

EXPANSÃO DE ÁREAS ÁRIDAS NO BRASIL: AS MICRORREGIÕES DOS CARIRIS NO CONTEXTO DAS EMERGÊNCIAS CLIMÁTICAS

EXPANSION OF ARID AREAS IN BRAZIL: THE MICROREGIONS OF THE CARIRIS IN THE CONTEXT OF CLIMATIC EMERGENCIES

EXPANSIÓN DE ÁREAS ÁRIDAS EN BRASIL: LAS MICRORREGIONES DE LOS CARIRIS EN EL CONTEXTO DE EMERGENCIAS CLIMÁTICAS

EXPANSION DES ZONES ARIDES AU BRÉSIL : LES MICRORÉGIONS DES CARIRIS DANS LE CONTEXTE DES URGENCES CLIMATIQUES

Humberto Alves Barbosa¹

Catarina de Oliveira Buriti²

¹ Fundador e Coordenador do Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (Lapis)/ Universidade Federal de Alagoas (Ufal). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9641-806X>. E-mail: barbosa33@gmail.com.

² Instituto Nacional do Semiárido (Insa/MCTI). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0527-7899>. E-mail: catarina.buriti@gmail.com.

Agradecimentos: A pesquisa contou com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Processo nº 88881.7050501/2022-01, concedido por meio do Programa Emergencial de Prevenção e Enfretamento de Desastres Relacionados a Emergências Climáticas, Eventos Extremos e Acidentes Ambientais (PEPEEC) e o Plano de Apoio do CNPq, Processo nº 403223/2021-0, por meio do Programa de Monitoramento da Desertificação no Semiárido Brasileiro.

Introdução

As microrregiões dos Cariris, no Semiárido da Paraíba, são consideradas a área geográfica mais seca do Brasil e altamente suscetível ao processo de desertificação (Buriti; Barbosa, 2018; Buriti; Barbosa, 2022). Nos anos 1970, os Cariris Velhos, como a região era chamada, foram classificados como um dos seis núcleos de desertificação do Nordeste brasileiro. Em geral, são locais que apresentam sinais de severa degradação, como grandes manchas desnudas e/ou cobertura vegetal rala, além da erosão do solo (Vasconcelos Sobrinho, 1978).

Em pesquisas recentes, realizadas no Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (Lapis), foram observados indicadores ambientais e climáticos que demonstram os impactos da mudança climática no Semiárido brasileiro. De acordo com Barbosa (2024), de 1990 a 2022, houve uma rápida expansão das áreas áridas e semiáridas do Brasil. Identificou-se que existem áreas áridas em cerca de 8% da região, incluindo área significativa dos Cariris paraibanos. Nesse período, também houve a perda de mais da metade das terras subúmidas secas (Agreste), que estão se tornando semiáridas.

Em outra pesquisa, Barbosa (2023) identificou uma situação bastante grave para a situação climático-ambiental do Semiárido brasileiro. Analisando imagens de satélite do período 2004-2022, constatou-se que áreas severamente degradadas já reduzem a formação de nuvens de chuva na região. Essa situação aumenta o risco de secas extremas, da expansão das áreas áridas e semiáridas, bem como do aumento da desertificação. É um círculo vicioso, que se retroalimenta – a degradação das terras provoca secas atmosféricas, que por sua vez, agravam a degradação, com impactos severos sobre a biodiversidade.

As secas aumentam a situação de deterioração das terras em áreas como os Cariris paraibanos, sendo todo esse processo agravado pela mudança climática. E não apenas as megassecas históricas, como ocorreu no período 2011-2017 (Buriti, Barbosa, 2018; Williams *et al.*, 2020), mas também as chamadas secas-relâmpago. Do inglês *flash drought*, as secas-relâmpago correspondem a uma nova tipologia de evento climático extremo, decorrente da mudança climática. São secas rápidas e de forte intensidade, acompanhadas de altas temperaturas, que costumam ocorrer durante o verão. Barbosa (2023) realizou uma pesquisa inédita sobre as características desse tipo de seca no Brasil. O estudo identificou que costumam durar de algumas semanas até um mês, na sua região semiárida. O efeito combinado da redução na cobertura vegetal, aumento das temperaturas e baixa umidade do solo, durante as secas-relâmpago, piora ainda mais a condição de aridez na região (Barbosa, 2024).

Um mapeamento realizado pelo Laboratório Lapis, a partir de dados de satélites, identificou-se que 13% das terras do Semiárido brasileiro já estão desertificadas. Na Paraíba, cerca de 11% das terras estão desertificadas (degradadas de forma grave ou muito grave), sendo esse percentual em relação à área total do estado. Grande parte dessas terras estão

nos núcleos de desertificação dos Cariris paraibanos e do Seridó (territórios da Paraíba e do Rio Grande do Norte). Nessas áreas, convergem um conjunto de vulnerabilidades ambientais, climáticas, socioeconômicas, sanitária e institucional (Buriti; Barbosa, 2022).

Projeções indicam redução de até 40% das chuvas no Semiárido brasileiro, até o final do século, em razão da mudança climática (Marengo *et al.*, 2016). Isso significa secas mais frequentes e intensas, combinadas com altas temperaturas na região. Os impactos das secas extremas são severos para a produção de alimentos e para a permanência da população na região (Brasil, 2015).

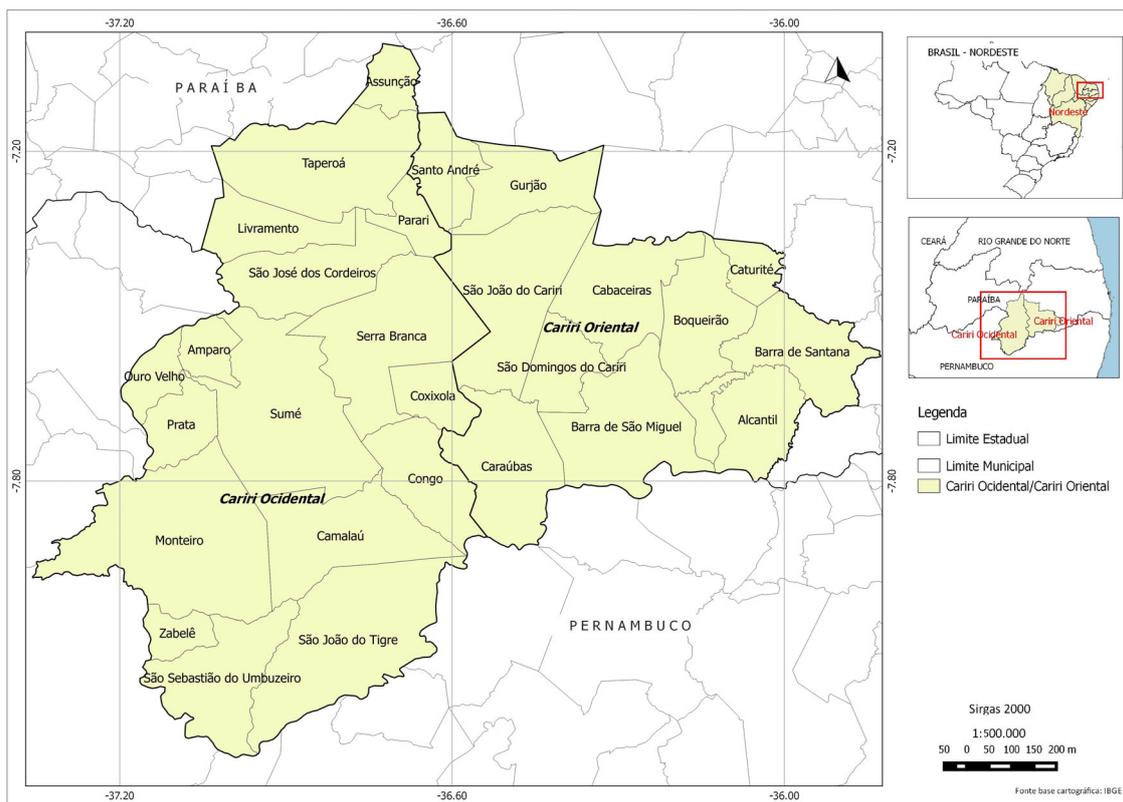
Assim, o objetivo deste capítulo é analisar a situação climático-ambiental das microrregiões dos Cariris paraibanos, no contexto da mudança climática. Tal contexto se caracteriza por eventos climáticos extremos mais comuns, principalmente de secas-relâmpago, acompanhada de altas temperaturas. Além disso, da consequente expansão de áreas áridas ou semiáridas, aumento da degradação das terras e da desertificação.

Materiais e Métodos

Área de estudo

O estudo foi delimitado às fronteiras do atual Semiárido brasileiro, em particular dos Cariris paraibanos. Localizados no sul da Paraíba, conforme apresentado na Figura 1, essas microrregiões ocupam uma área de aproximadamente 11.225 km², formados pelo Cariri Oriental (12 municípios) e pelo Cariri Ocidental (17 municípios), inseridos na região do Semiárido brasileiro. Sua população total é estimada em 194.376 habitantes (IBGE, 2016; Meneses; Nascimento, 2014).

As microrregiões fazem parte da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Norte, compreendendo as regiões hidrográficas do Alto e de parte do Médio curso do rio Paraíba, bem como da sub-bacia do rio Taperoá.



Fonte: IBGE (2000).

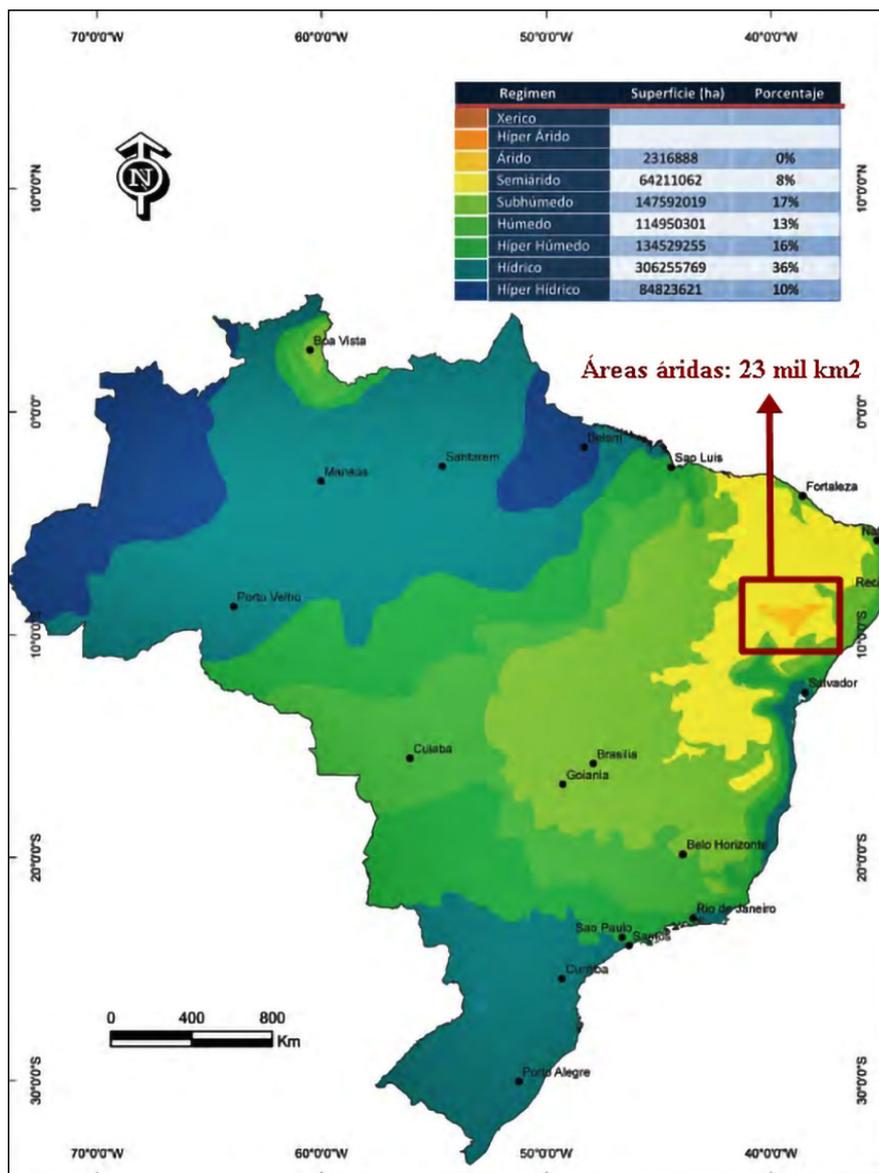
Figura 1. Microrregiões do Cariri Oriental e do Cariri Ocidental paraibanos.

Surgimento de áreas áridas no Brasil

A existência de áreas áridas no Semiárido brasileiro foi identificada inicialmente em estudo que ocasionou a publicação do Atlas das Zonas Áridas da América Latina e do Caribe (UNESCO, 2010). Na época, constatou-se que existiam pelo menos 23 mil km² de áreas áridas, restritas a territórios do norte da Bahia e sul de Pernambuco, em uma região conhecida como o Raso da Catarina. A Figura 2 mostra o resultado do mapeamento.

O Atlas foi baseado em dados de estações meteorológicas, do período de 1970 a 2000, enviados por pesquisadores brasileiros integrantes do estudo. Cada país da América Latina e do Caribe fez o controle da qualidade dos dados e os enviou para o Programa Hidrológico Internacional (PHI). Posteriormente, Barbosa, Lakshmi-Kumar e Silva (2015) analisaram esses dados sobre o surgimento de áreas áridas no Nordeste brasileiro.

O mapeamento já apresentou melhorias nos dados e na metodologia utilizada. O Atlas tomou por base não apenas a análise do índice de aridez (relação entre a taxa de evapotranspiração potencial e o volume de precipitação), mas também considerou o regime hídrico da região, ou seja, a quantidade de meses secos, a partir do índice de aridez. Essa metodologia permitiu fazer a classificação climática sazonal (mensalmente), tendo como limiar o índice de aridez de 0,50.



Fonte: Unesco (2010).

Figura 2. Mapeamento das áreas áridas no Brasil.

Mas apesar de a pesquisa da Unesco ter aprimorado a análise, ao não se limitar ao estudo da média anual, dependia da infraestrutura de coleta de dados disponíveis, ainda insuficientes em algumas áreas da região. Barbosa (2024) destaca que ainda existem vazios na coleta de dados em superfície, que dificultam a delimitação precisa das áreas áridas e semiáridas do Brasil. Há várias áreas de transição na região que ainda não são observadas na superfície, em razão da ausência de estações meteorológicas instaladas. Apenas dados de satélite fornecem informações sobre essas áreas.

Além disso, existe uma diferença marcante entre aridez da superfície (índice de aridez) e aridez atmosférica. O índice de aridez compara somente o valor anual médio da evapotranspiração com a média da precipitação total anual. Dessa relação, consideram-se áreas áridas aquelas que apresentam índice de aridez de 0,05 a 0,20. No Atlas da Unesco

(2010), esse índice de aridez foi comparado com o regime hídrico da região, que considera a sazonalidade da precipitação, ou seja, o número de meses secos ao longo do ano. Uma área árida normalmente enfrenta de 9 a 10 meses de seca.

Já a aridez atmosférica está ligada à secagem da atmosfera. Ocorre quando se observa perda de umidade, menor presença de vapor d'água na atmosfera, redução das nuvens e, conseqüentemente, diminuição das chuvas em determinada região (Barbosa, 2023). O estudo realizado pelo Laboratório Lapis, descrito neste capítulo, desenvolveu uma metodologia abrangente, que permite analisar a relação entre dados da superfície terrestre e dados da atmosfera, conforme será descrito a seguir.

Procedimentos Metodológicos

Neste capítulo, são apresentados resultados de pesquisas recentes do Laboratório Lapis sobre a expansão das áreas áridas e semiáridas no Brasil. Em seguida, é analisada a situação ambiental e climática das microrregiões dos Cariris paraibanos, no contexto da mudança climática no Semiárido brasileiro.

A metodologia utilizada neste trabalho foi baseada em Barbosa (2023) e Barbosa (2024). Trata-se de uma metodologia que integra tanto variáveis da superfície terrestre quanto da atmosfera, permitindo comparar sua relação. Foram analisadas bases de dados de satélites do período de 1990 a 2022. Em uma primeira etapa da pesquisa, focada na superfície terrestre, os estudos foram feitos a partir de índices de precipitação, umidade do solo e temperatura, baseados em dados de satélites. Também foi analisada a resposta da vegetação às secas, levando-se em conta a umidade do solo e a temperatura, com dados de satélites do período de 2004-2022.

Foram calculados o Índice Padronizado de Precipitação e Temperatura (SPEI) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O SPEI é um índice global muito utilizado, que define a condição de secas extremas, analisando-se limiares de seca a cada mês. Esse índice de seca considera precipitação e temperatura, para definir o número de meses secos e definir a situação da aridez na região. Esses dados foram relacionados ainda com a situação da cobertura vegetal, a partir da análise do NDVI.

A partir do mapeamento feito com índices de seca e NDVI, a estimativa foi validada com uma amostra de dados *in situ* da superfície. Todavia, isso depende dos pontos em que as estações meteorológicas estão localizadas. Nas áreas em que há vazios de dados de superfície, essa correlação foi feita com uma amostra de dados de precipitação obtidos por sensores remotos (Barbosa, 2024).

No estudo, ao invés de utilizar apenas os dados de precipitação e evapotranspiração, tradicionalmente utilizado para analisar o índice de aridez, foi usado o SPEI, um índice que permite analisar essas duas variáveis, além da temperatura máxima, para caracterizar a aridez climática de determinada região.

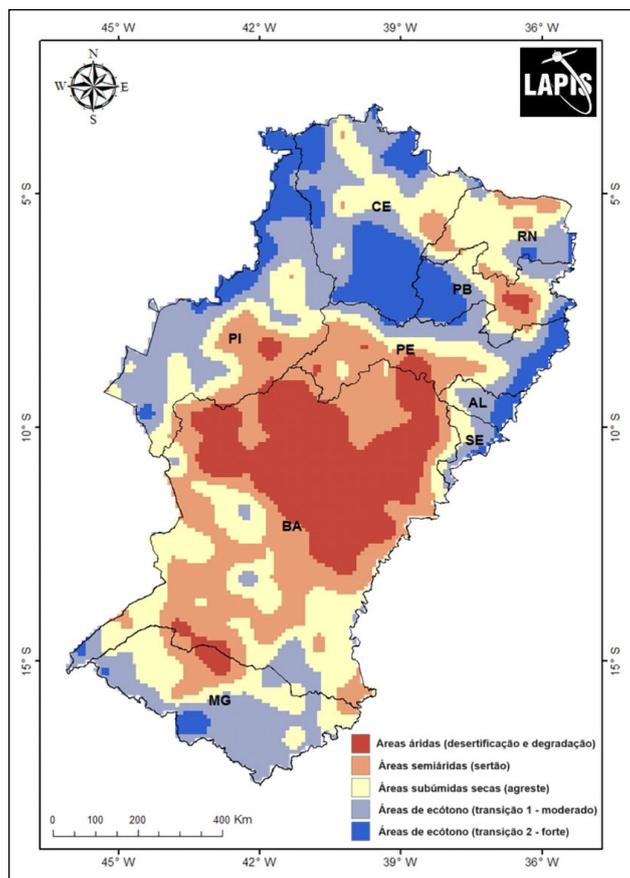
Dessa forma, a metodologia do estudo não se baseou na análise dos dados pela média dos dados, que geralmente mascara os extremos climáticos. Mas em quantos meses secos ocorreram, ao longo do período de 12 meses. Com isso, caracterizou-se o índice de aridez usando o SPEI, em uma série de dados de 30 anos, mapeando a aridez climática do Semiárido brasileiro.

Em uma segunda etapa, essas áreas foram comparadas com o balanço de energia da atmosfera, olhando o indicador de radiação de onda curta (a radiação solar que incide sobre a superfície terrestre) e o indicador da radiação de onda longa (emitida da superfície para o espaço). Para isso, foram utilizados dados do satélite Meteosat-11, referentes ao período de 2004-2022.

Com isso, o estudo permitiu identificar evidências de como a degradação das terras (situação da superfície) já impacta na redução das nuvens de chuva sobre o Semiárido brasileiro (situação atmosférica). Essa integração de dados é fundamental para entender a complexidade das mudanças na região, tanto do ponto de vista climático quanto do acelerado processo de degradação das terras, especialmente em áreas como as microrregiões dos Cariris da Paraíba.

Resultados e Discussão

Mapeamento mostra expansão das áreas áridas e semiáridas no Brasil



Fonte: Lapis.

Figura 3. Distribuição espacial das terras secas no Semiárido brasileiro, a partir de dados de satélites (1990-2022).

No período de 1990 a 2022, o Semiárido brasileiro tornou-se mais árido. Um mapeamento recente feito pelo Laboratório Lapis mostrou que a aridez já afeta área significativa da Bahia, além de áreas de Pernambuco, Paraíba, Piauí e uma pequena proporção do norte de Minas Gerais. O aumento da aridez, observado a partir de séries de dados históricos, ocorreu principalmente em razão do agravamento das secas e da piora no aquecimento global (Barbosa, 2024).

O novo mapeamento feito por Barbosa (2024) mostrou a expansão das áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas no Semiárido brasileiro, conforme apresentado na Figura 3. A pesquisa se deteve às fronteiras da delimitação do Semiárido de 2017, sem incluir a situação das áreas do entorno. O mapa destaca a distribuição espacial das terras secas no Semiárido brasileiro (áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas), bem como suas áreas de transição, a partir de dados de satélites do período de 1990 a 2022.

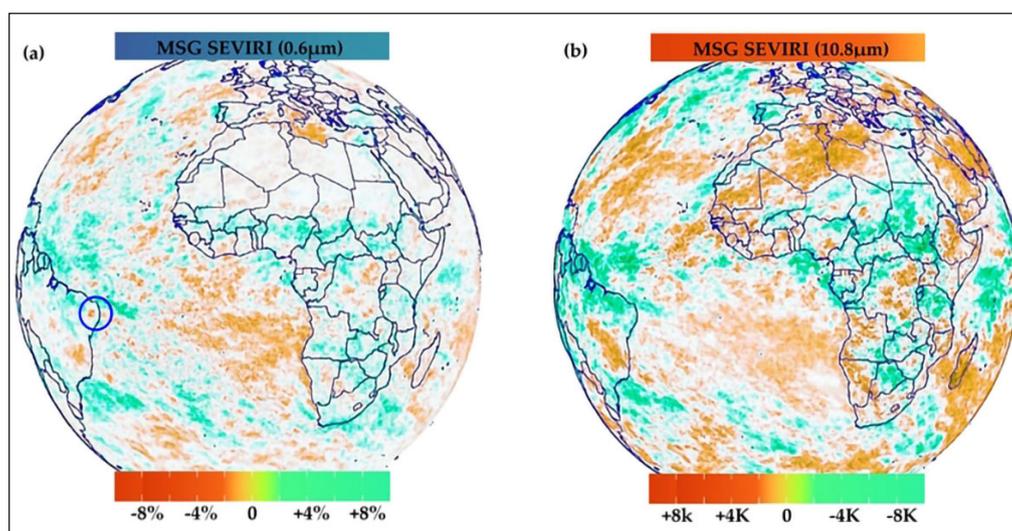
De acordo com o estudo, uma área total de 725 mil km² do Semiárido brasileiro passou da condição de subúmida seca/úmida para semiárido, nas últimas três décadas. Isso significa que cerca de 55% das terras subúmidas secas (Agreste) da região estão se tornando áreas semiáridas e passaram a enfrentar, em condições normais, estiagem com duração de 5 a 6 meses.

Os resultados também mostraram que uma área estimada em cerca de 282 mil km² do Semiárido brasileiro já se tornaram áridas. Isso corresponde a mais de 8% das terras da região, que já enfrentam naturalmente pelo menos 10 meses de estiagem.

De acordo com o novo mapeamento, embora a Bahia seja o estado do Nordeste mais atingido pela emergência das áreas áridas, existem outras áreas muito críticas que também se tornaram áridas: é o caso dos Cariris paraibanos, além do sul de Pernambuco, sudoeste do Piauí e uma área pontual do norte de Minas Gerais.

O estudo utilizou séries temporais de dados de satélites com alta cobertura espacial, analisados com uma metodologia avançada. Com isso, foi possível capturar a atual dinâmica de mudanças ambientais e climáticas no Semiárido brasileiro, a partir da interação de variáveis tanto da superfície quanto da atmosfera.

Degradação das terras reduzem formação de nuvens de chuva no Semiárido brasileiro



Fonte: Lapis.

Figura 4. Imagens do satélite Meteosat, período 2004-2022 mostram redução das nuvens de chuva no Semiárido brasileiro.

A aridez da superfície tem aumentado no Semiárido brasileiro, mas a literatura ainda não havia identificado sua influência sobre a atmosfera. Recentemente, Barbosa (2023) constatou que áreas áridas severamente degradadas já reduzem a formação de nuvens de chuva na região. Ou seja: áreas degradadas e desertificadas têm agravado ainda mais a situação das secas.

A Figura 4, processada com dados do satélite Meteosat, referente ao período de 2004-2022, mostra o resultado do estudo do Laboratório Lapis. No lado direito (Figura 4b), destaca-se a tendência de aumento das temperaturas. Já no lado esquerdo, o destaque em azul (Figura 4a), se refere aos locais onde foi identificada a relação direta da redução das nuvens de chuva com as áreas áridas e/ou severamente degradadas no Semiárido brasileiro. A imagem mostra a tendência de redução das nuvens, principalmente na área central do Nordeste, exatamente onde se detectou a existência de áreas áridas em maior extensão.

Com os dados do satélite Meteosat, de alta frequência temporal, foi possível analisar a troca de energia entre a superfície e a atmosfera, percebendo que, em alguns locais muito secos e degradados, a vegetação não responde mais aos fatores climáticos.

A pesquisa detectou uma mudança preocupante na interação superfície-atmosfera: a degradação severa das terras tem contribuído para reduzir as chuvas. Com o aumento das secas, cresce ainda mais a degradação da superfície. É um círculo vicioso, que se retroalimenta, tendendo a expandir as áreas áridas e semiáridas do Brasil, caso os processos de degradação não sejam contidos.

A análise das imagens permitiu identificar um processo pelo qual a ação humana de degradação, associada às adversidades climáticas, perturbam a cobertura vegetal. Mesmo

quando ocorrem volumes significativos de chuva, as plantas não conseguem mais se recuperar (atingiram um ponto de não retorno), em razão do elevado nível de degradação das terras. Por consequência, também houve o declínio dos fatores da atmosfera, que não mais respondem a essas áreas muito secas e severamente degradadas, tendo havido redução das nuvens de chuva.

No Semiárido brasileiro, os processos de degradação das terras, provocados pela ação humana, combinados com variações climáticas, a exemplo das secas extremas, agravam a situação. Como já dizia, nos anos 1970, João Vasconcelos Sobrinho, estudioso pioneiro na área, há um deserto em processo de formação, já iniciado e que ameaça se expandir a toda a região circunvizinha.

Enquanto o Atlas da Unesco analisou o índice de aridez e o regime hídrico, a pesquisa recente do Laboratório Lapis é mais abrangente, pois se deteve à análise da aridez atmosférica, associada à degradação das terras (condição da cobertura vegetal e dos solos severamente degradados). Com isso, concluiu-se ter havido redução nas nuvens de chuva no Semiárido brasileiro.

A pesquisa do Lapis também analisou o papel das secas rápidas no aumento da aridez no Semiárido brasileiro. Com início rápido e forte intensidade, esses extremos de seca e altas temperaturas duram apenas alguns dias ou semanas. Mas seus impactos são dramáticos sobre os solos degradados e têm uma relação direta com o aumento da aridez na superfície (Barbosa, 2023).

Essas análises estão alinhadas com o estudo clássico do meteorologista Jule Charney (1975). Dois anos antes da primeira Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação, realizada em Nairóbi, ele reconheceu os *feedbacks* climáticos causados pelas alterações na superfície terrestre. Charney chamava atenção para o impacto que a degradação da cobertura vegetal pode ter tido nas devastadoras secas, em áreas semiáridas como a região do Sahel, na África Ocidental. Entre os fatores de degradação, citavam a devastação por desmatamento, sobrepastoreio e queimadas.

Nesse sentido, coletando dados da interação entre a aridez da superfície e a aridez atmosférica, o estudo do Laboratório Lapis identificou os *feedbacks* da degradação das terras sobre o clima no Nordeste brasileiro. A pressão do vapor d'água é comum aos dois tipos de aridez. Tanto na análise mês a mês quanto na média anual, permite capturar melhor o aumento das secas e a presença das massas de ar seco.

Embora a média anual suavize os resultados, na análise mensal, é possível identificar melhor a concentração de umidade e temperaturas mais baixas. No verão, massas de ar seco mais intensas e altas temperaturas afetam o regime hídrico. Com isso, há uma relação direta entre secas e ondas de calor.

Pelo exposto na Figura 5, nota-se que nas áreas mais críticas dos Cariris, é comum que a seca se prolongue por um período de 7 a 11 meses. Nesse sentido, se em condições normais, as condições de aridez já se apresentam sob tal intensidade, durante as secas prolongadas, pode ocorrer um desastre socioambiental, caso não se disponha de uma infraestrutura adequada e um preparo da população para adaptação aos seus impactos (Buriti; Barbosa, 2018).

Embora a ecorregião do Raso da Catarina, na Bahia, também apresente a característica natural de até 11 meses secos, os Cariris paraibanos, pertencentes à Depressão Sertaneja Setentrional, correspondem à área mais seca da região. Isso ocorre porque a pluviosidade das microrregiões paraibanas é reduzida pela barreira geográfica do Planalto da Borborema, com precipitação média anual em cerca de 350 mm, enquanto na parte norte do Raso da Catarina, a média anual fica em torno de 450 mm (Velloso; Sampaio; Pareyn, 2002).

Essa observação está em consonância com a afirmação de Pereira (2008) e de Alves (2009), de que a região corresponde à área mais seca do Brasil, com registro pluviométrico médio anual inferior a 300 mm. Como exemplo, Cabaceiras, município localizado nos Cariris da Paraíba, na faixa mais crítica de seca apresentada na Figura 5, registra média anual em torno de 300 mm, o mais baixo índice pluviométrico do Brasil. Segundo Meneses e Nascimento (2014), durante a seca extrema de 2012 no Semiárido, grande parte dos municípios dos Cariris ficou com média pluviométrica acumulada ao ano e torno de 200 mm.

Além disso, os Cariris paraibanos estão entre as áreas mais degradadas pela ação antrópica, com território em processo de desertificação. O Raso da Catarina, por sua vez, está entre as áreas da Caatinga que menos sofreram impactos até agora, principalmente devido à baixa densidade populacional, consequência da pouca disponibilidade de água (Velloso; Sampaio; Pareyn, 2002). Nessa área, está localizada a Estação Ecológica do Raso da Catarina, unidade de conservação de proteção integral da Caatinga, localizada na Bahia.

De acordo com Barbosa, Silva e Medeiros (2016), os Cariris paraibanos são as áreas do Semiárido brasileiro que apresentam o mais alto risco de seca. Os estados do Piauí, Pernambuco e Bahia também registram maior probabilidade de ocorrência do fenômeno.

Na cobertura florestal dos Cariris paraibanos predomina a caatinga hiperxerófila, apresentando-se geralmente com fisionomia de estepe arbustiva. Os constantes desmatamentos e desflorestamentos para ocupação dos solos pela agricultura e pecuária provocaram intensos impactos nas matas e florestas secas dessas microrregiões, reduzindo grande parte da sua biodiversidade. A maioria das espécies de plantas da caatinga perdem suas folhas para resistir à seca, característica que, associada à degradação da cobertura vegetal, provoca o aumento da exposição dos solos aos processos erosivos e o avanço do processo de desertificação (Pereira, 2008).

Além da substituição da caatinga nativa pela agricultura e pecuária, na dinâmica histórica de ocupação dos solos dos Cariris, destacam-se atividades econômicas como o uso intensivo do extrativismo mineral, associado à retirada da vegetação para fornecer

fontes energéticas (lenha e carvão), que já atinge grandes proporções e agrava a situação da desertificação (Alves; Souza; Nascimento, 2009).

Segundo a classificação do Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca da Paraíba (PAE-PB), cerca de 93,7% do estado encontra-se em processo de desertificação. Os maiores índices de deterioração dos solos estão localizados nos Cariris e no Seridó, além da mesorregião do Sertão. No Cariri Ocidental, cerca de 60% do território se encontra em situação de alto nível de degradação, enquanto 35% em médio e 5% em baixo; no Cariri Oriental, estima-se que 71% das suas terras estão em nível de desertificação considerado alto, 28% em médio e 1% em baixo (Paraíba, 2011).

Conclusão

Este estudo identificou a distribuição espacial das terras secas no Semiárido brasileiro, no período de 1990 a 2022, utilizando-se índices de precipitação, temperatura e umidade do solo. Também foi analisada a resposta da vegetação às secas, a partir da análise do NDVI, com dados de satélites do período de 2004-2022.

Analisando imagens do satélite Meteosat, do período de 2004-2022, observou-se um fator agravante da situação do Semiárido brasileiro: que áreas severamente degradadas já interferem gravemente na formação de nuvens de chuva sobre a região. Os processos de degradação mudaram a condição do solo e sua interação com a atmosfera, ao longo do tempo, absorvendo menos e refletindo mais energia. Com isso, cria-se um círculo vicioso, que se retroalimenta, no qual secas provocam maior degradação das terras, que por sua vez, pioram a situação das secas.

A metodologia abrangente utilizada considerou a interação de variáveis da superfície terrestre com a atmosfera, permitindo identificar o surgimento e/ou expansão de áreas áridas em cinco estados do Semiárido brasileiro. Dentre essas áreas áridas, estão os Cariris da Paraíba, microrregiões mais secas do Brasil, altamente ameaçada pela degradação e pelo processo de desertificação. Essa situação se agrava com o surgimento de áreas áridas, secas mais severas e altas temperaturas, no contexto da mudança climática.

Referências

- ALVES, J. J. A. Caatinga do Cariri Paraibano. **Geonomos**, v. 17, n. 1, p. 19-25, 2009.
- ALVES, J. J. A.; SOUZA, E. N.; NASCIMENTO, S. S. Núcleos de desertificação no estado da Paraíba. **Ra'ega**, n. 17, p. 139-152, 2009.
- BARBOSA, H. A. Understanding the rapid increase in drought stress and its connections with climate desertification since the early 1990s over the Brazilian semi-arid region. **J. Arid Environ.** 2024, 222. p. 1-19.
- BARBOSA, H. A. Flash drought and its characteristics in northeastern South America

- during 2004–2022 using satellite-based products. **Atmosphere**. 2023, 14. p. 1-23. <https://doi.org/10.3390/atmos14111629>
- BARBOSA, H. A.; LAKSHMI KUMAR, T. V.; SILVA, L. R. M. Recent trends in vegetation dynamics in the South America and their relationship to rainfall. **Nat Hazards**. 77, 2015. p. 883-899. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1635-8>
- BRASIL. **Relatório Brasil 2040: Resumo executivo**. Presidência da República, Brasília-DF, 2015.
- BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. Desertificação e mapeamento de áreas degradadas no Semiárido brasileiro a partir de satélites. In: MAGNONI JUNIOR, L. (Orgs.). **Ensino de geografia e a redução do risco de desastres em espaços urbanos e rurais**. CPS, São Paulo, 2022. p. 149-167.
- BURITI, Catarina de Oliveira; BARBOSA, H. A. **Um século de secas**. Lisboa-Portugal, 2018. 454 p.
- IBGE. **Base cartográfica**. Sirgas. 2000.
- IBGE. **Climas do Brasil: Mapeamento da tipologia climática do território brasileiro**. 2002.
- IBGE. **Estimativas populacionais para os municípios brasileiros**. 2016. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_dou.shtm>. Acesso em: 26 nov. 2016.
- MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil: past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 124, n. 3-4, 2017. p. 1189-1200.
- MENESES, L. F.; NASCIMENTO, M. A. L. Proposta de frameworks para inventariação de Geossítios do Cariri Paraibano. **Caderno de Geografia**, v. 24, n. 42, p. 105-123, 2014.
- PARAÍBA. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca no Estado da Paraíba (PAE-PB/IICA)**. João Pessoa-PB: SERHMACT/Sudema, 2011.
- PEREIRA, D. D. **Cariris paraibanos: do sesmarialismo aos assentamentos de reforma agrária**. Raízes da desertificação. Tese de Doutorado em Recursos Naturais da UFCG. Campina Grande-PB, 2008.
- UNESCO. **Atlas de zonas áridas de América Latina y el Caribe**. CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC, n. 08, 2010.
- VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Metodologia para identificação de processos de desertificação: manual de indicadores**. Recife-PE: SUDENE-DDL, 1978.
- VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões: propostas para o bioma Caatinga**. Recife-PE: APN; The nature conservancy do Brasil, 2002.
- WILLIAMS, A. Park. et. al. Grande contribuição do aquecimento antropogênico para uma megasseca emergente na América do Norte. **Science**, 368, 6488, 2020. p. 314-318.