

## Estudo de variáveis geoclimatológicas e antrópicas que influenciam na desertificação em Irauçuba – CE

### *Study of geoclimatological and anthropic variables that influenced desertification in Irauçuba – CE*

### *Estudio de variables geoclimatológicas y antrópicas que influyen en la desertificación en Irauçuba – CE*



#### Resumo



O Estado do Ceará possui uma das regiões mais afetadas pela desertificação: Irauçuba. Esse processo se deve provavelmente à vulnerabilidade natural da região associada às atividades antrópicas executadas de maneira rudimentar, como a agropecuária. Em vista desse cenário, o trabalho analisou as variáveis geoclimatológicas e antrópicas que podem influenciar nesse processo de desertificação. Para isso, foram feitos levantamentos em fontes governamentais, como IBGE e IPECE, tratamento de dados secundários, cálculos e comparações com a literatura. Foram analisados também os solos, a precipitação e a produção pecuária do município de Umirim, que se situa na vertente úmida (barvalento) da serra de Uruburetama, ao contrário de Irauçuba, posicionada ao lado seco (sotavento). Investigou-se 30 (trinta) anos de dados do Município de Irauçuba, obtidos por meio do site da ANA, e realizou-se o levantamento das atividades pecuárias através do site IBGE. Os resultados demonstram que alguns solos são propensos à erosão. O Índice de Aridez classificou o clima do município como semiárido, possuindo alta suscetibilidade à desertificação. Foi observado que a redução da atividade bovina e o aumento da caprina/ovina podem indicar tendência à desertificação na área, pois a pecuária extensiva, os baixos índices de aridez e os solos impróprios podem estar levando Irauçuba à desertificação, resultando, assim, na redução do gado, mais sensível às intempéries climáticas, e no aumento do caprino/ovino, mais resistentes. Por fim, as técnicas de recuperação de áreas degradadas sugeridas foram escarificação e serrapilheira.



**Palavras-chave:** desertificação; Irauçuba; índice de aridez; pecuária.

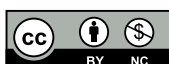
#### Abstract

*The state of Ceará has one of the regions most affected by desertification: Irauçuba. This process is probably due to the region's natural vulnerability, combined with rudimentary human activities such as agriculture and livestock farming. In light of this scenario, the study analyzed the geoclimatic and anthropogenic variables that may influence this desertification process. For this purpose, surveys were conducted using government sources such as IBGE and IPECE, secondary data processing, calculations, and comparisons with the literature. The soils, rainfall, and livestock production of the municipality of Umirim, located on the humid (barvalento/windward) slope of the Uruburetama mountain range, were also analyzed, in contrast to Irauçuba, which is positioned on the dry side (sotavento/leeward). Thirty years of data from the municipality of Irauçuba were analyzed, obtained from the ANA website, and a survey of livestock activities was conducted using data from the IBGE website. The results demonstrate that some soils are prone to erosion. The aridity index classified the municipality's climate as semi-arid, with a high susceptibility to desertification. The reduction in cattle farming and the increase in goat/sheep farming*

**Paulo Pacelli Frota Lima**    
Universidade de Fortaleza,  
Fortaleza, Ceará, Brasil  
pacelli2@edu.unifor.br

**Francisco José Freire de Araújo**    
Universidade de Fortaleza,  
Fortaleza, Ceará, Brasil  
freire-araujo@hotmail.com

**Eveline Viana Salgado Cruz**    
Engenheira Agrônoma  
Autônoma, Fortaleza,  
Ceará, Brasil  
evelinesalgado@gmail.com



*may indicate a trend towards desertification in the area, since extensive livestock farming, low aridity levels, and unsuitable soils may be leading Irauçuba to desertification, resulting in a reduction in cattle, which are more sensitive to climatic conditions, and an increase in goat/sheep farming, which are more resistant. The suggested techniques for recovering degraded areas were scarification, followed by leaf littering.*

**Keywords:** *desertification; Irauçuba; aridity index; livestock farming.*

### **Resumen**

*El estado de Ceará presenta una de las regiones más afectadas por la desertificación: Irauçuba. Este proceso se debe, probablemente, a la vulnerabilidad natural de la región asociada a actividades antrópicas realizadas de manera rudimentaria, como la actividad agropecuaria. Ante este escenario, el presente trabajo analizó las variables geoclimatológicas y antrópicas que pueden influir en el proceso de desertificación. Para ello, se realizaron levantamientos en fuentes gubernamentales, como el IBGE y el IPECE, además del tratamiento de datos secundarios, cálculos y comparaciones con la literatura especializada. Asimismo, se analizaron los suelos, la precipitación y la producción pecuaria del municipio de Umirim, ubicado en la vertiente húmeda (barlovento) de la sierra de Uruburetama, en contraste con Irauçuba, situada en la vertiente seca (sotavento). Se examinaron 30 años de datos del municipio de Irauçuba, obtenidos a partir del sitio web de la ANA, así como el relevamiento de las actividades pecuarias mediante datos del IBGE. Los resultados evidencian que algunos tipos de suelo presentan alta propensión a la erosión. El índice de aridez clasificó el clima del municipio como semiárido, con elevada susceptibilidad a la desertificación. La reducción de la actividad bovina y el aumento de la caprina/ovina pueden indicar una tendencia a la desertificación en el área, dado que la ganadería extensiva, los bajos índices de aridez y los suelos inadecuados pueden estar conduciendo a Irauçuba a un proceso de desertificación, lo que resulta en la disminución del ganado bovino —más sensible a las inclemencias climáticas— y el aumento del caprino/ovino, más resistente. Las técnicas de recuperación de áreas degradadas sugeridas fueron la escarificación, seguida de la aplicación de mantillo orgánico.*

**Palabras clave:** *desertificación; Irauçuba; índice de aridez; ganadería.*

## **1 Introdução**

O clima de uma região pode ser influenciado por inúmeras variáveis naturais, como circulações atmosféricas, incidência de radiação solar e posição geográfica. Na perspectiva climática, o Nordeste brasileiro é considerado semiárido, pois apresenta baixo índice de precipitação pluviométrica e valores elevados de evapotranspiração potencial anual. Nessa região, predomina o bioma *caatinga* (mata branca – na língua tupi), com probabilidade de seca (aproximadamente 60%) e precipitação pluviométrica média em torno de 400 a 800 mm ao ano (Salgado, 2014).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU Brasil, 2010), a desertificação é o processo de degradação do solo de regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, causada por diversos fatores naturais e antrópicos. A seca está relacionada ao índice pluviométrico abaixo do comum para a região, enquanto a desertificação supõe processo de transformação de determinadas áreas em desertos, que pode ser resultado de mudanças climáticas naturais ou ações humanas no ecossistema (Conti, 2008).

O binômio seca-desertificação ocasiona, entre outros problemas, a escassez hídrica e a perda de fertilidade do solo. O Estado do Ceará ainda sofre com esse binômio devido às baixas pluviosidades e ao uso incorreto do solo, além disso, possui uma das regiões mais assoladas pelo fenômeno, o município de Irauçuba. A ocorrência marcante desse processo em Irauçuba se deve provavelmente à vulnerabilidade natural da região, que enfrenta longos períodos de escassez de chuvas, e atividades antrópicas que degradam o solo, como desmatamento, queimadas e agropecuária.

Para compreender a situação do município de Irauçuba perante esse contexto, foi elaborado um estudo de caso exploratório a partir de dados secundários da FUNCEME, IPECE, IBGE, ANA e outras publicações, que possibilitaram analisar as variáveis naturais e antrópicas que ocorrem no município e suas possíveis relações com a desertificação. Como Irauçuba situa-se ao lado seco (sotavento) da serra da Uruburetama, foi utilizado também o município de Umirim para comparações, pois se localiza no lado úmido da serra (barlavento). Além disso, foram propostas medidas mitigadoras viáveis para Irauçuba.

## 2 Referencial Teórico

### 2.1 Irauçuba

O surgimento da região de Irauçuba está vinculado à ascensão da pecuária, que ocorreu em 1800. Nesse período, a localidade começou a ser colonizada por produtores rurais e foram estabelecidas fazendas de gado, entre elas, a Fazenda Cacimba do Meio, como a região era conhecida (Matos, 2018).

Conforme Matos (2018), nessa época, havia uma intensa produção pastoril, principalmente no período chuvoso, que providenciava alimento abundante para o gado e, conseqüentemente, atraía mais criadores. Com isso, o município passou a desenvolver-se devido à produção pecuária, com destaque para a bovina. Sendo assim, historicamente, a pecuária é a mais importante atividade econômica de Irauçuba (Araújo Filho; Silva, 2015).

O município de Irauçuba (palavra de origem tupi que significa amizade) foi fundado em 1957. Em 2017, as principais atividades que integravam o seu Produto Interno Bruto (PIB) eram serviços (79,20%), indústria (10,65%) e agropecuária (10,15%) (IPECE, 2017). Em relação aos números da pecuária em Irauçuba, de acordo com os dados mais recentes do IBGE, em 2021, Irauçuba ocupava a 67ª posição de produção bovina entre os 184 (cento e oitenta e quatro) municípios do Ceará. Assim, a quantidade de bovinos é muito maior se comparada com caprinos e ovinos para o mesmo ano, apesar de o município ocupar o 34º lugar de produção estadual para esses rebanhos de pequeno porte.

Para o IPECE (Ceará, 2017a), a agropecuária compõe o PIB do município e, conforme o plano de ação municipal de combate à desertificação em Irauçuba (Irauçuba, 2009), a produção agrícola do município se concentra em culturas de subsistência (como milho e feijão).

Nesse sentido, serão descritas algumas características de Umirim, o qual será comparado com Irauçuba. O município de Umirim (palavra de origem tupi que significa rio pequeno) foi fundado em 1985 e as atividades que integram o seu PIB são principalmente serviços, seguidas por agropecuária e indústria (Ceará, 2017b). Segundo os dados do IBGE (2021), Umirim ocupou a 97ª posição no *ranking* dos efetivos de rebanho bovino no Ceará, a 125ª posição para caprinos e a 148ª para ovinos.

### 2.2 Indicadores de desertificação

O indicador de desertificação é a evidência que anuncia a ocorrência desse fenômeno no local, enquanto a variável é a representação desse indicador, o qual pode possuir muitas variáveis. Por exemplo, a erosão do solo pode ser interpretada como indicadora do processo, já as variáveis desse indicador são o percentual de solos erodidos e a intensidade (Schenkel; Matallo Júnior, 2003).

#### 2.2.1 Indicadores naturais

Uma das evidências mais comuns de degradação do solo é a presença da vegetação arbustiva clorofilada, chamada popularmente de “Capim-panasco-verdadeiro” (*Aristida adscensionis linn*). Além de ser considerada uma bioindicadora desse processo e ser encontrada em Irauçuba, é uma gramínea anual que está relacionada ao empobrecimento e à infertilidade do solo. Pode se adaptar facilmente aos solos do tipo neossolos litólicos e surgir no lugar de espécies nativas, como o “Pau-branco” (*Picconia azorica*) (Facundo; Frota, 2020).

Outro indicador de degradação do solo é o intenso ravinamento, erosão capaz de criar fendas, decorrentes da intensa ação da chuva em solos desprovidos de cobertura vegetal. Esses solos, conseqüentemente, são carregados, podendo surgir afloramentos rochosos típicos em Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD) (Facundo; Frota, 2020).

Em algumas regiões, a incidência de chuvas pode ser influenciada pelo relevo, ou pela topografia, que também pode estar relacionada com a localização geográfica. Ao entrar em contato com uma barreira montanhosa, o ar úmido tende a subir, formando nuvens e, possivelmente, maiores precipitações. Essa posição é denominada de barlavento (lado que recebe o vento). No lado oposto, sotavento, o ar descendente se aquece e fica menos úmido, desfavorecendo a formação de nuvens, provocando menores precipitações e tornando a região mais propícia à aridez (Reboita *et al.*, 2012). Para Schenkel e Matallo Júnior (2003), as diminuições das precipitações podem indicar desertificação de ordem física, ou natural, podendo ser mensuradas por meio das médias móveis de precipitação.

### 2.2.2 Variáveis antrópicas

Na paisagem, são visíveis alguns aspectos que refletem as atividades humanas no solo e o impacto causado por elas, quando executadas sem o manejo adequado. Além disso, a terra seca, a elevada evapotranspiração e os solos rasos de baixa fertilidade tornam esses locais propensos à degradação (Facundo; Frota, 2020).

De acordo com Lustosa (2004, p. 32), “a degradação indicadora de desertificação pode ser vista por intermédio de: deterioração de pastagens; erosão dos solos; deterioração de terras sob cultivo; e destruição da vegetação e da fauna”. Lustosa (2004) complementa que a degradação da paisagem e a consequente desertificação ocorrem à medida que o homem necessita extrair recursos da natureza, visando a sua subsistência, mas utilizando técnicas inadequadas, tais como uso intensivo da terra para cultivo, superpastoreio, queimadas, desmatamento e mineração. As evidências dessas atividades e a visualização de suas consequências podem ser utilizadas como indicadores em estudos de desertificação.

Entre os aspectos antrópicos citados que envolvem o uso do capital natural, a pecuária, principalmente a bovina, necessita ser investigada, visto que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais e essa atividade é uma das principais atividades econômicas do País. Entretanto, na maioria dos casos, é empregada de maneira extensiva e rudimentar, resultando na degradação do capital natural, pois se associa à ausência de técnicas que recuperam o potencial degradado. Nesse cenário, a compactação do solo pode ser um dos impactos relacionados à pecuária (Sousa, 2009). Essa compactação, provocada não só pelo gado, mas também por máquinas agrícolas, reduz a capacidade de infiltração e a disponibilidade de água, ao passo que possibilita o escoamento superficial, provocando erosão no solo. O solo e as plantas podem indicar esse efeito. No primeiro, evidencia-se uma forte crosta superficial que dificulta a infiltração, já no segundo, verifica-se uma quantidade pequena de plantas (Ceará, 2010).

### 2.3 Índice de Aridez

O Índice de Aridez é usado para determinar as Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD) e também é um critério adotado pelo PAN-Brasil para caracterizar essas regiões. É calculado pela razão entre a precipitação média anual e a evapotranspiração potencial total anual (P/ETP) e possui cinco classes, conforme a tabela 1:

**Tabela 1** Índice de Aridez para os vários climas do planeta

Tipos de clima	Índice de Aridez
Hiperárido	< 0,05
Árido	0,05 – 0,20
Semiárido	0,21 – 0,50
Subúmido e seco	0,51 – 0,65
Subúmido e úmido	>0,65

Fonte: Schenkel e Matallo Júnior (2003).

Considera-se ASD aquela com Índice de Aridez (I.A.) variando entre 0,05 e 0,65. O aspecto que influencia esse parâmetro é a quantidade de água precipitada e os altos valores de evapotranspiração (EMBRAPA, 2009), portanto, quanto menor o índice, mais seca é a região e maior a suscetibilidade à desertificação (Brasil, 2005) e, quanto maior a precipitação, maior o valor do índice e menor a suscetibilidade (Silva, 2013). No entanto, esse

índice só considera os aspectos climáticos (Schenkel; Matallo Júnior, 2003). À vista disso, foram estabelecidas três categorias de suscetibilidade à desertificação baseadas no IA:

- Muito alta: de 0,05 até 0,20;
- Alta: de 0,21 até 0,50;
- Moderada: de 0,51 até 0,65.

Segundo o PAN, no Brasil, as áreas que mais sofrem com o processo de degradação ambiental são aquelas com Índice de Aridez situado entre os valores de 0,21 e 0,65.

## 2.4 Técnicas de recuperação de áreas degradadas

A área degradada corresponde àquela que sofreu com processos de degradação, tornando difícil o retorno às características originais e necessitando do auxílio de técnicas humanas para isso (Almeida, 2016).

Podem ser definidos três tipos de ações para essas áreas. A recuperação é a melhoria das condições ambientais da área, de modo a torná-la não degradada. Ainda que não retorne ao estado anterior, pode adquirir características semelhantes. A restauração, por sua vez, consiste em retornar aos aspectos naturais da área, isto é, retoma exatamente o estado anterior à degradação. A reabilitação geralmente ocorre quando a recuperação ou a restauração da área mostram-se onerosas e é necessário realizar outra atividade no local que não cause impactos negativos (Piolli; Celestini; Magon, 2004).

A remoção da cobertura vegetal expõe o solo, que, sem essa proteção, pode ficar sujeito ao pisoteio de animais e compactação, bem como suscetível à erosão, devido à ação da chuva. Para reverter esse processo, a técnica de escarificação pode ser utilizada para melhorar as condições físicas do solo compactado em uma profundidade de 20 a 25 cm, além disso, pode ser realizada com tração motora para revolver o solo, facilitando a infiltração e diminuindo a erosão provocada pelas chuvas (Ceará, 2010).

Para a recuperação de uma área onde há a mínima presença de vegetais e animais, recomenda-se o uso de serapilheira. Essa técnica implanta certa quantidade de solo saudável e rico em matéria orgânica (contendo folhas, sementes, fungos, insetos etc.) em solo degradado. Ademais, pode proteger o solo da insolação, reter umidade e permitir infiltração sem graves consequências de erosão por escoamento superficial, melhorando, assim, os teores de matéria orgânica e a qualidade do solo. Necessita, inclusive, de outra técnica associada que revolva o solo para melhorar a condição física, que pode ser a escarificação (Ceará, 2010).

## 3 Metodologia (Materiais e Métodos)

No que diz respeito ao procedimento, esta pesquisa pode ser considerada como estudo de caso. Segundo Yin (2015), esse método é o mais indicado para quando se deseja coletar dados oriundos de múltiplas fontes e analisá-los, a fim de compreender “como” ou “por que” determinado fenômeno ocorre em um local.

Como área de estudo, tem-se o município de Irauçuba, que se situa na parte centro-norte do Estado do Ceará, com área de 1.461 km<sup>2</sup>, altitude de 152,5 m e a 155 km de Fortaleza. O município limita-se ao norte com Itapajé, Itapipoca e Miraíma; ao sul com Sobral e Canindé; ao leste com Tejuçuoca e Itapajé; e ao oeste com Sobral (Ceará, 2017a).

Realizou-se levantamento bibliográfico para a análise dos tipos de solo mais comuns e da vulnerabilidade à degradação, conforme o Plano de Ação Municipal (PAM) (Ceará, 2017a; Instituto Cactos, 2009). Os dados quantitativos de precipitação foram obtidos no site da Agência Nacional de Águas (ANA), contemplando a série histórica de 30 (trinta) anos (1990 até 2020). Na evapotranspiração do município, foi adotado um valor fixo proposto pelo método de *Penman-Monteith*/FAO de 1696,03 mm (FUNCEME, 2019).

Para Irauçuba, o Índice de Aridez (I.A.) foi calculado para estabelecer o grau de suscetibilidade à desertificação. Tendo-se a precipitação (Pr) e a evapotranspiração (ET<sub>0</sub>), o Índice de Aridez (I.A.) é adimensional e definido de acordo com a equação 1:

$$I.A. = (Pr/ET_0) * 100 \quad (1)$$

A pecuária foi escolhida para identificar as variáveis antrópicas de desertificação em Irauçuba. Essa escolha ocorreu porque o município possui um histórico de criação bovina (Matos, 2018) e, além disso, a pecuária está entre as atividades que constituem o PIB do local (Ceará, 2017a).

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Solos

De acordo com o perfil básico municipal mais recente elaborado pelo IPECE (Ceará, 2017a), Irauçuba possui os seguintes tipos de solos: Bruno não Cálcico, Litólico (ou Neossolo), Planossolo Solódico e Podzólico Vermelho-Amarelo. Os solos Brunos não Cálcicos (antigos Luvisolos Crômicos) podem ser encontrados na Depressão Sertaneja, com baixo potencial de águas subterrâneas e moderadamente profundos. Também podem ser observados Planossolos e solos Litólicos, ambos com baixa fertilidade, rasos, com afloramentos rochosos e suscetíveis à erosão (Instituto Cactos, 2009). Assim, segundo Matallo Júnior (2001), pode haver redução da disponibilidade hídrica da região, fator que indica uma tendência à desertificação.

Os Planossolos Solódicos apresentam salinização, baixa fertilidade, além disso, estão sujeitos a inundações periódicas e possuem vulnerabilidade moderada (Instituto Cactos, 2009). É importante destacar que a presença de salinização nesses solos constitui um indicador de desertificação (Matallo Júnior, 2001). Para Oliveira (2014) e Souza (2009), os Planossolos são considerados facilmente erodidos pelas atividades pecuárias, a exemplo do sobrepastejo, que afeta esse tipo de solo. Em Irauçuba, as pecuárias são realizadas de forma extensiva (Araújo Filho; Silva, 2015).

Nos maciços residuais do município, por sua vez, predominam solos Podzólicos Vermelho-Amarelo “e solos Litólicos (rasos) e afloramentos rochosos com forte limitação ao uso agrícola” (Instituto Cactos, 2009, p. 21). Esses dois solos apresentam instabilidades em locais mais íngremes, por isso são vulneráveis a intensas atividades agropecuárias. Apesar de serem integrantes principais do pasto nativo, não são tão propícios às atividades agropecuárias e detêm baixo potencial de água subterrânea (Sousa, 2009). De acordo com Araújo Filho e Silva (2015), nos Planossolos e Luvisolos se concentram as principais atividades pecuárias, com potencial herbáceo adequado para rebanhos, embora, em Irauçuba, esses solos possuam baixa fertilidade e suscetibilidade à erosão. Historicamente, os rebanhos ocupam regiões de Planossolos (Ceará, 2010).

Não só a natureza propícia dos solos, mas a localização geográfica a sotavento (do maciço de Uruburetama) traz irregularidades pluviométricas à região, o que resulta em solos rasos e pouco desenvolvidos. Além disso, a evapotranspiração torna o solo mais seco e, quando há fortes precipitações, se eles estiverem desprovidos de cobertura vegetal, o processo de erosão hídrica é facilitado (Lustosa, 2004).

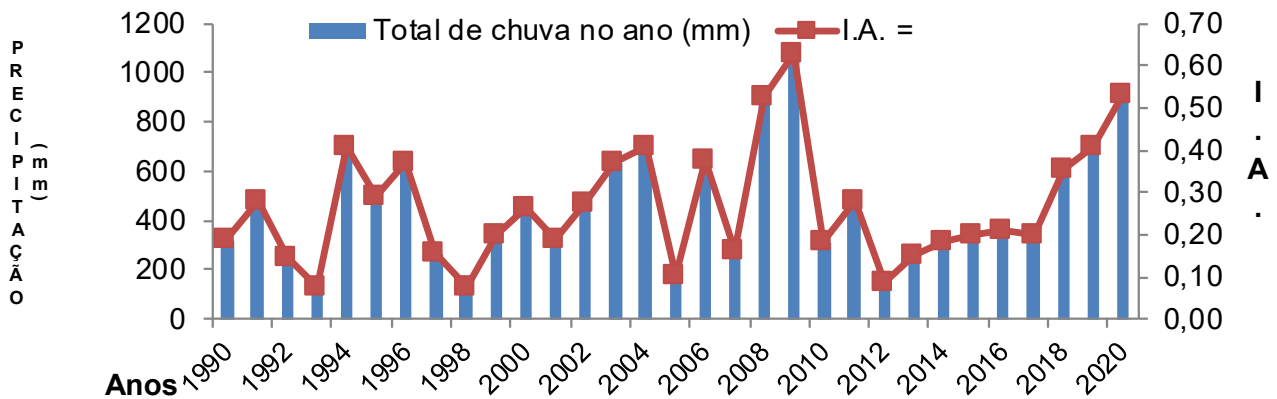
Umirim, situado no lado úmido da serra de Uruburetama, barlavento, possui os seguintes solos: Aluviais, Bruno não Cálcicos, Litólicos, Podzólicos Vermelho-Amarelos e Regossolos (Ceará, 2017b).

Em relação aos solos encontrados em Umirim que não estão presentes em Irauçuba, os solos Aluviais apresentam condições mais favoráveis à agricultura, em razão do bom nível de fertilidade. Já os Regossolos podem variar, sendo, por vezes, rasos, e, em outros casos, profundos. Caracterizam-se pela boa permeabilidade, às vezes em virtude da presença de areia, podendo demonstrar boa capacidade de infiltração, mas baixa capacidade de retenção. Dessa forma, sua eficiência agrícola depende da disponibilidade hídrica. Em geral, têm boa fertilidade e são considerados aptos para a pecuária extensiva e para a agricultura familiar (Silva *et al.*, 2013).

### 4.2 Índice de Aridez (I.A.)

Para compor os 30 (trinta) anos de análise em Irauçuba, foram escolhidos dois postos. O primeiro consistiu na estação Irauçuba da bacia 3 – Atlântico, trecho Norte/Nordeste, para os anos de 1990 até 2007, 2009; e de 2011 até 2020. O segundo foi a estação Missi, também localizado em Irauçuba e pertencente à mesma bacia para preencher os anos que faltaram no primeiro posto citado, isto é, 2008 e 2010. Na figura 1, mostram-se a relação entre a precipitação e I.A. para Irauçuba entre 1990 e 2020.

Figura 1 – Relações entre precipitação e I.A. entre 1990 e 2020 no município de Irauçuba



Fonte: elaboração própria, com base nos dados da ANA.

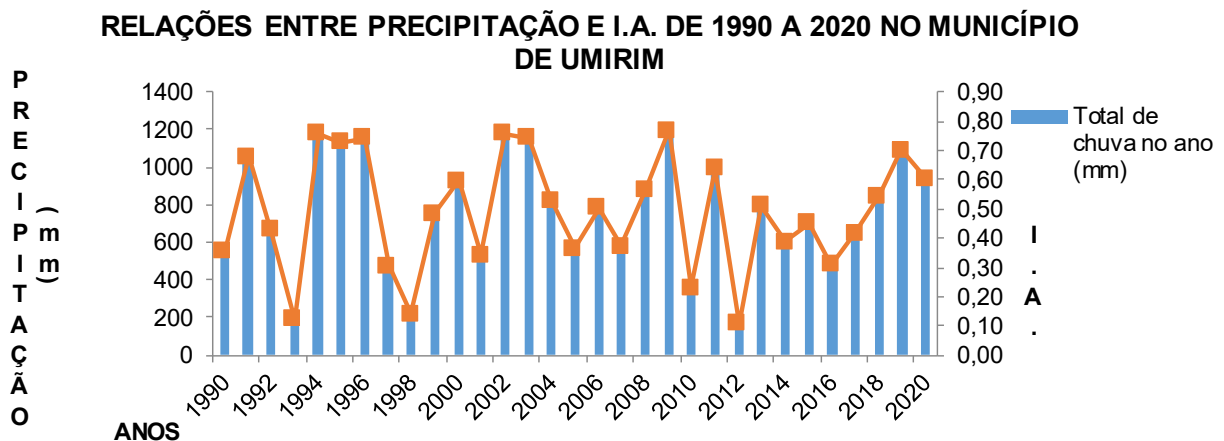
A média dos valores de I.A. obtida para Irauçuba foi de 0,27, de acordo com Schenkel e Matallo Júnior (2003). Quanto às três categorias de suscetibilidade à desertificação baseadas no I.A., o município configura-se como de alta suscetibilidade, pois está entre 0,21 e 0,50. Como já mencionado, a irregularidade de chuvas em Irauçuba é um fator relevante para indicar a desertificação, “pois a pluviometria está relacionada com a erosão do solo, além da cobertura vegetal, que protege o solo da desertificação” (Abreu, 2018, p. 52). Por outro lado, esses solos podem ser impactados ainda mais por chuvas torrenciais e pela ausência de proteção da vegetação.

Para Irauçuba (Instituto Cactos, 2009), a alta evapotranspiração é consequência de ventos fortes associados a intensas insolações ao longo do ano, consequentemente, as perdas por evapotranspiração são altas. Não só isso, mas também a irregularidade das chuvas em solos desprotegidos “favorecem o escoamento rápido das águas pluviais, inviabilizando o acúmulo de água subterrâneas em quantidade razoáveis” (Instituto Cactos, 2009, p. 16). Se essas variáveis resultarem em uma redução da disponibilidade hídrica, pode-se interpretá-las como indicadores de desertificação no município (Matallo Júnior, 2001).

Para Araújo Filho e Silva (2015) e Lustosa (2004), um dos elementos que contribuem para elucidar o fato de Irauçuba apresentar baixos índices pluviométricos (figura 1) é o de que esse município se encontra a sotavento da serra da Uruburetama, que barra os ventos úmidos vindos do oceano. Sendo assim, o efeito orográfico reduz ainda mais a precipitação da região.

A seguir, para evidenciar esse aspecto, encontram-se os resultados da precipitação e I.A. de Umirim, que se situa a barlavento, para comparações com Irauçuba.

Figura 2 – Relações entre precipitação e I.A. de 1990 a 2020 no município de Umirim

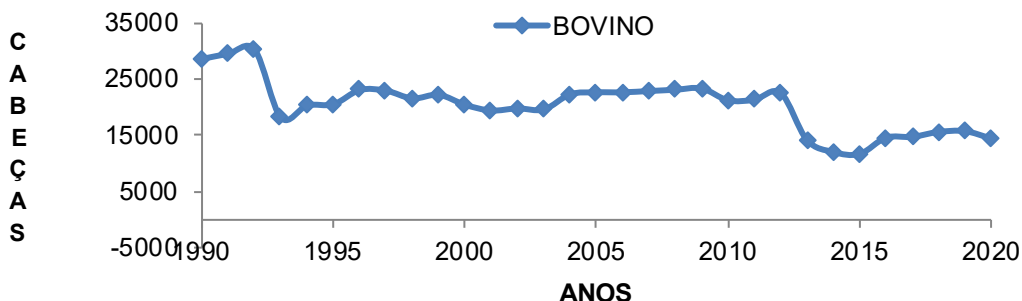


Fonte: elaboração própria, com base nos dados da ANA.

### 4.3 Variáveis antrópicas

A produtividade pecuária bovina em Irauçuba, desenvolvida ao longo de 30 (trinta) anos (de 1990 até 2020), é apresentada na figura 3. Trata-se da principal atividade pecuária da região (Ceará, 2017a) se comparada com a ovina e a caprina.

Figura 3 – Produção Bovina entre 1990 e 2020 no município de Irauçuba

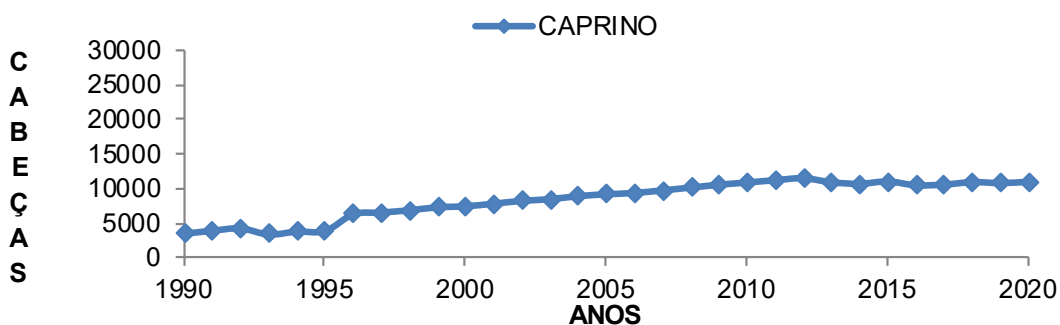


Fonte: elaboração própria, com base nos dados do IBGE.

Ao se comparar a figura 3 (produção bovina) com a figura 1 (precipitação e I.A. entre 1990 e 2020 no município de Irauçuba), observa-se que, em alguns anos, a redução da produção bovina coincidiu com os anos de menores precipitações em Irauçuba, como 1993, 1997, 2001, 2010 e 2013. Como o gado não é tão resistente à estiagem, conforme Araújo Filho e Silva (2015), a quantidade desse tipo de criação tende a diminuir em anos de secas. Para Cezário (2019), isso ocorre porque anos de escassez hídrica dificultam o desenvolvimento de atividades pecuárias.

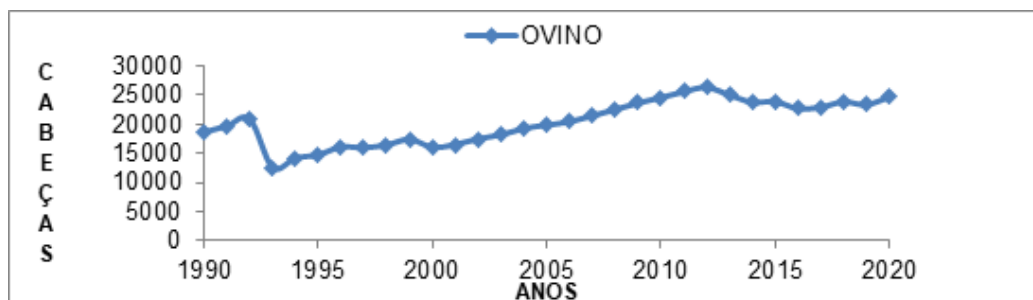
De acordo com Ruiz *et al* (1984), no que se refere à produção bovina, esses animais são os mais afetados pelas intempéries climáticas devido às dificuldades que o solo apresenta para fornecer pastagem adequada em anos de seca. Os bois, ao contrário de outras criações, como cabras e ovelhas, são mais frágeis às elevadas temperaturas, à ausência de chuvas, bem como aos solos impróprios e já degradados, fatores que resultam na diminuição do pasto. De forma combinada, essas condições podem levar ao decréscimo do número de bovinos. Por isso, nas figuras 4 e 5, serão ilustradas, respectivamente, as produções caprinas e ovinas em Irauçuba, para comparações:

Figura 4 – Produção caprina entre 1990 e 2020 no município de Irauçuba



Fonte: elaboração própria, com base nos dados do IBGE.

Figura 5 – Produção ovina entre 1990 e 2020 no município de Irauçuba



Fonte: elaboração própria, com base nos dados do IBGE.

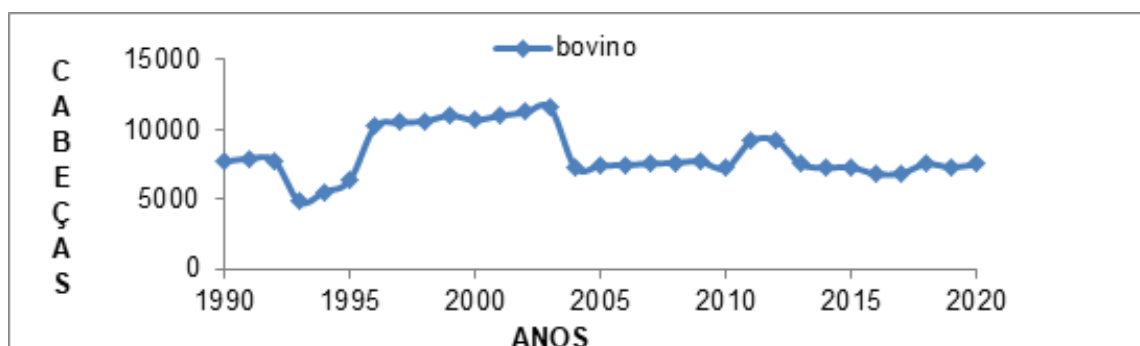
Ao se comparar a figura 3 com as figuras 4 e 5, é possível perceber que a produção bovina é majoritária em relação às outras e a quantidade de ovinos é superior a caprinos. Contudo, apresentam-se declínios das atividades pecuárias, principalmente da bovina.

Mesmo assim, é possível visualizar, nas figuras 3, 4 e 5, tanto aumentos da produção caprina e ovina quanto a diminuição da produção bovina. Isso ocorre, provavelmente, em virtude de o ambiente não suportar mais a criação de gado, o que se deve ao grau de degradação provocado pelo extenso uso de solo para bovinos. Por essa razão, o caprino e o ovino, animais mais rústicos e resistentes, tendem a prosperar com mais facilidade em um ambiente já fragilizado (Araújo Filho; Silva, 2015).

Essa adaptação natural de caprinos e ovinos às condições severas, como secas, demonstra que a criação desses animais de pequeno porte figura como alternativa ao gado em anos de escassez hídrica (Oliveira, 2014). Por isso, segundo Matallo Júnior (2001), o declínio da produtividade pecuária, e, especialmente, da criação de bovinos, como é o caso de Irauçuba na figura 3, é um indicador de desertificação. Um dos conceitos de degradação da terra é a perda de produtividade biológica ou econômica (Brasil, 2005 ; Instituto Cactos, 2009) e, talvez, essa queda de potencial produtivo, como evidenciado na figura 3, pode ser uma consequência da desertificação. No entanto, mostra-se necessário analisar também outros fatores, como a macroeconomia desses anos.

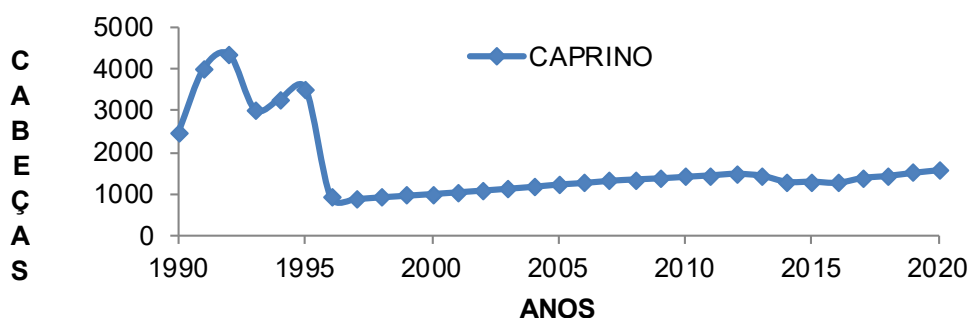
Nessa perspectiva, supõe-se que municípios que recebem maiores precipitações, como Umirim, situado a barlavento da serra de Uruburetama, apresentam solos mais propícios às atividades pecuárias (Freires *et al.*, 2020; Lustosa, 2004), pois possuem condições climáticas mais adequadas para desenvolvimento, ou seja, maiores incidências pluviométricas, como observado na figura 2, e maiores quantitativos de produção pecuária. A seguir, apresentam-se as produções bovinas (figura 6), caprinas (figura 7) e ovinas (figura 8) de Umirim para comparações com Irauçuba.

Figura 6 – Produção bovina em Umirim 30 anos – IBGE (1990 – 2020)



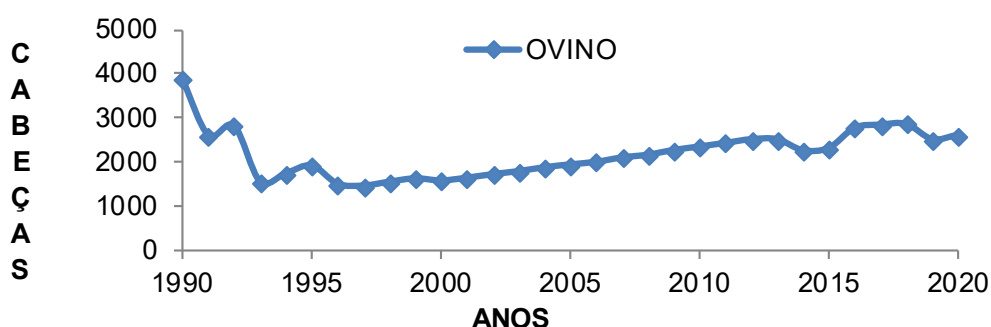
Fonte: elaboração própria, com base nos dados do IBGE.

Figura 7 – Produção caprina em Umirim 30 anos – IBGE (1990 – 2020)



Fonte: elaboração própria, com base nos dados do IBGE.

Figura 8 – Produção Ovina em Umirim 30 anos - IBGE (1990 -2020)



Fonte: elaboração própria, com base nos dados do IBGE.

As figuras 3,4,5,6,7 e 8 mostram que, em anos de baixas precipitações, tanto para Irauçuba quanto para Umirim, a produção bovina diminuiu, em contrapartida, a caprina e a ovinos tiveram aumentos. Mesmo Irauçuba sendo a mais afetada pela aridez, evidencia-se que o município possui atividade pecuária mais intensa do que Umirim, mesmo recebendo maiores precipitações. Portanto, Irauçuba tende a uma vocação pecuarista maior que Umirim. Apesar de a precipitação não ser o único indicador das causas das quedas das produções pecuárias, pode-se observar, nas figuras de precipitação e de atividade pecuária de Irauçuba, correlações entre esses fatores.

No município de Irauçuba, segundo Oliveira (2014), nos anos de 2012 e 2013, os criadores de gado perderam, respectivamente, 106 (cento e seis) e 596 (quinhentos e noventa e seis) animais por causa das secas. Esse dado está de acordo com a figura 1, já que o Índice de Aridez reduziu bastante devido à escassez de chuvas. De fato, a produção bovina diminuiu nesses anos, conforme o gráfico 3.

A pecuária em Irauçuba é majoritariamente extensiva, ou seja, os animais circulam livremente nas terras, levando à degradação da flora e à compactação de solos, naturalmente frágeis para essa atividade devido à escassez hídrica, colaborando com o processo de desertificação. Como os dados apontam que o município possui quantidades expressivas de bovinos, caprinos e ovinos, a pecuária é indicada como atividade de degradação (Oliveira, 2014).

A forma como a pecuária é executada em Irauçuba, ou seja, de maneira extensiva, pode causar maiores impactos no ecossistema se comparada com a modalidade intensiva e, na maioria dos casos, em solos do tipo Planossolos e Luvisolos, que demonstram fragilidades para essa atividade (Oliveira; Souza, 2015). Por isso, nesses locais, é comum a presença do capim panasco, bioindicador de degradação bastante encontrado em áreas sobrepastejadas (Araújo Filho; Silva, 2015).

No sertão, a prática da pecuária extensiva é realizada sem nenhuma técnica para mitigar os impactos. Além disso, quanto maior o porte do animal, maior a pressão no ecossistema, ou seja, das três espécies analisadas, a bovina causa maior impacto e a maior parte da produção pecuária de Irauçuba é dessa categoria. Em segundo lugar, o pastejo de ovinos é o mais danoso, seguido pelo caprino (Ceará, 2010).

Dessa forma, como os solos presentes em Irauçuba tendem naturalmente à fragilidade e à erosão, a pecuária extensiva corroborou ainda mais para o processo de desertificação, devido ao pisoteio do gado, à remoção da cobertura vegetal e à compactação, aliados a poucas chuvas e solos secos em razão da intensa evapotranspiração. Todos esses fatores fizeram com que a região ficasse suscetível à desertificação, além disso, quando há chuvas severas, o solo naturalmente frágil e exposto facilita o processo de erosão (Oliveira; Souza, 2015), removendo-o e provocando ravinas e sulcos, acelerando ainda mais o processo de desertificação em Irauçuba (Ceará, 2010).

#### 4.4 Técnicas de recuperação de áreas degradadas para Irauçuba

Considerando a evidência da atividade pecuária, majoritariamente a bovina, capaz de compactar os solos, alguns deles não propícios para esse fim, como é o caso dos Planossolos, uma das técnicas que podem ser utilizadas para mitigar esse fator é a escarificação, pois revolverá o solo, favorecendo as características físicas (Ceará, 2010). Essa técnica, após ser aplicada, poderia se associar outra, com a finalidade de proteger o solo. Como Irauçuba possui altos índices de evapotranspiração, a serapilheira poderia ser utilizada, em conjunto, para proteger o solo revolvido pela escarificação, garantindo maior proteção diante da radiação solar e da chuva no estado de recuperação (Ceará, 2010). Essas técnicas podem ser empregadas principalmente nos Planossolos e nos solos Litólicos, já que a pecuária predomina neles e são sujeitos às inundações.

### 5 Conclusão

Neste estudo, foram levantadas as características naturais relevantes para compreender a desertificação em Irauçuba: solos e precipitação. O cálculo do Índice de Aridez demonstrou ser um indicador eficiente para compreender o processo de desertificação quando utilizado com 30 (trinta) anos de dados.

De acordo com o I.A., Irauçuba é suscetível à desertificação, pois o município demonstra baixos índices pluviométricos associados a altas taxas de evapotranspiração.

Supõe-se que Umirim, situado à barlavento, não seria um município suscetível à desertificação, já que a evapotranspiração é menor e as precipitações são maiores, entretanto, o grau de suscetibilidade à desertificação foi considerado alto. Ainda assim, a média do I.A. para Umirim foi consideravelmente maior, evidenciando melhores condições climáticas em comparação com Irauçuba. Do ponto de vista teórico, a tendência é a de que municípios à barlavento não sejam suscetíveis à desertificação.

Ademais, os solos encontrados em Irauçuba são suscetíveis à erosão e alguns não são tão propícios para atividades pecuárias. Assim, a localização a sotavento e o clima do município podem ser fatores que influenciam a fragilidade dos solos, devido às baixas precipitações.

Como demonstrado, foi possível comparar as variáveis naturais e antrópicas entre Irauçuba e Umirim. Umirim possui quase os mesmos tipos de solos que Irauçuba, com exceção dos Solos Aluviais e Regossolos. Esses dois demonstram, segundo a literatura, serem propícios às atividades pecuárias em comparação com os demais discutidos. É possível que os menores índices de aridez de Umirim possam explicar essas características.

A precipitação, a economia e a cultura da região podem influenciar a produção bovina. Em relação à precipitação, esse tipo de animal é mais sensível à aridez do que os caprinos e ovinos, pois a quantidade de gado reduz conforme a escassez hídrica. Por isso, a produção bovina demonstrou ser um indicativo de desertificação relativamente válido, visto que esse tipo de animal tanto degrada mais que os outros quanto é mais sensível às intempéries climáticas.

Como a queda da produção bovina em Irauçuba pode indicar perda da fertilidade ou das capacidades do solo em sustentar esse tipo de animal, é possível que esse tipo de atividade, somado à ausência de técnicas pecuaristas, solos frágeis, baixas precipitações e elevadas evapotranspirações, estejam fragilizando os recursos naturais e causando impactos no ecossistema do município. Logo, as características naturais e a pressão das atividades antrópicas, no caso, a pecuária, podem potencializar o processo de desertificação no município de Irauçuba.

Diante dessa problemática, mostra-se relevante a aplicação de técnicas de recuperação de áreas degradadas para Irauçuba. Os solos e o ecossistema do local, como um todo, necessitam de intervenção

antrópica para reverter o quadro de degradação. Nesse sentido, a escarificação pode ser compatível para mitigar os danos causados pela compactação, como consequência do pisoteio dos animais, e enquanto o ambiente se recupera, seria importante isolar a área dos animais para uso da serrapilheira, com o intuito de restaurar a área, em busca do equilíbrio ecológico.

## Referências

- ABREU, Thaís Carvalho de. **Aplicação do índice de aridez e índice de vegetação por diferença normalizada para análise da susceptibilidade à desertificação no município de Irauçuba-CE**. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/45643/3/2018\\_tcc\\_tcabreu.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/45643/3/2018_tcc_tcabreu.pdf). Acesso em: 15 ago. 2022.
- ALMEIDA, Danilo Sette de. **Recuperação ambiental Mata Atlântica**. Ilhéus: Editus, 2016. *E-book*. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402.pdf>. Acesso em: 25 maio 2023.
- ARAÚJO FILHO, João Ambrósio de; SILVA, Nilzema Lima da. **Impactos e mitigação do antropismo no núcleo de desertificação de Irauçuba- CE**. 2015. Monografia (Especialização em Curso de Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1046807>. Acesso em: 20 ago. 2022.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil**. Brasília: MMA, 2005. Disponível em: [https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sedr\\_desertif/\\_arquivos/pan\\_brasil\\_portugues.pdf](https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf). Acesso em: 01 set. 2022.
- CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Municipal 2017 Irauçuba**. Fortaleza: IPECE, 2017a. Disponível em: [https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Iraucuba\\_2017.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Iraucuba_2017.pdf). Acesso em: 11 ago. 2022.
- CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Municipal 2017 Umirim**. Fortaleza: IPECE, 2017b. Disponível em: [https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Umirim\\_2017.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Umirim_2017.pdf). Acesso em: 05 abril 2023.
- CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Recuperação de áreas degradadas no semiárido do Ceará**. Fortaleza: SRH, 2010. 30 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/371341514/Recuperacao-de-Areas-Degradadas-No-Semiario-do-Estado-do-Ceara#>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- CEZÁRIO, Ana Rosa Viana. **Degradação Ambiental e suscetibilidade à desertificação no município de Tejuçuoca Ceará – Brasil**. 2019. Dissertação (Mestrado em Dinâmica Territorial e Ambiental) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/45640>. Acesso em: 15 abr. 2013
- CONTI, José Bueno. O conceito de desertificação. **Climep: Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 3, n. 2, p. 39-52, jul. 2008. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/2091>. Acesso em: 15 de ago. 2022
- FACUNDO, André Leone; FROTA, André Francisco Matsuno da. O Processo de desertificação no núcleo de Irauçuba, Ceará: Fatores ambientais, uso e ocupação do solo. **Caderno Intersaberes**, [s.l.], v. 9, n. 20, p. 81-95, jan. 2020. Disponível em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/intersaberes/article/view/1519>. Acesso em: 05 de out. de 2022
- FREIRES, Eduardo Viana *et al.* Diagnóstico da degradação ambiental na Vertente Úmida do Maciço de Uruburetama/CE e seu entorno. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 48, n. 18, p. 1-55, nov. 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/64372/1/2021\\_art\\_evfreires.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/64372/1/2021_art_evfreires.pdf). Acesso em: 28 abr. 2023

FUNCEME. CEARÁ. (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos) (ed.). **Índices de Aridez do Estado do Ceará**. 2019. Disponível em: [http://www.funceme.br/?page\\_id=5826](http://www.funceme.br/?page_id=5826). Acesso em: 23 set. 2022.

INSTITUTO CACTOS. **Plano de Ação Municipal de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAM-Irauçuba**. Brasília: MMA; São Paulo: Instituto Cactos, 2009. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/269299667/Plano-de-Acao-Municipal-de-Combate-a-Desertificacao-Iraucuba-2009>. Acesso em: 02 set. 2022

LUSTOSA, Jacqueline Pires Gonçalves. **Caracterização morfológica, micromorfológica e mineralógica de três topossequências no município de Irauçuba-CE e suas relações com o processo de desertificação**. 2004. Tese (Doutorado em Geociências) - Curso de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/103012>. Acesso em: 08 de ago. 2022

MATALLO JUNIOR, Heitor. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO, 2001. Disponível em: <http://www.precog.com.br/bc-texto/obras/ue000202.pdf>. Acesso em: 23 set. 2022.

MATOS, Marcos Aureliano Bezerra. **Paulo Bastos: O patriarca de Irauçuba**. Fortaleza: Premium, 2018. 128 p.

OLIVEIRA, Vlória Pinto Vidal de; SOUZA, Marcos José Nogueira de. Solos predominantes em áreas de experimentação (exclusão) do núcleo de desertificação de Irauçuba -CE. In: OLIVEIRA, José Gerardo Beserra de *et al.* **Monitoramento da desertificação em Irauçuba**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2015. p. 1-373. Disponível em: <https://www.repositoriobib.ufc.br/000026/000026fe.pdf#page=48>. Acesso em: 10 nov. 2022.

OLIVEIRA, Jamille Albuquerque de. **Análise da agricultura familiar no município de Irauçuba, segundo a sua capacidade adaptativa à seca, a partir as tecnologias de captação e armazenamento da água**. 2014. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Curso de Economia Rural, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/15347>. Acesso em: 02 de set. 2022oliv

ONU BRASIL. ONU lança década de esforços para combater a desertificação. **ONU Brasil**, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/55657-onu-lanca-decada-de-esforcos-para-combater-desertificacao>. Acesso em: 15 out. 2022.

PIOLLI, Alessandro Luis; CELESTINI, Rosana Maria; MAGON, Rogério. **Teoria e prática em recuperação de áreas degradadas**: plantando a semente de um mundo melhor. Serra Negra, SP: Planeta Água- Associação de Defesa do Meio Ambiente, 2004. 55 p. Disponível em: <https://jbb.ibict.br/handle/1/559>. Acesso em: 03 maio 2023.

REBOITA, Michelle Simões; KRUSCHE, Nisia; AMBRIZZI, Tércio; ROCHA, Rosimeri Porfírio. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terrae Didatica**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 34–50, 2012. DOI: 10.20396/td.v8i1.8637425. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637425>. Acesso em: 25 maio. 2023.

RUIZ, Manuel Enrique *et al.* **Alimentação de bovinos na estação seca**: princípios e procedimentos. Campo Grande: Embrapa, 1984. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/320475/alimentacao-de-bovinos-na-estacao-seca-principios-e-procedimentos>. Acesso em: 22 de maio 2023

SALGADO, Eveline Viana. **Capacidade de Suporte da Serrapilheira da caatinga na recuperação de solos degradados no semiárido**. 2014. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/10580>. Acesso em: 17 out. 2022

SCHENKEL, Celso Salatino; MATALLO JUNIOR, Heitor. **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 2003. Disponível em: [http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=14718](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=14718). Acesso em: 12 de set. 2022.

SILVA, Sérvulo Mercier Siqueira *et al.* Características físicas e químicas de um Neossolo Regolítico Eutrófico do Agreste pernambucano. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2013, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. p. 1-4. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88864/1/caracteristica-quimica-e-fisica.pdf>. Acesso em: 30 maio 2023.

SOUSA, Francélio Pereira de. **Degradação de solos por atividades agropastoris em áreas sob processo de desertificação**: o caso de Irauçuba -CE. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009. Disponível em: [https://ppgsolos.ufc.br/wp-content/uploads/2021/06/dis.fran\\_per\\_sousa.pdf](https://ppgsolos.ufc.br/wp-content/uploads/2021/06/dis.fran_per_sousa.pdf). Acesso em: 31 maio 2023.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Santana: Bookman, 2015. *E-book*. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=EtOyBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=autor+Yin+estudo+de+caso&ots=-lcnzZzD&sig=9xhqQztJSbulVs9dNmdjO0b\\_2b8#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=EtOyBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=autor+Yin+estudo+de+caso&ots=-lcnzZzD&sig=9xhqQztJSbulVs9dNmdjO0b_2b8#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 21 out. 2022

### Sobre o autor:

---

#### Paulo Pacelli Frota Lima

Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária, com ênfase em Engenharia Sanitária

#### Francisco José Freire de Araújo

Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Mestrado em Engenharia Civil, Área de concentração - Saneamento Ambiental, Doutorado em Engenharia Civil, Área de concentração - Saneamento Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor das disciplinas de Biologia Aplicada, Avaliação e Mitigação de Impactos Ambientais, Recuperação de Áreas Degradadas, Educação Ambiental (EaD), Tópicos de Gestão Ambiental no curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Professor do Centro Universitário Farias Brito (FBUNI) e da Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Suplente do Conselheiro Estadual do Meio Ambiente (COEMA) e Consultor Ambiental do Programa Fortaleza Cidade Sustentável (FCS), da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF).

#### Eveline Viana Salgado Cruz

Doutora em Engenharia Agrícola (2014), pela Universidade Federal do Ceará (UFC) com período Sanduíche na Universidad de Valladolid (Espanha), área: Manejo de bacias hidrográficas no semiárido, com recuperação de áreas degradadas. Possui graduação em Agronomia (2005), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (2008). Atuação profissional nos seguintes temas: manejo de bacias hidrográficas, hidrologia, recuperação de áreas degradadas, qualidade de água, irrigação e drenagem, capacidade do solo em retenção de água, cultivo sem solo, extensão rural, análise econômica, manejo da irrigação, desenvolvimento sustentável, climatologia e meteorologia, planejamento de recursos hídricos, gestão ambiental, além de atuar como consultora em desenvolvimento rural sustentável, agricultura familiar e recuperação de solos degradados.

---

### Como citar:

LIMA, Paulo Pacelli Frota.; ARAUJO, Francisco José Freire de; CRUZ, Eveline Viana Salgado. Estudo de variáveis geoclimatológicas e antrópicas que influenciam na desertificação em Irauçuba - CE. **Rev. Tecnologia**, Fortaleza, v. 46, p. 1-14, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5020/23180730.2025.15395>

**Aceito em:** 24/10/2024

**Avaliado em:** 28/11/2025