falta de práticas conservacionistas para o preparo do solo na implantação da lavoura. Esta combinação de uso conduzida de forma inapropriada intensifica a erosão laminar e estabelece a dinâmica de formação de sulcos e a degradação de solos na região (OLIVEIRA *et al*, 2021; SILVA e CARVALHO, 2019).

Em áreas de relevo suave ondulado, onde atualmente só existem pastagens nativas é comum a presença de voçorocas (Figura 11a). Em campo foram registradas voçorocas em argissolos cultivados com palma, feijão e milho (Figura 11b), e algumas ocultas pela vegetação secundária de porte mais elevado (erosão muito forte).



Figura 11 - Erosão muito forte em: a) cultura de milho e palma em encosta; b) pastagem. Poço das Trincheiras - AL.
Fonte: Autores (2023)

4. Considerações finais

A acurácia para o mapa de erosão predito foi de 52%, sendo considerada razoável, mas o Kappa de 35% foi mínimo. Na área estudada predomina a erosão laminar (ligeira) com elevada exatidão na classificação. Há ainda uma tendência a decapitação da camada superficial do solo e estádios de erosão mais avançados (sulcos, ravinas e voçorocas) em áreas de relevo forte ondulado e ondulado onde a integração lavoura-pecuária com adoção inadequada de tecnologias é desenvolvida sobre solos naturalmente suscetíveis a esse processo. Entretanto, a análise em uma época mais seca do ano,

com menor interferência da cobertura vegetal, pode mudar e ampliar o enquadramento para classes de erosão mais graves que as encontradas.

A redução da produtividade agrícola, impulsionada pelos processos erosivos na área, favorece o avanço da atividade agropecuária em detrimento de áreas de fisionomias naturais do Bioma Caatinga. Isso significa que as atividades humanas e as mudanças climáticas, que podem estar associadas, comprometem a revegetação, e podem implicar na degradação irreversível do solo e expansão do fenômeno de desertificação. Nesse contexto, a percepção da taxa de erosão do solo da área pode ajudar na implementação de estratégias de conscientização e no estabelecimento de práticas de manejo agropecuário que reduzam as perdas de solo.

Agradecimentos

A PROPEP/UNEAL pela concessão de auxílio para a publicação desta pesquisa.

Referências

- ALVES, J. P. I.; SILVA, A. S. Análise da Distribuição Espacial do Potencial Natural de Erosão de Quatro Áreas com Diferentes Topografias. *Anuário do Instituto de Geociências*. UFRJ. e-ISSN 1982-3908, v. 43, n. 2, p. 199-207, 2020
- BARBOSA, A., OLIVEIRA, E.F. DE, MIOTO, C., FILHO, A.P., Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em Softwares Livres e Gratuitos. *Anuário do Instituto de Geociências UFRJ* 38_1, 170–179. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.11137/2015_1_170_179. Acesso em: 10/12/2023.
- BARROS-JUNIOR, C. P; EVANGELISTA, A. F.; DAMASCENO, M. L.; BARBIZAN, M. Avaliação comportamental de ovinos em pastejo. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 89699-89714, 2020. ISSN 2525-8761. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347333997_AVALIACAO_COMPORAMENTAL_DE_OVINOS_EM_PASTEJO_BEHAVIORAL_EVALUATION_OF_PASTURE_SHEEP. Acesso em: 22/03/2024.
- BERNARDES, T. *Caracterização do ambiente agrícola do Complexo Serra Negra por meio de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica*. 2006. 119 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2006.
- BERTOL, I.; CASSOL, E. A.; BARBOSA, F.T. Erosão do solo. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C.; SOUZA, L. S. (ed.). *Manejo e Conservação do solo e da água*. Viçosa, MG: SBCS, 2019. p. 423-23. ISBN 978-85-86504-25-9.
- BRITO, D. R.; SILVA, C. M.; BERBARY, V. E. C.; CARVALHO, C. C. N.; NUNES, F. C.; GALLO, C. M. Salinização e degradação de solo: uma consequência da recepção com uso inadequado de tecnologia. *Diversitas Journal*, v.5, p.1707 – 1719. 2020 Disponível em:https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1100. Acesso em 17/12/2022.
- CARVALHO, C. C. N. DE; NUNES, F. C.; FRANZOSI-MATTOS, M. R.; GALLO, C. M.; CSEKO-NOLASCO, E. C. N. F. F.; SANTOS JUNIOR, E. G. Impactos da Agropecuária sobre os solos do Estado de Alagoas In: *Relações entre pessoas e natureza em ecossistemas do Estado de Alagoas*. 1 ed.Arapiraca: EDUNEAL, 2020, v.1, p. 9-28. 2020
- CARVALHO, N. O. *Hidrossedimentologia Prática*. 2 ed. (2008). Interciência, Rio de Janeiro: Interciência, Brazil. 599 p.
- COHEN J. A Coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas*. 1960, v.20, p.37–46. Google Scholar
- COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura: pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. *Cienc. Rural*, v.41, n. 2, p.246-250, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000200011>. Acesso em: 22/03/2024.
- CONGALTON, R. Accuracy assessment and validation of remotely sensed and other spatial information. *International Journal of Wildland Fire*, n.10, p.321-328. 2001

- CONGEDO, L. *Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS*. JOSS 6, 3172. <https://doi.org/10.21105/joss.03172>. 2021
- CONRAD, O., BECHTEL, B., BOCK, M., DIETRICH, H., FISCHER, E., GERLITZ, L., WEHBERG, J., WICHMANN, V., AND BÖHNER, J. *System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4*, Geosci. Model Dev., v. 8, i.7. p.1991-2007, 2015. DOI:10.5194/gmd-8-1991-2015. Disponível em: <https://gmd.copernicus.org/article/8/1991/2012/gdm-1991-2015.html>. Acesso em: 20/04/2023
- COSTA, R. L., MELLO BAPTISTA, G. M. de; GOMES, H. B.; SANTOS SILVA, F. D. dos; ROCHA JÚNIOR, R. L.; ARAÚJO SALVADOR, M.; HERDIES, D. L. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. *Weather and Climate Extremes*, v. 28, 100254. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2020.100254>
- EMBRAPA. *Zoneamento agroecológico do estado de Alagoas: levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Alagoas*. Araújo filho, et al. Relatório técnico. Recife, PE: Embrapa Solos - UEP Recife; Maceió, AL: Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Agrário de Alagoas, 2012. 245 p. il., color. Acompanha mapas. Cdrom.
- FAO. *Food and Agricultura Organization*. La erosion del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla em las tierras de cultivo. Cuadernos agropecuario. Roma. Org. de Las Naciones Unidas – FAO, n. 81, 1967.
- FARR, T.G., ROSEN, P.A., CARO, E. et al. *The Shuttle Radar Topography Mission*. Reviews of Geophysics 45. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>. Acesso em: 07/01/2023
- HINCH, G. Understanding the natural behaviour of sheep. In: Ferguson, M. D; Lee, C.; Fisher, A (ed.). *Advances in Sheep Welfare*. 1 Ed. United kingdom, Elsevier, 2017, p. 1-15. ISBN: 978-0-08-100727-3 Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1016/b978-0-08-100718-1.00001-7>. Acesso em: 22/03/2024.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. *Série histórica de temperatura*. Estações convencionais e automáticas de Palmeira dos Índios-AL 1988-2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20/01/2023.
- IPCC. *Alterações Climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade - Resumo para Decisores*. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas, 5 ed. 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/03/ar5_wg2_spm.pdf. Acesso em: 20/02/2023.
- JASIEWICZ, J. AND METZ, M. A new GRASS GIS toolkit for Hortonian analysis of drainage networks. *Computers & Geosciences*, v. 37, 1162–1173. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.03.003>. Acesso em: 15/01/2023.
- LEITE, E. R.; CAVALCANTE, A. C. R. Nutrição de caprinos e ovinos em pastejo. In: SEMINÁRIO NORTE-RIOGRANDENSE DE CAPRINOCULTURA E OVINOCULTURA, 1. 2005, Mossoró. Foco na nutrição e sanidade. Mossoró: UFRSA, 2005. 16 f. 1 CD-ROM. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36605/1/AAC-Nutricao-de-caprinos.pdf> Acesso em: 22/03/2024
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantina*, Campinas, v.51, n. 2, p.189-196.1992. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009>. Acesso em: 16/05/23
- LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. *Saúde debate*, v. 42, n. 117. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-1104201811714>. Acesso em: 15/05/2023
- MARENGO, J. A.; RODRIGUES-FILHO, S; SANTOS, D. V. Impactos, vulnerabilidade e adaptação á mudança do clima no Brasil: uma abordagem integrada. *Rev. Sustainability in debate*, Brasília, v.11, n.3 p. 19-23/12/ 2020. ISSN: 2179-9067. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/35624/28702>. Acesso em: 20 abr 2023.

- MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA SANTOS M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. *Geoderma*, v. 117, p. 3-52, 2003.
- MCBRATNEY, A., FIELD, D.J., KOCH, A. The dimensions of soil security. *Geoderma*, n. 213, p. 203-213, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.013> Acesso em: 10/12/2022.
- MEDEIROS, I. C. de; SILVA, R. M. da. Análise da erosão hídrica na região semiárida da Paraíba usando o modelo SWAT acoplado a um SIG. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 33, n. 3, p.457-471, 2014. Disponível em: <https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7334>. Acesso em: Acesso em: 6 jul 2023
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. *Rev Bras Meteorologia*, 17, 1-10. 2002 Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/327219140/Uma-revisao-da-dinamica-das-chuvas-no-Nordeste-brasileiro-pdf>. Acesso em: 10/01/2023.
- MONTGOMERY, G.; SCHUCH, C. *Gis Data Conversion Handbook*. Fort Collins: Gis Word Books. P. 120-135. 1993
- MORAIS, R. C. de S.; SALES, M. C. L. Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí, Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica. *Caderno de Geografia*, v.27. Número Especial 1. P. 84-105. 2017 Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2017v27nesp1p84/12474>. Acesso em 07 de ago de 2022. DOI: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27nesp1p84>
- NETELER, M., BOWMAN, M.H., LANDA, M. et al. GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS. *Environmental Modelling & Software* 31, 124–130. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.11.014>
- NUNES, F. C.; LANDER de J. A.; CARVALHO, C. C. N.; GROSS, E.; SOARES. T. de M. S; PRASAD, M. N. V. Soil as a complex ecological system for meeting food and nutritional security. In: Prasad, M. N. V.; Pietrzykowski, M (ed.). *Climate Change and Soil Interactions*. 1 Ed. Amsterdã, Elsevier, 2020, p. 229-269. ISBN: 978-0-12-818032-7
- OLIVEIRA, T. S. DE; CARVALHO, C. C. N. DE; CORREIA, C. C.S; FONSECA, E. C. N. F.; NUNES, F. C. Avaliação da degradação de pasto nativo embasada em parâmetros de solo. *Diversitas Journal*, v.6, p.1871 – 1885. 2021 Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1424/1355 Acesso em 07 de ago de 2022.
- PLANET TEAM, 2023. *Planet imagery product specifications* [www Document]. Planet Labs PBC. 2023. Disponível em: <https://www.planet.com/>. Acesso em 10/03/2023.
- PROJETO MAPBIOMAS – *Coleção [2010-2021] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil*. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 10 jun 2023
- QGIS. *Development Team*. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Versão 3.28. 2022
- RASTGOO, M; HASANFARD, A. Desertification in Agricultural Lands: Approaches to Mitigation. In: Zhu,Y.;Luo,Q.;Liu,Y (ed). *Deserts and Desertification*, chapter 10. Ed. IntechOpen, 2021 Disponível em: <https://doi.org/10.5772/intechopen.98795>. Acesso em: 10 abr 2023
- RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; MCCOOL, D.K.; YODER, D.C. *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington: USDA, 384p. (USDA. Agriculture handbook, 703). 1997.
- SÁ, I. B.; PAIVA, A. Q.; A desertificação no semiárido brasileiro. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C.; SOUZA, L. S. (ed.). *Manejo e Conservação do solo e da água*. Viçosa, MG: SBSCS, 2019. p. 19-23. ISBN 978-85-86504-25-9.
- SANTOS, J.C.N. DOS, ANDRADE, E.M. DE, MEDEIROS, P.H.A., ARAÚJO NETO, J.R. DE, PALÁCIO, H.A. DE Q., RODRIGUES, R. N. Determinação do fator de cobertura e dos coeficientes da MUSLE em microbacias no semiárido

brasileiro. *Rev. bras. eng. agric. ambient.*, v.18, n.11, p. 1157–1164. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1157-1164>. Acesso em: 10/02/2023.

SILVA, A. da R.; GUILHERME, J. S.; NOLASCO-CARVALHO, C. C.; ALBUQUERQUE, A. L. S. Diagnóstico do nível de Degradação de Pastagens no Município de Maravilha – Alagoas In: Congresso Regional de Zootecnia, 1, *Anais...* 2018. UFRPE Garanhuns-PE. 2018

SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N.; CURY, N.; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, Sul de Minas Gerais. *R. Bras. Ci. Solo*, 33: 1811-1820, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/cnstKFMGXyVTJzKth5QTyHK/?lang=pt_. Acesso em: 15 fev 2023

SILVA, M. S.; PAIVA, F. M. de L.; SANTOS, C. A. G. Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do Rio Capiá baseado em SIG e sensoriamento remoto. *Rev Bras Geografia Física*, Recife-PE, v.2, n. 1 jan/abril, p. 26-40. 2009

SILVA, W. R. T; CARVALHO, C. C. N. Avaliação de pastagem nativa em Major Izidoro - AL. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE, 1 e CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIVERSIDADE NO SEMIÁRIDO, 3, 2019, Campina Grande, *Anais...* 2018. Campina Grande: Realize, 2019, p. 1-6.

TORRES, A. M; AMARAL, R. S; CARVALHO, C. C. N; NUNES, F. C. Diagnóstico de pastagem cultivada com capim Faixa-branca - Digitaria unfolozi no sertão de Alagoas. In: CONGRESSO REGIONAL DE ZOOTECNIA, 1, *Anais...* 2018. UFRPE Garanhuns-PE, 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL. *Lapis utiliza metodologia inédita para monitorar processo de desertificação no Brasil*. UFAL - Maceió. 2019, julho 2. Disponível em: <https://ufal.br/ufal/noticias/2019/7/lapis-utiliza-metodologia-inedita-para-monitorar-processo-de-desertificacao-no-brasil> Acesso em: 02 de dez 2022

VALERIANO, M. DE M., 2008. *Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais* (text No. INPE-15318-RPE/818). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais 2008. Disponível em: <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>