

ÍNDICE DE ÁREAS AMBIENTALMENTE SENSÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO: APLICAÇÕES NO SUBMÉDIO VALE DO SÃO FRANCISCO

*INDEX OF AREAS ENVIRONMENTALLY SENSITIVE TO DESERTIFICATION: APPLICATIONS IN
THE SUBMEDIUM SÃO FRANCISCO VALLEY*

 Kelly Silva Santos ¹
 Antonio Rodrigues Santos ¹
 Cristiano Pereira de Souza ¹
 Kleber Carvalho Lima ²
 Sirius Oliveira Souza ¹

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Senhor do Bonfim, BA, Brasil

² Universidade de Pernambuco (UPE), Garanhuns, PE, Brasil

Resumo

As Áreas Ambientalmente Sensíveis à Desertificação (AASD) são regiões caracterizadas por elevada degradação causada tanto por ações humanas quanto por fatores climáticos. Esta sensibilidade resulta na degradação do solo e da vegetação, muitas vezes tornando a recuperação dessas áreas um desafio complexo, acompanhado de custos sociais, econômicos e ambientais significativos (MMA, 2007). Assim, este trabalho objetiva compreender a distribuição das Áreas Ambientalmente Sensíveis à Desertificação no trecho baiano do Submédio São Francisco. A metodologia utilizada foi embasada em revisões bibliográficas acerca das AASD e suas variáveis dentro do Submédio São Francisco, bem como pelo georreferenciamento e integração dos dados obtidos pelas plataformas do IBGE (2021), MapBiomas (2021) e pela ANA (2022), em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), no software QGIS. Desse modo, os resultados atingidos viabilizarão o desenvolvimento de novas pesquisas em maior detalhe, como também a implementação de políticas públicas que mitiguem o processo de desertificação.

Palavras-chave: Áreas Ambientalmente Sensíveis; Desertificação; Semiárido; SIG; Submédio São Francisco.

Abstract

The Environmentally Sensitive Areas to Desertification (ESAD) are regions characterized by severe degradation caused by both human actions and climatic factors. This sensitivity results in soil and vegetation degradation, often making the recovery of these areas a complex challenge, accompanied by significant social, economic, and environmental costs (MMA, 2007). Thus, this study aims to understand the distribution of Environmentally Sensitive Areas to Desertification in the Bahian segment of the Sub-Middle São Francisco. The methodology used was based on bibliographic reviews regarding ESAD and its variables within the Sub-Middle São Francisco, as well as through georeferencing and integrating data obtained from the IBGE (2021), MapBiomas (2021), and ANA (2022) platforms in a Geographic Information System (GIS) environment, using the QGIS software. Consequently, the results achieved will enable the development of more detailed research and the implementation of public policies to mitigate the desertification process.

Keywords: Environmentally Sensitive Areas; Desertification; Semi-arid; GIS; Sub-Medium São Francisco.

Recebido em: 06/08/2024 | 26/08/2025

Correspondência para: Kelly Silva Santos (kelly.beatriz@discente.univasf.edu.br)

INTRODUÇÃO

As Áreas Ambientalmente Sensíveis à Desertificação (AASD) são regiões caracterizadas por elevada degradação causada tanto por ações humanas quanto por fatores climáticos. Esta sensibilidade resulta na degradação do solo e da vegetação, muitas vezes tornando a recuperação dessas áreas um desafio complexo, acompanhado de custos sociais, econômicos e ambientais significativos (MMA, 2007). Além disso, as Áreas Ambientalmente





Sensíveis (AAS) apresentam uma suscetibilidade natural, especialmente em relação aos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo. Qualquer modificação ou mudança nessas áreas pode contribuir para perturbações ambientais sistêmicas, afetando o equilíbrio do ecossistema (Gomes e Pereira, 2011).

Nesse contexto, quando consideramos os elementos que levam à evidência das áreas ambientalmente sensíveis à desertificação, é relevante enfatizar a interação existente entre os fatores climáticos, geomorfológicos e a intervenção humana. Desta forma, a suscetibilidade do ecossistema promove o processo de desertificação, especialmente devido à utilização inadequada do solo e da água em atividades agropecuárias, mineração, irrigação mal planejada e ao desmatamento indiscriminado, como observado no estudo de Albuquerque *et al.*, (2020).

No âmbito internacional, o combate à desertificação é regido pela Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas (UNCCD), que estabelece diretrizes para prevenir, controlar e reverter os processos de degradação da terra em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas. Além disso, a Meta 15.3 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) estabelece que, até 2030, deve-se combater a desertificação, restaurar terras e solos degradados, buscando alcançar a neutralidade de degradação do solo (ONU, 2024). Essas iniciativas globais reforçam a importância do monitoramento e manejo sustentável das áreas ambientalmente sensíveis à desertificação.

Desse modo, em um estudo realizado na cidade de Parroquia San Juan, Venezuela, situada na bacia média inferior do rio Chama, Molina *et al.*, (2019) propuseram uma metodologia de classificação das Áreas Ambientalmente Sensíveis à Desertificação (AASD) baseada em solo, clima, vegetação e manejo do solo. Os resultados revelaram que a região de San Juan é altamente sensível à desertificação, abrangendo 88,60% de sua área, com sensibilidade crítica nos subtipos de áreas altamente sensíveis, sensíveis e pouco sensíveis (Molina *et al.*, 2019).

Ainda no cenário internacional, Yang *et al.* (2021) monitoraram a dinâmica do processo de desertificação na região do Sahel através da análise de mudanças espaço-temporais e também dos principais fatores contribuintes para a intensificação desse processo, como mudanças climáticas e atividades antrópicas, utilizando dados do Espectrorradiômetro de Imagens de Resolução Moderada (MODIS). A partir deste estudo, constataram a existência de fatores determinantes cruciais para a implementação de estratégias eficazes de controle da desertificação.

Além disso, Wijitkosum (2021) avaliou a suscetibilidade à desertificação na bacia hidrográfica de Lam Ta Kong com base no Índice de Sensibilidade Ambiental, visto que foram consideradas cinco variáveis de risco: fatores climáticos, tipos de solo, fatores geográficos, uso e ocupação da terra e utilização de recursos hídricos. Esses dados foram integrados em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) com técnicas de sensoriamento remoto. Os resultados mostraram que cerca de 33% da bacia hidrográfica foi



comprometida pelo processo de desertificação, sendo que as causas da degradação estavam principalmente relacionadas aos fatores do solo.

No contexto nacional, Soares (2012) buscou entender a problemática da degradação ambiental no município de Cabrobó, Pernambuco, onde avaliou a influência dos fatores físicos e humanos dentro dos processos que aceleram a desertificação. Os métodos de análise levaram em conta a identificação de áreas desmatadas com a utilização de imagens do satélite Landsat 5-TM, análise da Condutividade Elétrica do extrato de saturação e Percentagem de Sódio Trocável (PST). O estudo apontou que os solos do município de Cabrobó possuem um elevado grau de suscetibilidade à degradação.

Já no município de Irauçuba (CE), Santos *et al.*, (2014) conseguiram demonstrar que as principais causas da desertificação em Irauçuba são os intensos desmatamentos, práticas de queimadas e ocupação desordenada do solo. Além disso, Oliveira *et al.*, (2024) realizaram uma análise das transformações do uso e ocupação da terra no Núcleo de Desertificação do Seridó Potiguar, no estado da Paraíba, ao longo de um período de 32 anos, por meio do software QGIS, e destacaram que em decorrência da intensificação das ações antrópicas, o processo de desertificação se agravou progressivamente ao longo dos anos.

Nessa perspectiva, Souza *et al.*, (2024) também utilizando técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, mapearam o uso e a ocupação do Núcleo de Desertificação de Cabrobó utilizando dados dos anos de 1989, 2005 e 2019, o que possibilitou a identificação de áreas com solos expostos, potencialmente suscetíveis a processos erosivos na região.

Diante dessa problemática, tornou-se imperativo realizar um trabalho que, ao mesmo tempo, produza informações e conhecimento sobre as áreas ambientalmente sensíveis à desertificação contribua para o entendimento dos processos de degradação no Submédio São Francisco. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo compreender a distribuição das Áreas Ambientalmente Sensíveis à Desertificação no trecho baiano do Submédio São Francisco.

Tendo em vista o exposto, este trabalho se justifica, em termos de relevância social, frente ao atendimento dos instrumentos previstos na Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, instituída pela Lei Federal nº13.153/2015 que estabelece diretrizes e ações para prevenir, controlar e reverter o processo de desertificação, bem como mitigar os efeitos da seca em regiões vulneráveis do país (BRASIL, 2015). Além disso, a identificação de Áreas Ambientalmente Sensíveis à Desertificação (IAASD) é crucial para orientar políticas de monitoramento, conservação e desenvolvimento sustentável.

METODOLOGIA

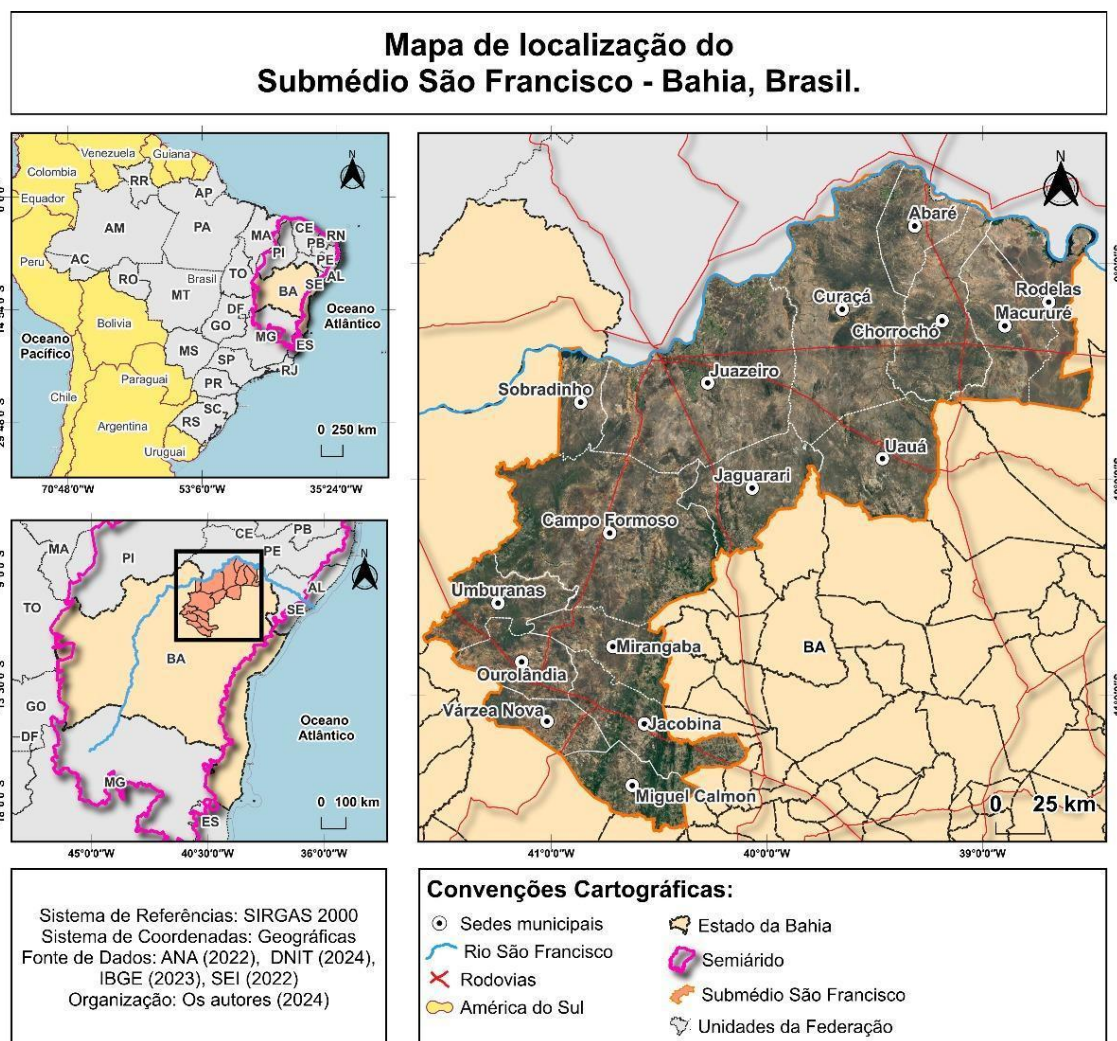
Caracterização da área em estudo

A região do trecho baiano do Submédio São Francisco está localizada no norte do estado da Bahia, com território situado entre os paralelos 8°32'05"S e 10°43'51"S e os meridianos 38°29'17"O e 41°34'39"O de Greenwich. A região possui uma área de 46.186



km², sendo composta por dezesseis municípios, como é possível visualizar abaixo na Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização do trecho baiano da Região do Submédio São Francisco - Bahia, Brasil



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

A região está inserida no que foi tradicionalmente denominado Polígono das Secas, uma delimitação oficial estabelecida pelo Governo Federal que abrange áreas do Nordeste caracterizadas por elevada variabilidade pluviométrica e ocorrência periódica de déficits hídricos (BRASIL, 1936). Embora amplamente utilizado em estudos ambientais e de políticas públicas, ressalta-se que este termo possui conotações históricas que enfatizam a escassez e a vulnerabilidade da região, não refletindo a diversidade ambiental, produtiva e socioeconômica presentes na região atualmente denominada de Semiárido Brasileiro (Figura 1).

Se tratando da área em estudo, cerca de 80% do Submédio São Francisco baiano é recoberto pelo clima Semiárido, com precipitações anuais inferiores a 800 mm e temperaturas



médias anuais variando entre 25° C a 27° C. Apenas 20% da área é recoberta pelo clima tropical úmido, com inverno seco e estação chuvosa no verão (Silva *et al.*, 2010).

No que se refere ao contexto geológico, a área do Submédio São Francisco está inserida no cráton do São Francisco que se caracteriza pela presença de rochas cristalinas e solos rasos e pedregosos. A litologia desta área consiste em três classes geológicas predominantes pertencentes ao período Proterozóico: Jequié-Curaçá, Sobradinho-Paramirim e Espinhaço-Chapada Diamantina (RADAMBRASIL, 1983). Dentro desse contexto, as estruturas geológicas contribuem para a existência de depressões, pediplanos e planícies com solos pouco desenvolvidos e afloramentos constantes, recobertos pela vegetação de Caatinga (Cunha *et al.*, 2010).

Dessa forma, a cobertura pedológica no Submédio São Francisco está diretamente relacionada com o clima, a vegetação e o relevo. Assim, há uma predominância de solo da classe dos Neossolos, caracterizados por serem rasos, onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm (EMBRAPA, 2018).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), o Submédio São Francisco possui um quantitativo populacional de cerca de 641.250 habitantes, sendo que o município de Juazeiro possui 237.821 habitantes, o maior contingente da região. Além disso, o Submédio São Francisco apresenta diferentes usos e ocupações do solo, incluindo a atividade agrícola, a pecuária, a mineração, as áreas urbanas e os usos associados aos recursos hídricos da região.

Procedimentos metodológicos

Para identificar Áreas Ambientalmente Sensíveis à Desertificação no Submédio São Francisco baiano, foram avaliados quatro indicadores (Tabela 1), com base na metodologia proposta no Sistema de Alerta Precoce Contra Seca e Desertificação do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE, 2016).

Tabela 1 – Indicadores do processo de desertificação

Variáveis	Critérios	Fonte e escala do material
Índice de Qualidade Climática	Variação de aridez	Escala 1:250.000 a partir de ANA (2022)
Índice de Qualidade do Manejo	Tipo de uso e Ocupação	Escala 1:250.000 a partir de MAPBIOMAS (2021)
Índice de Qualidade da Vegetação	Tipo de vegetação	Organizado em escala 1:250.000 com base no IBGE (2021)
Índice de Qualidade do Solo	Profundidade do Solo	Construído com base no IBGE (2021) em escala 1:250.000

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Desta forma, a metodologia deste estudo seguiu uma abordagem sistemática, dividida em 3 etapas bem definidas. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica abrangente,



explorando a literatura relevante relacionada à temática das Áreas Ambientalmente Sensíveis à Desertificação e suas variáveis dentro do Submédio São Francisco.

A segunda etapa prosseguiu com a integração de ferramentas em geoprocessamento, utilizando o software gratuito QGIS, na versão 3.30.1. Para o processamento dos dados no formato de imagens tiff do Índice de Qualidade Climática (IQC), Índice de Qualidade do Manejo (IQM), Índice de Qualidade da Vegetação (IQV) e do Índice de Qualidade do Solo (IQS), foram coletados dados de diferentes plataformas tais como: MapBiomass (2022), Agência Nacional das Águas (ANA, 2022), RADAMBRASIL e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

Diante disso, os índices supracitados foram elaborados em uma escala de 1:250.000 em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) através da ferramenta “Reclassificar por tabela” a partir da distribuição das áreas dentro do Submédio, obedecendo aos critérios de classificação de 1 a 5, onde o número 1 caracteriza as áreas do Submédio relacionadas aos índices de qualidade muito baixa, o 2 (baixa), o 3 (média), o 4 (alta) e por fim, o 5 (muito alta).

Posteriormente, para a realização da 3ª etapa e da construção do Índice de Sensibilidade à Desertificação, foi desenvolvida a partir do cálculo da álgebra das variáveis IQM, IQS, IQV e IQC onde os valores classificados foram somados e divididos por 4 (quantidade de variáveis) por meio da ferramenta "Calculadora Raster" no software QGIS 3.28.8. Esta etapa envolveu a definição de intervalos que refletiam as áreas quantitativas representadas em quilômetros quadrados (km²), sendo avaliados e classificados conforme a escala supracitada.

Em seguida, como ilustrado na Tabela 2, delimitou-se seis classes distintas para o Índice de Qualidade Climática (IQC), com a classificação numérica inicial (≤ 1517) representando as áreas que possuem um excelente índice de aridez. Enquanto que em ordem crescente a sexta classe apresenta valores de aridez acima de (≥ 1885). Além disso, as regiões do Submédio baiano que possuem baixo índice de aridez são menos propensas à escassez de água, possuindo uma precipitação adequada e as regiões com alto índice de aridez estão susceptíveis a processos desertificadores e evaporação elevada (Barros, 2010).

Tabela 2 – Classes e valores do Índice de Qualidade Climática (IQC)

Índice de Aridez	Valores do IQC
≤ 1517	1
1517 1601	2
1601 1686	3
1686 1771	4
1771 1855	5
≥ 1885	5

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).



O Índice de Qualidade do Manejo (IQM) foi elaborado a partir das classes de uso e ocupação do solo em escala de 1:250.000, cedidas pela plataforma MapBiomas do ano de 2022 com 10 metros de resolução. Neste índice, organizou-se as simbologias e legendas de acordo com os códigos de legenda descritos no MAPBIOMAS Brasil (2022). Por fim, efetuou-se a reclassificação por tabela, agregando os valores (Tabela 3) de acordo com as áreas de uso e ocupação no mapa.

Dessa forma, os valores atribuídos nesse processo estão relacionados com a excessiva exploração humana da terra e devem ser levados em consideração para uma melhor compreensão dos fatores que podem estar contribuindo para desencadear o processo de desertificação, bem como suas causas, onde os resultados são cruciais para intervenções políticas adequadas (Vieira, 2015).

Tabela 3 – Classes e valores do Índice de Qualidade de Manejo (IQM)

Classes de Uso e Ocupação	Valores
Caatinga Arbustiva e/ou Floresta Residual	1
Caatinga Herbácea	1
Corpos d'Água	1
Uso Não Identificado	1
Área Artificial	3
Lavoura Permanente	3
Pastagem com Manejo	3
Silvicultura	3
Lavoura Temporária	4
Mosaico de Uso	4
Área Descoberta	5
Mineração	5

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Nesse mesmo contexto, o Índice de Qualidade da Vegetação (IQV), foi gerado de acordo com os dados de vegetação disponibilizados pelo IBGE (2022) e integrados em ambiente SIG para corresponder a área do Submédio São Francisco na Bahia. Portanto, a reclassificação dos dados para a adição dos valores (Tabela 4) foi correspondente às classes de vegetação presentes no trecho baiano do Submédio São Francisco e também, aos valores atribuídos para cada classe. Além disso, destaca-se que o IQV se faz necessário para o estudo de Áreas Ambientalmente Sensíveis à Desertificação, visto que o tipo de vegetação e sua densidade possibilitam condições para a proteção do solo contra agentes erosivos, agentes que aceleram o processo de desertificação nas áreas de clima semiárido (Molina *et al.*, 2019).



Tabela 4 – Classes e valores do Índice de Qualidade de Vegetação (IQV)

Classes de Vegetação	Valores
Refúgios Vegetacionais Alto-Montano	1
Caatinga Arborizada	3
Classes de Vegetação (cont.)	Valores (cont.)
Caatinga/Caatinga Estépica/Floresta Estacional	3
Caatinga Estépica/Floresta Estacional	3
Caatinga-Estépica Gramíneo-Lenhosa	3
Caatinga-Estépica Arborizada	4
Caatinga-Estépica Florestada	4
Caatinga-Estépica Parque	4
Vegetação Secundária	4
Atividades Agrárias	5

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

No que se refere ao Índice de Qualidade do Solo (IQS), este consistiu no processamento dos dados relacionados aos tipos de solos presentes no Submédio São Francisco baiano e disponibilizadas pelo RADAMBRASIL (2021), adaptadas para uma escala de 1:250.000 acrescentando-se os valores de 1 a 5 (Tabela 5) para cada classe de solo.

Tabela 5 – Classes e valores do Índice de Qualidade do Solo (IQS)

Classes de Solos	Valores
Latossolo Amarelo Distrófico	1
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	1
Vertissolo Cromado Órtico	1
Argissolo Amarelo Eutrófico	2
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	2
Neossolo Litólico distrófico	2
Neossolo Litólico Eutrófico	2
Cambissolo Háptico Eutrófico	4
Neossolo Flúvico Eutrófico	4
Neossolo Quartzarênico Órtico	4
Neossolo Regolítico Eutrófico	4
Luvissolo Crômico Órtico	5
Planossolo Háptico Eutrófico	5
Planossolo Nátrico Órtico	5

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).



Sequencialmente, o Índice de Sensibilidade à Desertificação (ISD) do Submédio São Francisco foi o resultado da média aritmética encontrada com base no cálculo da álgebra das variáveis: Índice de Qualidade Climática, Índice de Qualidade do Manejo, Índice de Qualidade da Vegetação e Índice de Qualidade do Solo, dado que para a determinação deste índice, fez-se necessária a soma e a divisão das variáveis (totalizando 4), através da “Calculadora Raster”, que é uma ferramenta atribuída ao QGIS, e também, distribuída em cinco classes, com intervalos dispostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores médios para as classes do Índice de Sensibilidade à Desertificação (ISD)

Classificação	Intervalos
Muito Baixo	≤ 2
Baixo	$2 \text{ † } 4$
Médio	$4 \text{ † } 6$
Alto	$6 \text{ † } 8$
Muito Alto	≥ 8

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Após a confecção final do Índice de Sensibilidade à Desertificação, foi realizado um trabalho de campo nas áreas com os índices mais altos atribuídos, onde foram capturadas diversas imagens de alta resolução com o uso de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), Drone DJI SE, bem como o registro descritivo dos locais visitados e dos pontos amostrais coletados com a utilização do *Global Positioning System* (GPS) no caderno de campo.

A metodologia adaptada do Sistema de Alerta Precoce Contra Seca e Desertificação do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE, 2016) desenvolvida, poderá ser utilizada considerando-se diferentes escalas de trabalho, de modo que resultados possam ser obtidos de forma satisfatória, demonstrando a magnitude do risco da desertificação em diferentes áreas do Submédio São Francisco, além dos fatores que possam contribuir para desencadear o processo.

RESULTADOS

Variáveis do Índice de Sensibilidade à Desertificação

O Índice de Qualidade Climática (IQC) foi gerado com base no Índice de Aridez (IA) de Thornthwaite (1948), que qualifica a relação entre os valores de precipitação (P) e os da evapotranspiração potencial (ETP) para cada local. Além disso, quanto mais alto o IA, mais elevada é a umidade do local, no entanto, quanto mais baixo este índice, mais secas são as áreas (Silva *et al.*, 2023).

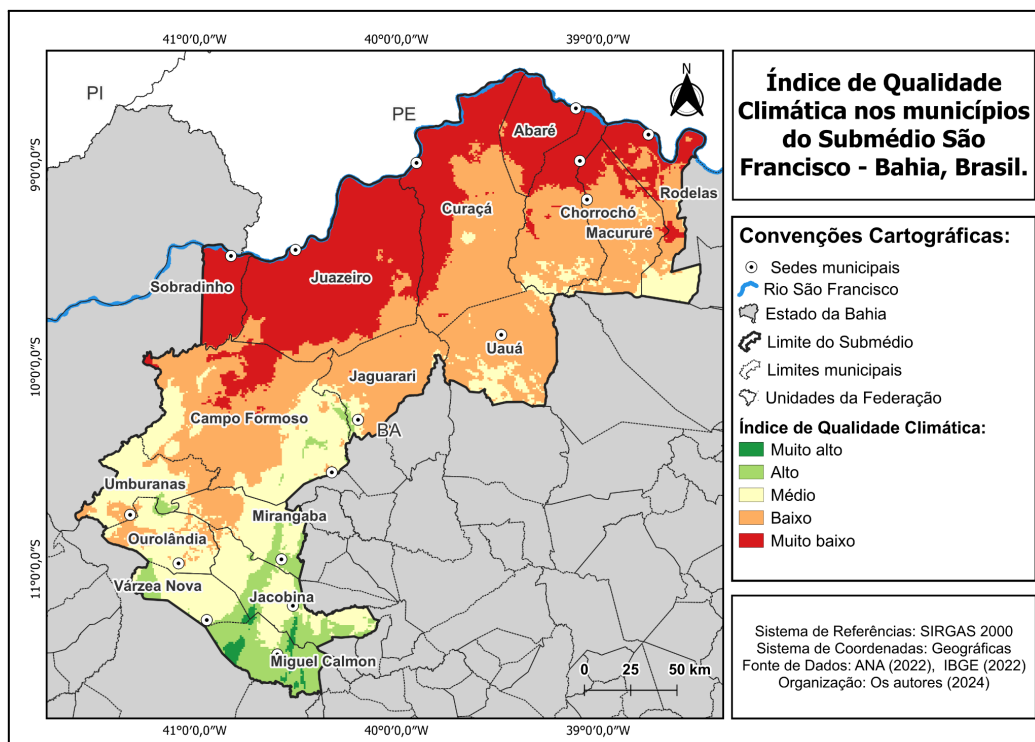


Além do mais, o domínio de um baixo IA pode afetar diretamente a manutenção dos ecossistemas que protegem o solo, pois um índice de aridez baixo causa alterações negativas na química do solo, reduzindo a nutrição das plantas, dos microrganismos benéficos, como também o teor de húmus e deslocando o pH da terra. Ademais, reduz a produtividade do solo, ocasionando a perda da cobertura vegetal, contribuindo para a degradação do terreno e tornando a terra suscetível à erosão, intensificando o processo de desertificação (Nunes *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2023).

Mediante a análise das variáveis que fazem parte da área de estudo, no que se refere ao Índice de Qualidade Climática (IQC), é importante destacar que entre parte dos municípios de Campo Formoso, Chorrochó, Curaçá, Jaguarari, Juazeiro, Macururé, Rodelas, Sobradinho e Uauá predominam índices médios, altos e também, muito altos (Figura 2). Outrossim, grande parte dos municípios de Abaré, Juazeiro e Sobradinho são drasticamente afetados pelo domínio do IQC muito alto, sendo consequentemente afetados por problemáticas decorrentes do processo de desertificação.

No tocante ao Índice de Qualidade do Manejo (IQM) de acordo com a Figura 3, é possível constatar que os 16 municípios dispostos no trecho baiano do Submédio São Francisco apresentam níveis médios e altos de qualidade do manejo, no entanto, as regiões mais afetadas pela grave falta de planejamento de uso e ocupação estão nas áreas de Abaré, Chorrochó, Juazeiro, Macururé, Mirangaba, Ourolândia, Rodelas, Uauá e Várzea Nova.

Figura 2 - Mapa de IQC nos municípios baianos do Submédio São Francisco



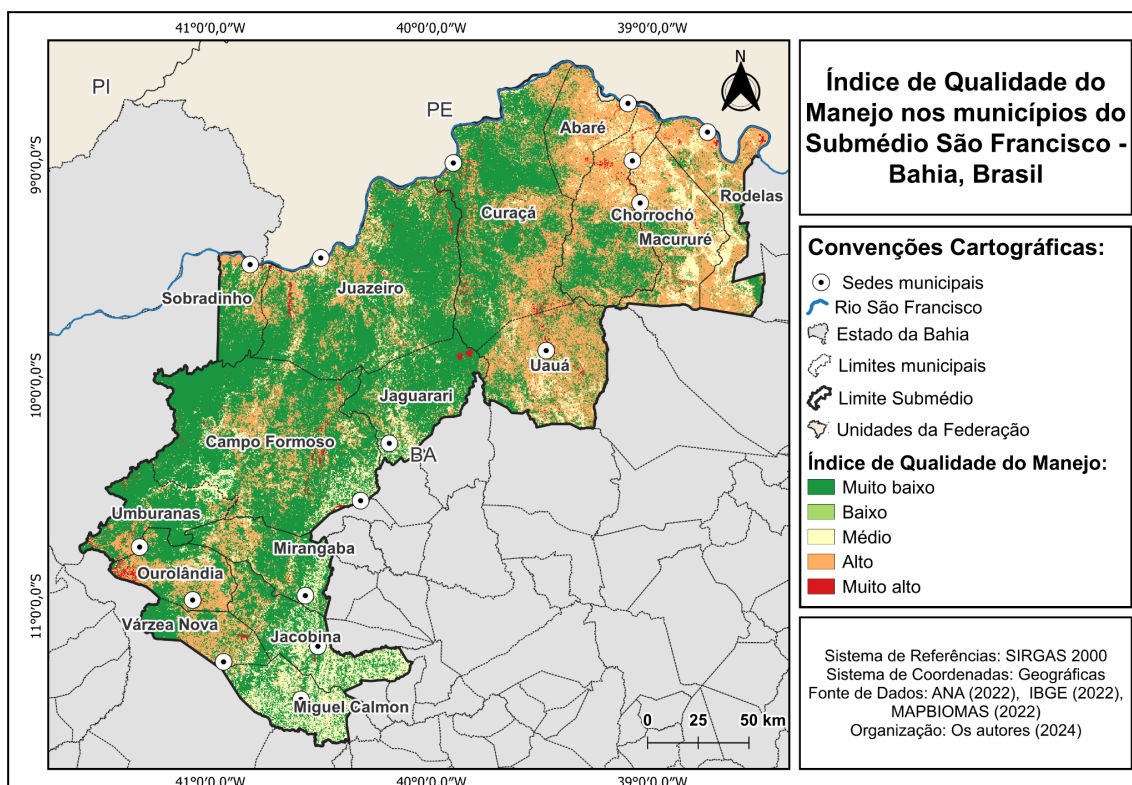
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).



Adicionalmente, ressalta-se que as distintas classes de Uso e Ocupação da terra influenciam significativamente o aumento da suscetibilidade ao processo de desertificação através da combinação de fatores ambientais e atividades antrópicas, que podem suceder em modificações irreversíveis ao meio ambiente, bem como acometer o equilíbrio ecológico destas áreas, como ocorre no bioma Caatinga, que predomina no Submédio Vale do São Francisco (Medeiros e Souza, 2016; Júnior e Pereira, 2023).

Desse modo, ressalta-se a influência negativa das classes de Uso e Ocupação de valores equivalentes a 5, como as áreas descobertas e a mineração (Tabela 3), que contribuem para a degradação da terra. Nessa perspectiva, observa-se que as atividades humanas impõem medidas de manejo que alteram profundamente a paisagem, tornando o solo susceptível aos processos erosivos. Outrossim, cabe destacar que em sua maioria, essas ações são motivadas pelas necessidades econômicas da mineração e da pecuária, que exigem demandas elevadas, como a remoção da cobertura vegetal (Paschoal *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2024).

Figura 3 - Mapa do índice de Qualidade do Manejo (IQM) nos municípios do Submédio São Francisco



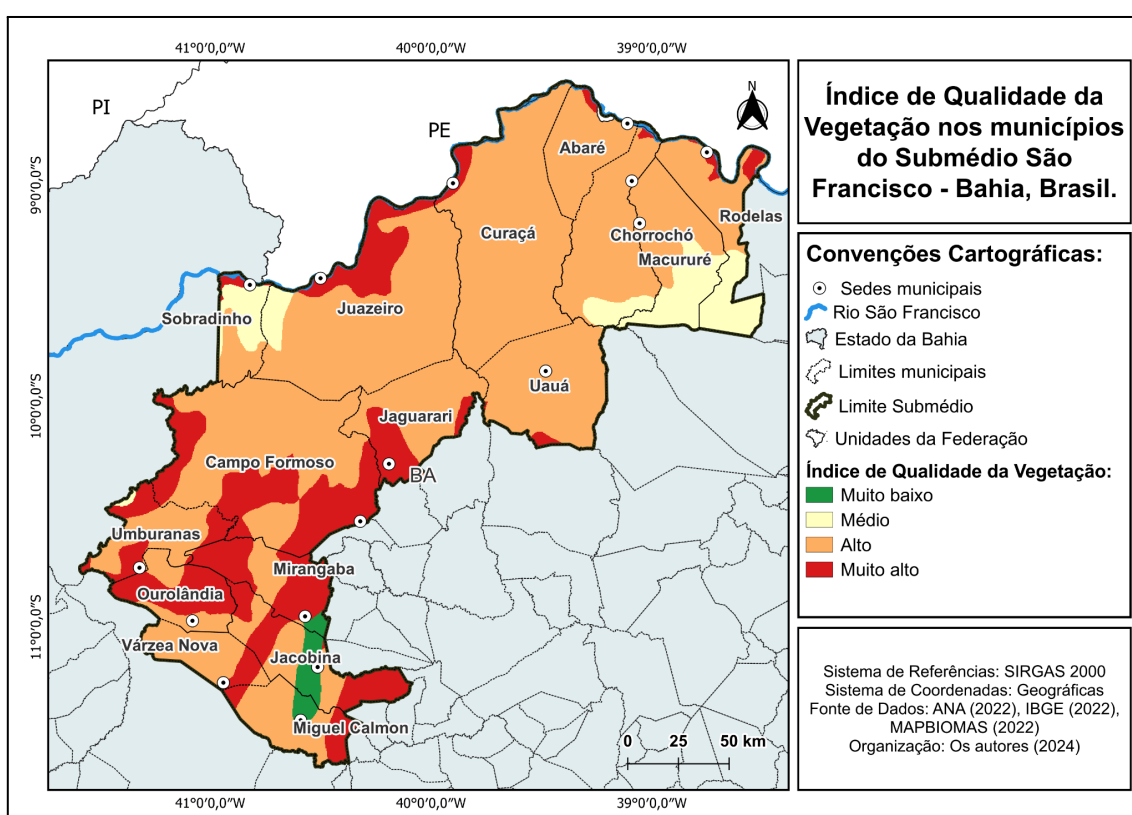
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Na área de estudo, conforme ilustrado abaixo na Figura 4, é evidente a predominância de áreas classificadas com qualidade da vegetação alta e muito alta, de acordo com o Índice de Qualidade da Vegetação (IQV). Assim, esse padrão é observado de forma consistente em todos os 16 municípios do trecho baiano do Submédio São Francisco, destacando a prevalência de IQV alto e muito alto nessa região.



É notório que as classes de vegetação Caatinga-Estépica Arborizada, Caatinga-Estépica Florestada, Caatinga-Estépica Parque, Vegetação Secundária e Atividades Agrárias, elencadas com valores 4 e 5 na Tabela 4, influenciam gradativamente na suscetibilidade à desertificação. Isso se deve às variadas restrições físicas e químicas dos solos do semiárido baiano, bem como à exploração intensiva dos recursos naturais. Esses fatores interferem diretamente no bioma Caatinga e na cobertura vegetal dessas áreas, tornando-as expostas e ainda mais vulneráveis ao processo de desertificação (Araújo e Sousa, 2011).

Figura 4 - Mapa do índice de Qualidade da Vegetação (IQV) nos municípios do Submédio São Francisco



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

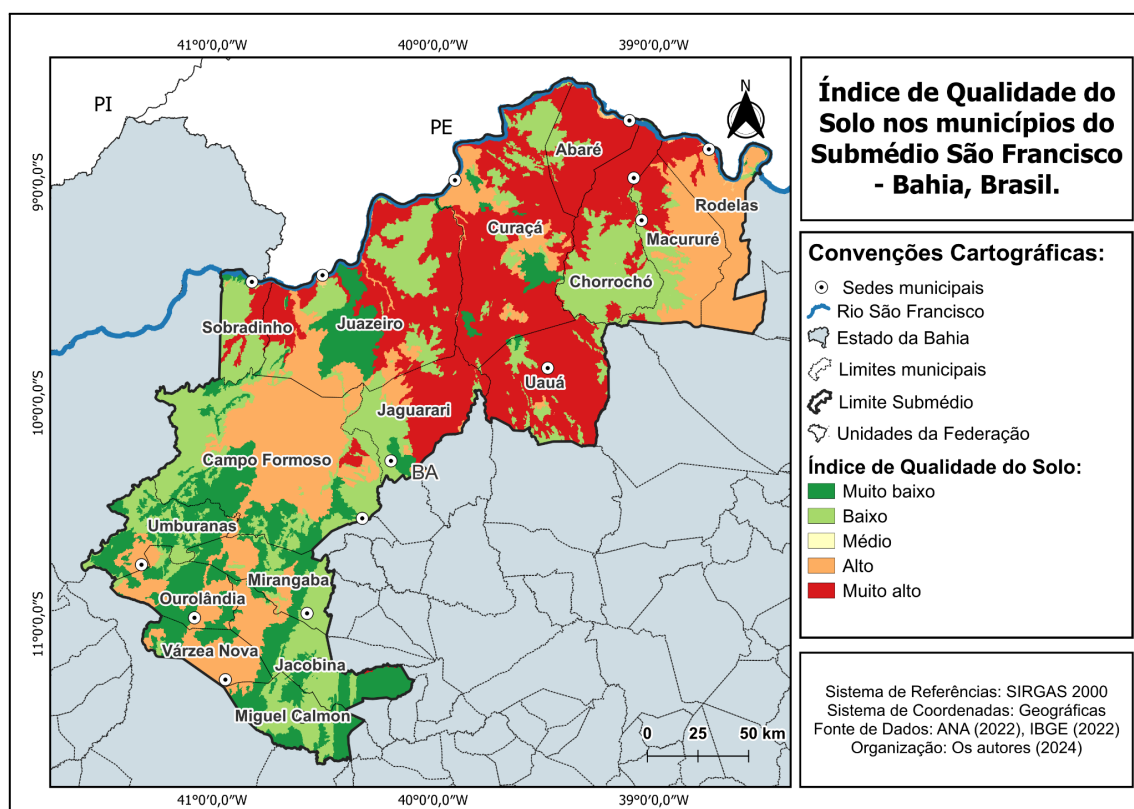
Quanto à qualidade do solo no Submédio São Francisco, o Índice de Qualidade do Solo (IQS) demonstrou que os tipos de solos referentes ao Submédio entre os municípios de Jacobina, Miguel Calmon, Ouro-lândia, Sobradinho e Umburanas são de qualidade muito baixa e baixa quando comparados com a qualidade do solo das áreas de Abaré, Campo Formoso, Chorrochó, Curaçá, Jaguarari, Juazeiro, Macururé, Mirangaba, Rodelas, Uauá e Várzea Nova onde predominam áreas de parâmetros médios, altos e muito altos, como é possível observar na Figura 5 a seguir.

Desse modo, os solos dispostos entre a extensão da área de estudo com valores equivalentes a 5, como os Luvisolos crômicos Órticos, Planossolos háplicos Eutróficos e



Planossolos nátricos Órticos estão associados ao processo de desertificação. E isso se deve não apenas ao manejo excessivo e inadequado da terra, mas também às características naturais desses solos, que são rasos e possuem camadas subsuperficiais endurecidas. Essas características dificultam a penetração das raízes e contribuem para a exposição do solo (EMBRAPA, 2021).

Figura 5 - Mapa do índice de Qualidade do Solo (IQS) nos municípios do Submédio São Francisco



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Além disso, os Luvisolos são altamente suscetíveis a processos erosivos devido à diferença textural entre os horizontes A e B. Também, a ocorrência desses solos em áreas com déficits hídricos pode levar ao acúmulo de sais minerais no solo, resultando em salinização e prejudicando suas propriedades. Do mesmo modo, os Planossolos, presentes em ambientes semiáridos tropicais com alta evapotranspiração, tendem a acumular sais na superfície, interferindo no crescimento da vegetação (Holanda *et al.*, 2007; Sá *et al.*, 2015; EMBRAPA, 2021; Santos *et al.*, 2024).

Índice de Sensibilidade à Desertificação no trecho baiano do Submédio São Francisco

A partir da análise das variáveis e dos procedimentos descritos anteriormente, apresenta-se na Tabela 07 e na Figura 06 os resultados obtidos através do estudo dos índices



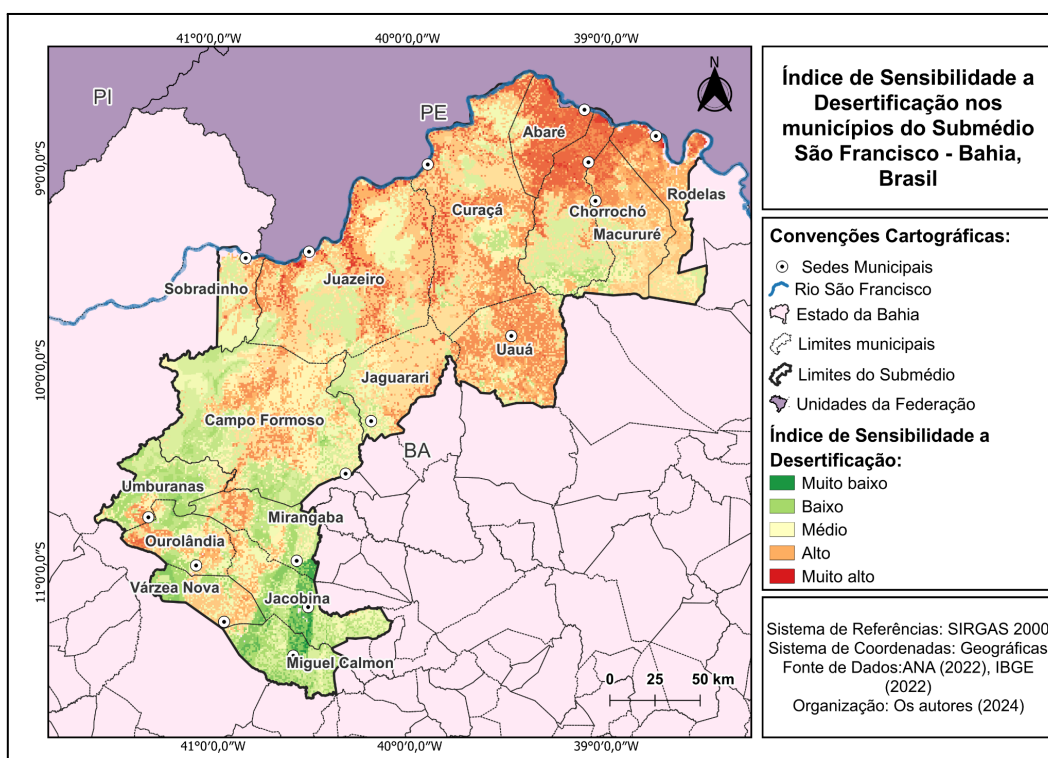
de Áreas Sensíveis à Desertificação no Submédio São Francisco. Tais resultados demonstram que a área em estudo possui níveis do Índice de Sensibilidade Ambiental (IAS) problemáticos, que apontam a necessidade de planejamento, pois os elementos examinados indicam a elevada suscetibilidade a processos erosivos, que podem desenvolver diversas feições erosivas, perda da cobertura do solo, desequilíbrio de ecossistemas e também, a lixiviação dos nutrientes presentes no solo destes ambientes.

Tabela 7 – Classes de IAS no trecho baiano do Submédio Vale do São Francisco.

Classes	Área em km ²	Área em %
Muito Baixo	23.477,32	47,28%
Baixo	2.979,19	6,00%
Médio	17.725,65	35,71%
Alto	2.142,48	4,31%
Muito Alto	3.257,92	6,56%
Total	49.582,56	100%

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Figura 6 - Mapa do Índice de Sensibilidade à Desertificação (IAS) nos municípios baianos do Submédio São Francisco



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Inicia-se a discussão pelas áreas que apresentam índices de sensibilidade muito altos, ou seja, áreas que estão ameaçadas pelo processo de desertificação. Esta classe engloba



3.257,92 km² da área de estudo, cerca de 6,56% (Tabela 07) e inclui pontos de Áreas Sensíveis à Desertificação dentro dos municípios de Abaré, Chorrochó, Curaçá, Jaguarari, Juazeiro, Macururé, Rodelas e Sobradinho.

Essa classe engloba, portanto, as áreas mais sensíveis à desertificação dentro do trecho baiano do Submédio São Francisco. Essas regiões estão sujeitas a uma elevada suscetibilidade à desertificação devido à intensa degradação da vegetação, da terra e também, dos recursos hídricos, resultante de fatores antrópicos e climáticos.

Outrossim, a exposição dos solos e a erosão representam indicadores críticos do processo de desertificação, como visto nas Figuras 7, levando à deterioração da qualidade do solo e da vegetação das áreas afetadas. É importante destacar que, a exposição do solo facilita a remoção de camadas superficiais da terra, agravando a erosão e dificultando a recuperação do terreno, o que resulta em elevados custos ambientais, econômicos e sociais, contribuindo para a vulnerabilidade social dos indivíduos que necessitam da agricultura como meio de subsistência. Esses fatores evidenciam a urgência de estratégias de manejo sustentável para mitigar os impactos adversos da desertificação (Barra, 2010; Lima *et al.*, 2023).

Figuras 7 - Áreas de exposição do solo e feições erosivas lineares no município de Chorrochó - BA



Fonte: Os autores (2024).

Desta forma, recomenda-se para estas áreas o desenvolvimento de projetos de monitoramento que identifiquem os pontos considerados graves e sensíveis à desertificação na região do Submédio. Ressalta-se que uma especial atenção deve ser dada à possibilidade de degradação do solo e a outros impactos ambientais. Além disso, é crucial a implementação de projetos e medidas que permitam a recuperação da vegetação degradada e a promoção da sustentabilidade ambiental.

Já a classe alta de sensibilidade à desertificação, compreende cerca de 2.142,48 km², o que corresponde a 4,31% da área total. Esta classe ocorre predominantemente nos municípios de Abaré, Chorrochó, Curaçá, Jaguarari, Macururé, Rodelas, Uauá e em partes que se estendem desde Juazeiro, ao território central do município de Campo Formoso, bem como em partes de Jacobina, Mirangaba, Ourilândia, Sobradinho, Umburanas e Várzea Nova.



À vista disso, notam-se os ambientes que são altamente sensíveis ao processo de desertificação, problemática ligada diretamente aos níveis altos de Índice de Qualidade de Manejo, Índice de Qualidade de Vegetação, Índice de Qualidade de Solos e ao baixo Índice de Qualidade Climática.

A partir da análise do grau de sensibilidade à desertificação desses itens, observa-se a intensa ocupação do solo para fins agrícolas, que ocasiona o desmatamento e intensifica a perda da cobertura vegetal, resultando na exposição dos solos, e sua consequente erosão que pode resultar na lixiviação dos nutrientes. Além disso, o uso de pesticidas químicos que interferem de forma distinta na dinâmica de vários ecossistemas, entre outras adversidades observadas em trabalho de campo, representam uma séria ameaça à sustentabilidade ambiental da região, comprometendo a fertilidade do solo, a biodiversidade local, a qualidade dos recursos hídricos e a qualidade de vida da sociedade (Reis e Souza, 2019).

Portanto, torna-se fundamental a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e a implementação de medidas de conservação e recuperação do solo, visando a prevenção da desertificação e a promoção de um desenvolvimento mais equilibrado e responsável (Assad e Almeida, 2004). Sugere-se que para estas áreas seja requisitada uma maior atenção por meio de projetos de recuperação das áreas degradadas. Para que no futuro, tornem-se áreas menos propensas ao fenômeno da desertificação e para que sejam utilizadas de forma controlada a partir dos limites impostos pela legislação ambiental brasileira em acordo com o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) que estabelece diretrizes para a preservação e recuperação de áreas de vegetação, inclusive aquelas que podem estar em risco de desertificação (Brasil, 2012).

A classe de médio Índice de Sensibilidade à Desertificação ocupa cerca de 17.725,65 km², compreendendo 35,71% da área total de estudo. Estas recobrem parte dos municípios de Curaçá, Jaguarari, Juazeiro, Sobradinho e Uauá, adentrando para trechos dos municípios de Campo Formoso, Jacobina, Mirangaba e Umburanas. E, por ser uma área de grande extensão e intermediária entre as classes de alta sensibilidade, é crucial a implementação de políticas públicas que visem mitigar os processos erosivos nessas regiões. Além disso, é necessário conscientizar a população sobre as consequências do uso desordenado da terra e da remoção inadequada dos recursos naturais.

Para áreas de média sensibilidade à desertificação no Submédio São Francisco, recomenda-se a implementação do Zoneamento Ambiental baseado em monitoramento e avaliação detalhados. Essa proposta deve estar alinhada com os instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente que tem como principal objetivo a promoção da preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental. O Zoneamento Ambiental, conforme previsto na lei federal nº 6.938 de 1981, é uma ferramenta eficaz para organização do uso do solo e a ocupação do território, considerando as características ambientais e os impactos potenciais das atividades humanas (Brasil, 1981; Santos e Ranieri, 2013).

Além disso, a Lei Federal nº 6.766, de 1979, conhecida como Lei do Parcelamento do Solo Urbano, estabelece as diretrizes para o fracionamento do solo urbano no Brasil e a sua aplicação se faz crucial nas áreas de IAS médio, visto que esta legislação visa garantir que o



desenvolvimento urbano ocorra de maneira organizada e planejada, promovendo a qualidade de vida e o bem-estar dos habitantes das áreas urbanas (Brasil, 1979).

Igualmente, a classe de baixa e muito baixa sensibilidade à desertificação, ocupam cerca de 26.456,51 km², correspondendo a 53,28% da área do Submédio baiano. Estes índices estão presentes em grande parte dos municípios de Campo Formoso, Jacobina, Mirangaba, Miguel Calmon, Ourolândia, Várzea Nova e Umburanas, as menores ocorrências estão presentes na região ao norte do Submédio baiano, próximas a fronteira com o estado de Pernambuco. Ressalta-se que estes trechos possuem baixa suscetibilidade ao processo de desertificação, em decorrência dos baixos IQC, IQM, IQV e IQS.

Para os municípios de Campo Formoso, Jacobina, Mirangaba, Miguel Calmon, Ourolândia, Várzea Nova e Umburanas, sugere-se a aplicação da Lei nº 6.938, de 1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente, para que assim, seja assegurado o planejamento e ordenamento destas áreas, de modo que esses índices baixos e muito baixos, não progridam para médios, altos e muito altos, amenizando a suscetibilidade à desertificação nessas regiões e preservando a cobertura vegetal destes ambientes (Brasil, 1981).

Portanto, é indicada a ação de práticas sustentáveis de manejo e uso e ocupação das terras para essas áreas, tais como: o planejamento da expansão urbana, o reflorestamento de áreas descobertas, a valorização da arborização urbana, assim como a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, como a utilização de tecnologias sociais de captação e armazenamento de água.

Em síntese, faz-se necessária a preservação dessas áreas com a finalidade de preservar os solos e por consequência evitar a perda da biodiversidade. Além disso, faz-se necessário utilizar formas de manejo sustentável, monitoramento ambiental e restauração de sistemas, contribuindo assim para implementação de políticas de conservação adaptadas às necessidades locais da região do Submédio São Francisco na Bahia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do Índice de Sensibilidade Ambiental (IAS) no Submédio São Francisco demonstrou a predominância de índices médios em relação à sensibilidade à desertificação, indicando que há um crescimento exponencial desse índice, que atua como fase transitória entre os índices muito alto e muito baixo. Além disso, a redução das áreas de baixo índice abrange as regiões onde estão presentes os municípios agravados pela desertificação e contribui para o aumento da sensibilidade nas áreas com ótimos índices.

Deste modo, a identificação dos cinco índices de sensibilidade à desertificação apresentados neste estudo indica alguns parâmetros de suporte para o planejamento relacionado às áreas com índices muito altos, para que sejam restaurados e para os índices considerados médios e baixos, visando sua melhoria, evitando que esses índices se agravem devido às ações antrópicas na área do Submédio vale do São Francisco.



Percebe-se a necessidade do desenvolvimento de estudos tanto nessa temática como na área do Submédio baiano e no Semiárido Brasileiro como um todo, visando à valorização dessas áreas através de medidas de restauração e conservação do solo. Também é crucial implementar estratégias de recuperação que incluam ações como reflorestamento, controle de erosão e práticas agrícolas sustentáveis. Além disso, o planejamento deve incluir ações preventivas para evitar a deterioração destas áreas.

Além do mais, é de extrema urgência que investimentos em pesquisas nesse âmbito sejam destinados, assim como a implementação de tecnologias e práticas sustentáveis que possibilitem a aplicação adequada da Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, instituída através da Lei federal nº 13.153, de 30 de julho de 2015 (BRASIL, 2015), visando não somente a conservação dos recursos naturais, mas também a garantia de boas condições de vida às gerações futuras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processo nº 408197/2021-8), pelo apoio e fomento concedidos para a realização desta pesquisa

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, E. M.; MATALLO, H.; LIMA, J. R. Ciencia y desertificación en América Latina. Centro de Investigaciones de Zonas Áridas, Peru, v. 15, n. 2, p. 349-360, 2014.
- ALBUQUERQUE, D. S.; SOUZA, S. D. G.; SOUZA, A. C. N.; SOUSA, M. L. M. Cenário da desertificação no território brasileiro e ações de combate à problemática no Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. Sociedade e Ambiente no Semiárido: Controvérsias e Abordagens, Rio Grande do Norte, v. 55, n. 0, p. 673-696, 2020.
- ARAÚJO, C. S. F.; SOUSA, A. N. Estudo do processo de desertificação na Caatinga: uma proposta de educação ambiental. Ciência & Educação, Bauru, v. 17, n. 4, p. 975-986, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000400013>.
- ASSAD, M. L. L.; ALMEIDA, J. Agricultura e Sustentabilidade. Ciência & Ambiente, Rio Grande do Sul, v. 29, n. 1, p. 15-30, set. 2004. Disponível em: https://www.ufrgs.br/temas/wp-content/uploads/2021/04/2004_agricultura_sustentabilidade.pdf. Acesso em: 20 out. 2023.
- BARROS, K. O. Índice de Aridez como indicador da suscetibilidade à desertificação na Mesorregião Norte de Minas. 2010. 89 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharelado em Geografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: <https://www.novos cursos.ufv.br/graduacao/ufv/geo/www/wp-content/uploads/2013/08/Kelly-de-Oliveira-Barros.pdf>. Acesso em: 28 set. 2023.
- BRASIL. Lei nº 175, de 7 de janeiro de 1936. Dispõe sobre as obras e serviços contra as secas e a regularização de cursos d'água. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jan. 1936.
- BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 dez. 1979. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6766.htm. Acesso em 26 de julho de 2024.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Institui a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em 26 de julho de 2024.



BRASIL. Lei nº 13.153, de 30 de julho de 2015. Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 31 jul. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13153.htm. Acesso em: 26 out 2023.

BRASIL. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Diário Oficial da União, Brasília, 11 jul. 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 20 out 2023.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União, Brasília, 28 mai. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 20 out. 2023.

COSTA, A. C.; SOARES, A. O. Local spatiotemporal dynamics of a simple aridity index in a region susceptible to desertification. *Journal of Arid Environments*. Lisboa, p. 8-18. maio 2012.

CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; MELO, R. F.; NETO, M. B. O.; SILVA, M. S. L.. ALVAREZ, I. A. Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação. 1ed. Brasília: Embrapa, 2010, v. 1, p. 51-89.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. (Embrapa. Documentos, 106).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Bioma da Caatinga: Luvisolos. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/solos/luvisolos>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Bioma da Caatinga: Planossolos. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/solos/planossolos>.

ESCOBAR, I. P.; OLIVEIRA, S. A. M.; LIMA, S. P. S.; PRADO, R. L.; FERREIRA, A. T. A. Reprocessamento digital das imagens SLAR geradas pelos projetos RADAM e RADAMBRASIL - projeto RADAM-D. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, v. 21, n. 16, p. 4395-4397, 2005.

FERREIRA, A. Sistema de Alerta Precoce Contra Seca e Desertificação. 2023. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/>. Acesso em: 20 out. 2023.

FREIRE, N. C. F.; PACHECO, A. P. Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingó. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, p. 16-21, 2005.

GOMES, M. A. F.; PEREIRA, L. C. Áreas frágeis no Brasil: subsídios à legislação ambiental. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 30 p, 2011.

HOLANDA, A. C.; SANTOS, R. V.; SOUTO, J. S.; ALVES, A. R. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por saís. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.7, n.1, p.39 - 50. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. IBGE. Censo 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 3 out. 2022.

INPE. Sistema de Alerta Precoce Contra Seca e Desertificação. 2016. Disponível em: <http://sap.ccst.inpe.br/#:~:text=A%20metodologia%20proposta%20baseia%2Dse,e%20local%20dos%20processos%20atuantes>. Acesso em: 15 jun. 2023.

JÚNIOR, I. O.; PEREIRA, A. J. Evolução do uso e cobertura da terra e vulnerabilidade ambiental nos núcleos de desertificação do bioma Caatinga. Caderno de Geografia, v. 33, n. 74, 2318-2962, 2023. DOI: DOI 10.5752/p.2318-2962.2023v33n74p910.

LIMA, K. C.; LUPINACCI, C. M.; GOMES, D. D. M.; SOUZA, S. O.; ALEXANDRE, F. S. Erosão em áreas suscetíveis à desertificação no Semiárido: possibilidades de análise por meio da cartografia geomorfológica baseada em imagens de altíssima resolução. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 24, nº 2. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i2.2319>.

MAPBIOMAS. Coleções MapBiomas. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. >Acesso em: 03 maio 2023.



MEDEIROS, C. N.; SOUZA, M. J. N. Metodologia para mapeamento da vulnerabilidade socioambiental: caso do município de Caucaia, estado do Ceará. *Revista Eletrônica do PRODEMA*, v. 10, n. 1, p. 54-73, 2016.

MOLINA, G. Z.; MEJÍA, J. F.; ARAUJO, J. C.; PALOMARES, V. A. Índice de Áreas Ambientalmente Sensíveis à Desertificação (IAASD), paróquia San Juan, Mérida, Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, Venezuela, v. 60, n. 2, p. 378-397, 2019.

NUNES, F. C.; ALVES, L. J.; CARVALHO, C. C. N.; GROSS, E.; SOARES, T. M.; PRASAD, M. N. V. O solo como um sistema ecológico complexo para atender à segurança alimentar e nutricional. In PRASAD, M. N. V.; PIETRZYKOWSKI, M. *Climate Change and Soil Interactions*. 1ed. Amsterdã: Elsevier, 2020, v. 1, p. 229-269.

OLIVEIRA, L. R.; VITAL, S. R. O.; SILVA, L. C. M.; SILVA, J. V. A.; MOURA, C. M. S. Análise das transformações do Uso e Cobertura da Terra no Núcleo de Desertificação do Seridó Potiguar. *Revista Contexto Geográfico*, Maceió, v. 9, n. 18, p. 108-122, 2024. DOI: <https://doi.org/10.28998/contegeo.9i.18.16829>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Meta 15.3 – Combater a desertificação, restaurar terras e solos degradados e alcançar a neutralidade de degradação do solo até 2030. Nova York: ONU, 2024. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals/goal15>. Acesso em: 14 ago. 2025.

PAIXÃO, R. M. C. A avifauna da estação ecológica do raso da Catarina, Bahia-Brasil. 2012. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, 2012. Disponível em: <https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3035/1/PDF%20-%20Randson%20Modesto%20Co%20C3%AAIho%20da%20Paix%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 26 out. 2023.

PASCHOAL, L. G.; RAMOS, A. M.; CUNHA, L. J. S.; CUNHA, C. M. L. Estudos geomorfológicos em área de mineração em Portugal: Cartografia geomorfológica para análise do impacto sobre o relevo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 61-78, 2016. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i1.497>.

REIS, F. S. SOUZA, S. O. Vulnerabilidade ambiental do município de Senhor do Bonfim (BA) enquanto subsídio ao Ordenamento Ambiental. *Revista Geotemas*, Pau dos Ferros, v. 9, n. 2, p. 07 - 29, 2019. Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/930>.

SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TAURA, T. A.; DRUMOND, M. A. Mapeamento da desertificação da Região de Desenvolvimento Sertão do São Francisco com base na cobertura vegetal e nas classes de solos. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 8, p. 510-524, 2015. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1031934>.

SANTOS, E. G.; SANTOS, C. A. C.; BEZERRA, B. G.; NASCIMENTO, F. C. A. Análise de parâmetros ambientais no Núcleo de Desertificação de Irauçuba - CE usando imagens de satélite. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Pernambuco, v. 7, n. 5, p. 915-926, set. 2014.

SANTOS, K. B. S.; SANTOS, A. F. R.; VALÉZIO, E. V.; ALMEIDA, M. A.; SOUZA, S. O. A cartografiado relevo e suas contribuições ao planejamento de áreas susceptíveis à desertificação: Aplicações no Submédio Vale do São Francisco. *Revista Contexto Geográfico*, Maceió, v. 9, n. 18, p. 337-352, 2024. DOI: <https://doi.org/10.28998/contegeo.9i.18.16844>.

SANTOS, M. R. R.; RANIERI, V. E. L. Critérios para análise do Zoneamento Ambiental como instrumento de planejamento e ordenamento territorial. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 43-62, dez. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/CdDcTNkgtxpzcPtsjBKLb5z/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 out. 2023.

SILVA, L. A. P.; SILVA, C. R.; SOUZA, C. M. P.; BOLFE, E. L.; SOUZA, J. P. S.; LEITE, M. E. Mapeamento da aridez e suas conexões com classes do clima e desertificação climática em cenários futuros – Semiárido Brasileiro. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 35, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-67666>.

SOARES, D. B. Degradação ambiental no Semiárido Pernambucano: contribuição ao estudo da desertificação. 144 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10554>.

SOUZA, D. D. R.; FILHO, J. C. A.; ARAÚJO, M. S. B.; SILVA, D. F. Análise espaço-temporal do Uso da Terra em municípios do Núcleo de Desertificação de Cabrobó, Pernambuco. *Revista Contexto Geográfico*, Maceió, v. 9, n. 18, p. 133-142, 2024. DOI: <https://doi.org/10.28998/contegeo.9i.18.16810>.



SOUZA, S. O. Proposta de zoneamento geoambiental como subsídio ao planejamento do uso e da ocupação na Região Costa das Baleias (Bahia). 226 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas. 2017. DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2017.983072>.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*, v. 38, n. 1, p. 55–94, 1948. DOI: <https://doi.org/10.2307/210739>.

VIEIRA, R. M. S. P. Suscetibilidade a degradação/desertificação no Semiárido Brasileiro: Tendências atuais e cenários decorrentes das mudanças climáticas e do uso da terra. 111 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/03.09.04.35/doc/thisInformationItemHomePage.html>. Acesso em: 02 out. 2023.

WIJITKOSUM, S. Factor influencing land degradation sensitivity and desertification in a drought prone watershed in Thailand. *International Soil and Water Conservation Research*, v. 9, n. 2, p. 217-228. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.10.005>.

YANG, Z.; GAO, X.; LEI, J.; MENG, X.; ZHOU, N. Analysis of Spatiotemporal Changes and Driving Factors of Desertification in the Africa Sahel. *Catena*, v. 213. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106213>.