



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
BACHARELADO EM GEOGRAFIA**

DANIEL LIMA DOS SANTOS

**COMBATE À DESERTIFICAÇÃO E IMPLICAÇÕES NO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL EM IRAUÇUBA-CE**

**FORTALEZA
2024**

DANIEL LIMA DOS SANTOS

COMBATE À DESERTIFICAÇÃO E IMPLICAÇÕES NO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL EM IRAUÇUBA-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de bacharel em
Geografia.

Orientadora: Prof. Dra. Vládia Pinto Vidal de
Oliveira

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S234c Santos, Daniel Lima dos.

Combate à desertificação e implicações no desenvolvimento sustentável em Irauçuba-CE / Daniel Lima dos Santos. – 2024.

71 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geografia, Fortaleza, 2024.

Orientação: Profa. Dra. Vládia Pinto Vidal de Oliveira.

1. Desertificação. 2. Semiárido. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Título.

CDD 910

DANIEL LIMA DOS SANTOS

COMBATE À DESERTIFICAÇÃO E IMPLICAÇÕES NO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL EM IRAUÇUBA-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de bacharel em
Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Vládia Pinto Vidal de
Oliveira.

Aprovada em: 25/09/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Vládia Pinto Vidal de Oliveira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Tasso Ivo de oliveira Neto
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Me. José Osmar Silva Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho à minha avó Antonia
Maria (*in memoriam*). Grato por ser seu neto!

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à minha mãe, Maria do Socorro que sempre está ao meu lado e me apoia em momentos difíceis, à minha filha, Hanna Laura, que traz os sorrisos mais sinceros e o olhar mais doce à minha vida e à minha companheira, Cinthia que me mostra o quanto a vida pode ser leve e colorida.

Ao meu irmão, Moisés pelas conversas intermináveis fruto do idealismo pulsante em nossas mentes. Às poucas e distintas pessoas com quem mantendo vínculos de amizade, aos velhos e novos amigos e amigas.

Aos ancestrais, guardiões, protetores e amigos. Gratidão por caminharem comigo.

Também ao professor Hélio Couto, com quem aprendi lições de vida.

Agradeço à minha orientadora, Vládia Pinto Vidal de Oliveira com quem muito aprendi e a quem admiro por sua garra e seu empoderamento.

Por fim, agradeço ao criador pela oportunidade de estar aqui agora.

RESUMO

A desertificação é a degradação das terras em áreas de clima árido, semiárido e subúmido seco (UNCCD, 1998). Práticas agropecuárias sem a devida adequação à região, têm causado a degradação das terras e retroalimentado o fenômeno no semiárido brasileiro. Diversas medidas de combate à desertificação e implantação do desenvolvimento sustentável têm sido tomadas na região. Este trabalho tem o objetivo de analisar a problemática de combate à desertificação e as implicações no desenvolvimento sustentável em Irauçuba-CE, apontando e descrevendo as ações implantadas pelo Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Assentamento Mandacaru, em Irauçuba-CE. A descrição dessas atividades está baseada em atividades realizadas por diversos projetos e na literatura encontrada sobre tais práticas. Foi realizado um levantamento de dados sobre as atividades agropecuárias do município tendo como fonte dados das pesquisas anuais do IBGE de produção agrícola, pecuária e extração vegetal entre os anos de 2012 a 2022 e dados sobre as características dos estabelecimentos agropecuários de Irauçuba a partir de informações do Censo Agropecuário 2017. Os dados levantados sobre as atividades tradicionais praticadas no município e sobre as práticas do projeto de desenvolvimento sustentável são apresentados e discutidos à luz do paradigma das potencialidades do semiárido brasileiro. Os problemas da desertificação já são sentidos em nossa sociedade e há uma urgência em tratar do problema, a experiência em medidas de combate e recuperação de áreas degradadas têm alcançado resultados notáveis, no entanto há grande necessidade de mais pesquisas e sistematização de informações no combate à desertificação.

Palavras-chave: desertificação; semiárido; desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

Desertification is the degradation of land in areas of arid, semi-arid and dry subhumid climate (UNCCD, 1998). Agricultural practices without proper adaptation to the region have caused land degradation and fed back the phenomenon in the Brazilian semi-arid region. Several measures to combat desertification and implement sustainable development have been taken in the region. This paper aims to carry out a bibliographic survey on desertification in Brazil and to point out and describe the actions implemented by the Sustainable Development Project of the Mandacaru Settlement, in Irauçuba-CE, started in 2013. The description of these activities is based on activities carried out by several projects and on the literature found on such practices. A survey of data on agricultural activities in the municipality was carried out using data from IBGE's annual surveys of agricultural production, livestock and plant extraction between the years 2012 and 2022 and data on the characteristics of agricultural establishments in Irauçuba based on information from the 2017 Agricultural Census. The data collected on the traditional activities practiced in the municipality and on the practices of the sustainable development project are presented and discussed in the light of the paradigm of the potentialities of the Brazilian semi-arid region. The problems of desertification are already felt in our society and there is an urgency to address the problem, the experience in measures to combat and recover degraded areas has achieved remarkable results, however there is a great need for more research and systematization of information in the fight against desertification.

Keywords: desertification; semi-arid; sustainable development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 ÁREA de maior incidência de secas no nordeste brasileiro	28
Figura 2 Região semiárida do FNE e limites do polígono das secas	29
Figura 3 Área Suscetível à Desertificação (ASD)	34
Figura 4 Mapa de localização do município de Irauçuba	41
Figura 5 Modelo esquemático de um terraço de retenção	52
Figura 6 Cordão de pedra	53
Figura 7 Barragem de contenção de sedimentos	54
Figura 8 Modelo esquemático de uma barragem subterrânea	55
Figura 9 Sistemas de captação <i>in situ</i>	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Estabelecimentos agropecuários de Irauçuba por grupos de atividade	46
Gráfico 2	Efetivo de bovinos, ovinos e caprinos em Irauçuba	47
Gráfico 3	Área plantada em (ha) de feijão e milho em Irauçuba	48
Gráfico 4	Extração vegetal em (m^3) no município de Irauçuba	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASA	Articulação no Semiárido Brasileiro
ASD	Área Suscetível à Desertificação
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CMMAD	Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONSLAD	Conferência Internacional e Seminário Latino-americano da Desertificação
COP 3	Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DS	Desenvolvimento Sustentável
EMATERCE	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FGEB	Fundação Grupo Esquel Brasil
FNE	Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
FNMC	Fundo Nacional de Mudanças Climáticas
FUNCENE	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IOCS	Inspeção de Obras Contra as Secas
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NEB	Nordeste Brasileiro
ONG	Organização não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PAE	Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos efeitos da seca
PAN	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
PAM	Produção Agrícola Municipal
PEVS	Pesquisa da Extração Vegetal e Silvicultura

PIMC/IPCC	Painel Internacional sobre Mudança Climática/Intergovernmental Panel on Climate Change
PNCD	Programa Nacional de Combate à Desertificação
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPM	Pesquisa da Pecuária Municipal
SAF	Sistema Agroflorestal
SGB	Serviço Geológico do Brasil
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
EICN	União Internacional para Conservação da Natureza
UNCCD	Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação
WWF	Fundo Mundial para a Natureza/World Wildlife Fund
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	A problemática da desertificação.....	17
2.1.1	<i>Conceito</i>	19
2.1.2	<i>O processo de desertificação</i>	21
2.1.3	<i>Desertificação no Brasil e no Estado do Ceará</i>	23
2.1.4	<i>Seca, semiárido e mudanças climáticas</i>	26
2.1.5	<i>ASD - Área Suscetível à Desertificação</i>	31
2.2	Desenvolvimento sustentável no semiárido	34
2.2.1	<i>Manejo de terras</i>	38
3	METODOLOGIA	41
3.1	Localização da área de estudo	41
3.2	Procedimentos metodológicos	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1	Práticas agropecuárias tradicionais em Irauçuba-CE	46
4.2	Projeto de desenvolvimento sustentável no assentamento Mandacaru, Irauçuba-CE	50
4.2.1	<i>Práticas mecânicas</i>	51
4.2.2	<i>Práticas edáficas</i>	56
4.2.3	<i>Práticas vegetativas e produtivas</i>	58
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

O fenômeno da desertificação implica em problemas socioeconômicos e ambientais que ameaçam a qualidade de vida das populações e a capacidade de regeneração do ambiente no qual seus processos foram estabelecidos. Problemas como fome e pobreza, migrações, abandono de terras, perda da capacidade produtiva da terra, perdas de produção, perda da capacidade de regeneração do ambiente natural, secas severas, perda de solos e perda de biodiversidade, são exemplos das consequências da desertificação.

Para a (UNCCD, 1998) a desertificação é "a degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas".

A retirada da cobertura vegetal e a exposição do solo aos processos erosivos, em consonância com o clima severo da região semiárida faz com que o processo de desertificação seja instalado e retroalimentado pelas ações antrópicas a partir das formas de exploração dos recursos naturais, que em muitos casos, não levam em consideração as limitações do ambiente em detrimento das potencialidades da região.

Os núcleos de desertificação, para João Vasconcelos Sobrinho “se constituem no efeito máximo do processo de degradação”. O Núcleo de Desertificação de Irauçuba no estado do Ceará é alvo de diversos projetos de pesquisa e de políticas voltadas ao desenvolvimento do semiárido.

O Desenvolvimento Sustentável, entendido como “aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas necessidades” (CMMAD, 1992) implica em mudanças socioculturais relativas à convivência e adaptação à região semiárida.

Diversos avanços foram alcançados desde a publicação do relatório “Nosso Futuro Comum”, como a Agenda 21, o PAN-Brasil, a Declaração do Semiárido e o PAE Ceará, que pautam sobre a conservação e gestão dos recursos naturais, combate à seca e a desertificação e a promoção do desenvolvimento sustentável.

A proteção, recuperação e o manejo correto dos recursos naturais do semiárido são importantes para a convivência e a garantia da sustentabilidade na região nordeste. De acordo com Lima (2004) existem diversos processos de recuperação de terras degradadas, no contexto do combate à desertificação.

No município de Irauçuba-CE o Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Assentamento Mandacaru com a Integração de Tecnologias de Convivência com o Semiárido

e Preservação dos Recursos Naturais, iniciado no ano de 2013, organizado pela EMATERCE em parceria com o Ministério do Meio Ambiente com apoio do Fundo Nacional de Mudanças Climáticas (FNMC) e pela Associação de Pequenos Produtores Rurais e Apicultores do Assentamento Mandacaru, realizou diversas ações de recuperação de áreas degradadas, contenção de processos erosivos, manejo e conservação do solo e da água e atividades produtivas sustentáveis por meio de aplicação de tecnologias sociais para promover a convivência com o semiárido.

Este tema se torna relevante visto que a seca é um dos principais problemas da região e é alvo de diversas políticas voltadas para o enfrentamento do problema, mas os fundamentos de muitas políticas de combate aos efeitos da seca e os grandes projetos de agricultura irrigada do século XX, para Perez-Marin *et al.*, (2010) negam aos princípios de sustentabilidade.

Desta forma a região tem sido vista como região problema durante várias décadas, a pobreza e o analfabetismo trazem condições precárias de vida às populações nordestinas enquanto a destruição indiscriminada dos recursos naturais agrava e perpetua os problemas socioambientais.

Há, em contrapartida, um novo paradigma para o semiárido brasileiro, baseado na perspectiva do desenvolvimento sustentável e no trabalho de diversos atores sociais que buscam a convivência harmoniosa com o semiárido, levando em consideração suas potencialidades e suas limitações. Para Guimarães Duque (2004, apud PEREZ-MARIN *et al.*, 2010) o desenvolvimento sustentável deve levar em consideração características ambientais e mudanças em práticas e uso indiscriminado dos recursos naturais.

É notória a contribuição no que diz respeito ao uso sustentável, preservação e a recuperação dos recursos naturais em áreas suscetíveis à desertificação, diversas áreas da ciência buscam uma compreensão mais profunda desses processos de atuação humana cuja impacto se nota positivamente no ambiente.

Em relação às áreas suscetíveis à desertificação e a região semiárida brasileira, são diversos os grupos que vêm contribuindo para a convivência e o desenvolvimento da região, vale ressaltar a importância de cada projeto elaborado com esta finalidade, os avanços alcançados e a notoriedade de diversas ações realizadas.

O objetivo geral desta pesquisa é analisar a problemática de combate à desertificação e as implicações no desenvolvimento sustentável em Irauçuba-CE. Têm como objetivos específicos analisar as atividades agropecuárias tradicionalmente praticadas no município e seu impacto ambiental; e apontar as ações do Projeto de Desenvolvimento

Sustentável do Assentamento Mandacaru em Irauçuba-CE e a partir da literatura existente discorrer sobre as tecnologias aplicadas e suas implicações no desenvolvimento sustentável.

Esta pesquisa se trata de levantamento bibliográfico e utiliza abordagem de cunho quali/quantitativo para análise dos dados. A coleta de dados se deu por forma indireta por meio de artigos científicos, jornais, revistas, livros, monografias, teses, dissertações e publicações de órgãos de pesquisa. Logo após, se procedeu a análise do conteúdo e a sistematização das informações por meio de textos, gráficos, imagens e mapa de localização da área de estudo.

O presente trabalho está organizado em 5 capítulos: introdução, referencial teórico, metodologia, resultados e discussão e considerações finais. Na introdução se encontram o problema da pesquisa e a delimitação do tema, assim como sua relevância e os objetivos da pesquisa. O referencial teórico versa sobre a desertificação no mundo, no Brasil e em Irauçuba-CE, seu conceito e definições, suas causas e consequências e a desertificação atrelada às condições do semiárido brasileiro, e ainda sobre o desenvolvimento sustentável no semiárido e a recuperação de áreas degradadas.

Na metodologia tem-se a caracterização da área de estudo e são apontados os procedimentos operacionais do levantamento de dados da produção agropecuária e sobre o projeto do assentamento mandacaru que norteiam o capítulo seguinte; Os resultados e discussão estão subdivididos na análise da séries históricas da produção agropecuária do município de Irauçuba a partir de dados do IBGE e na apresentação e discussão das práticas mecânicas, edáficas, vegetativas e produtivas realizadas pelo Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Assentamento Mandacaru em Irauçuba-CE. Por fim, tem-se as considerações finais que sintetizam os resultados deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A problemática da desertificação

As consequências da desertificação já são sentidas em várias áreas do planeta, desequilíbrios ambientais e ações antrópicas que não levam em conta a capacidade de resiliência do ambiente natural são as causas mais comuns do problema enfrentado. Ações no sentido de conhecimento e pesquisa das causas e consequências da desertificação, delimitação do problema e metodologias de estudo têm sido buscadas desde as principais conferências realizadas acerca do tema e ainda diversos meios de conscientização e formas de enfrentamento têm sido buscadas pela comunidade científica, poder público e demais atores sociais envolvidos direta ou indiretamente nesta temática.

Para Matallo Júnior (1999) o Dust Bowl foi o início da história do conceito de desertificação, na década de 30, quando intensos processos de degradação ocorreram em alguns estados do meio oeste americano, as principais causas do processo foram desmatamentos e a exploração dos solos por meio da agricultura e pecuária. A exploração das terras para produção agropecuária nos estados de Oklahoma, Kansas, Novo México e Colorado geraram tamanha pressão ao ecossistema, agravados por uma seca nos anos de 1929 e 1932 que gerou perdas ambientais e econômicas e devastou uma área de mais de 300.000km².

De acordo com Verdum *et al.*, (2001) Aubreville popularizou o termo desertificação, na década de 1940, para identificar o surgimento de “verdadeiros desertos” nas ex colônias europeias do norte da África, como forma de conscientização sobre a desertificação onde as práticas de produção agrícola oriundas da Europa, aplicadas no continente africano promoveram a degradação dos recursos naturais.

A região do Sahel africano, passou a chamar a atenção mundial para a gravidade da situação da desertificação e suas consequências ambientais, sociais e econômicas. Matallo Júnior (1999) aponta que os processos ocorridos nessa região foram marcados pelos processos de descolonização; mudanças importantes nos modelos de exploração dos recursos naturais: sedentarização das populações antes nômades, estruturação de um mercado demandante de produtos agrícolas em zonas áridas, desmatamentos intensos para produção de energia, entre outros; e ainda a ocorrência de secas intensas.

De acordo com Hare *et al.*, (1992 apud ARAÚJO e SOUZA, 2017), a seca atingiu severamente essa região entre 1968 e 1973. Em 1970, a precipitação anual foi de 149 mm, em

1971, foi de 126 mm e, em 1972, de apenas 54 mm. Houve muitas mortes e a ocorrência de grandes migrações e campos de refugiados.

Em 1977 aconteceu a Conferência das Nações Unidas de Combate à Desertificação, em Nairobi, Quênia. Foram discutidos temas sobre o meio ambiente, a situação africana ocasionada pela seca do Sahel, o problema da desertificação, a necessidade de medidas para o enfrentamento do problema e a criação do Plano de Ação Mundial de Combate à Desertificação (BRASIL, 2010).

Nimer (1980) destaca as recomendações feitas para a execução do plano de ação de combate à desertificação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), sendo elas a realização de pesquisas sobre clima e desertificação, mudanças ecológicas causadas pela desertificação, aspectos demográficos e socioeconômicos decorrentes da desertificação e de tecnologias desenvolvidas para combater o problema. Em relação ao mapeamento das áreas de ocorrência do processo, o plano recomendou a descrição das características ecológicas da área, estágios e causas do processo com o objetivo de frear a desertificação e reverter seu processo.

A Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) ou ECO 92, realizada no Rio de Janeiro em 1992, teve como resultado a Agenda 21, este documento tem o objetivo de preparar o mundo para os desafios do século XXI (BRASIL, 2005). O capítulo 12 da agenda 21 intitulado Manejo de Ecossistemas Frágeis: A Luta Contra a Desertificação e a Seca, destaca a necessidade de medidas preventivas em áreas degradadas e a participação das comunidades e organizações na luta contra a desertificação.

Outro resultado importante da ECO 92 foi o início do processo para a elaboração da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), cuja principal obrigação dos países parte é a elaboração de um Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação.

Em 1994 foi realizada em Fortaleza a Conferência Internacional e Seminário Latino-americano da Desertificação - CONSLAD, onde foi feito um balanço da desertificação na América Latina e a discussão do texto da Convenção, assim como a inserção do bloco da América Latina na CCD.

Estas foram algumas das principais questões norteadoras da problemática da desertificação no que diz respeito ao seu conhecimento mundial e local e às diversas ações empregadas, nos sentidos teórico e prático, para o enfrentamento do problema.

2.1.1 Conceito

Existe uma confusão em relação aos conceitos de deserto e desertificação, sendo esta relacionada ao deserto devido a processos ocorridos próximo a regiões desérticas, criou-se a impressão de estarem relacionados com o avanço dos desertos. Apesar de serem termos parecidos dando a ideia de que um termo deriva do outro, se tratam de manifestações diferentes, com distintos fatores por trás de suas formações.

Barreto, Cezário de Oliveira (2019) apontam as diversas características dos desertos a fim de diferenciá-los de desertificação, baseado em (CONTI,2008; NIMER,1980,1988) apontam aspectos geográficos dos desertos e suas causas, concluindo que o ser humano não é o responsável por sua ocorrência ao contrário do que acontece na desertificação onde a ação humana degrada o ambiente.

Nos desertos o clima é árido, com temperaturas elevadas e precipitação média anual abaixo de 250 mm, com chuvas concentradas em poucos meses do ano. A vegetação existente é esparsa e adaptada às condições de aridez, de acordo com (CONTI, 2008; NIMER, 1980, 1988) há clímax ecológico no ecossistema do deserto. No quadro 1 são apontadas as condições de aridez dos desertos.

Quadro 1 – Condições de aridez dos desertos

CONDIÇÕES	
As altas pressões de anticiclone tropical e subtropical	É a causa mais relevante à existência desse ecossistema, estando vinculado com a circulação atmosférica, e pouco com fatores geográficos, com exceção da forma da terra. Essas áreas são as de latitude 30°, onde estão os desertos do Saara e Australiano.
O posicionamento físico-geográfico	É vinculado à relação geomorfológica e clima, onde o relevo contribui para que as precipitações sejam distintas de uma mesma região, formando áreas de sotavento e barlavento, o primeiro possui menores precipitações do que o segundo. O deserto do sudoeste dos Estados Unidos possui a atuação desse fator mais evidente.
As altas latitudes	É a causa mais evidente nos desertos de Takla Makan e Gobi.
A atuação de correntes oceânicas frias	É causa bem evidente no deserto do Atacama, que contribui para diminuição de evaporação e umidade do ar.

Fonte: Barreto, Cesário e Oliveira (2019).

Para Barreto, Cezário e Oliveira (2019) o deserto possui sua própria dinâmica, estando em clímax ecológico, as suas causas são predominantemente naturais e o clima regional é um dos principais responsáveis por sua ocorrência, enquanto a desertificação é um processo gradativo que resulta em uma degradação ambiental.

O tema desertificação diz respeito a diversas áreas do conhecimento, se tratando de uma proposta multidisciplinar que vem sendo desenvolvida com contribuições diversas. Matallo Júnior (1999) destaca que o conceito de desertificação aceito pelas Nações Unidas, em relação à degradação de terras, é uma ideia complexa e seus componentes dizem respeito às áreas do conhecimento físico, biológico, hídrico e socioeconômico.

Conti (1989 apud VERDUM, 2001) afirma que a desertificação tem causas climáticas e ecológicas, apontando para a variabilidade nos padrões climáticos que levam a deficiência de água no sistema natural e podem partir de fenômenos naturais ou de causas antrópicas, ou ambas. Aponta ainda o crescimento demográfico e a pressão sobre os recursos naturais como causas do processo.

Verdum (2001) afirma que os conceitos formulados pelos diversos autores são objetos de controvérsia e aponta para a necessidade de refletir sobre o tema quando analisa a definição proposta pela conferência de Nairobi e as definições propostas por alguns autores em relação ao tema; neste contexto o autor destaca as escalas espacial e temporal levadas em conta na definição da desertificação e considera os critérios climático, social, botânico, pedológico entre outros, em seguida o autor traz algumas das propostas para a definição do conceito de desertificação apontando os aspectos citados acima.

Para Le Houérou (1977 apud VERDUM, 2001) “o processo de desertificação está associado à degradação de vários tipos de vegetação e sofre a interferência da variabilidade pluviométrica”, ainda, segundo o autor este processo pode ocorrer tanto nas margens dos desertos quanto em florestas úmidas. Para Goudie (1990 apud VERDUM, 2001) “o processo de desertificação é uma alteração na biomassa com deterioração acelerada do solo, responsabilizando as atividades humanas e o fator climático como principais agentes de modificação”, o autor estabelece que o processo de desertificação tem suas causas associadas à pressão da monocultura, superpastoreio, salinização do solo e desmatamento.

Para Nimer (1980) muitas causas podem dar origem à desertificação, mas estas são determinadas por dois fatores: mudanças de clima, caracterizadas na deficiência de chuvas, e a ação do homem. Para o autor a desertificação é entendida como a degradação ambiental que se dá pelo ressecamento e a perda da capacidade dos solos.

A desertificação para Vasconcelos Sobrinho (1978 apud SILVA, 2017) “é um processo de fragilidade dos ecossistemas das terras secas em geral, decorrentes da pressão excessiva das populações humanas”. Para o autor, a perda da produtividade está associada à perda da capacidade de recuperação do ecossistema.

Para a (UNCCD, 1998) a desertificação é "a degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas". Para Oliveira-Galvão (2001 apud SILVA, 2017) ambientes nessas regiões apresentam fragilidade ambiental e limitadas condições de auto recuperação frente aos processos de degradação.

A partir das considerações sobre o deserto e sobre desertificação, apresentadas para distinguir ambas, podemos observar que se trata de questões distintas. Em relação às definições apresentadas sobre a desertificação, nota-se que todas apresentam certa semelhança entre si e a definição usada pela UNCCD abrange os diversos pontos levantados pelas demais.

2.1.2 O processo de desertificação

O processo de desertificação envolve as causas naturais e antrópicas, dentre as causas naturais estão as secas e os incêndios florestais, as secas para Charrua (2014) podem causar stress hídrico comprometendo o fluxo hidrológico, manutenção do clima, e a formação e proteção do solo. De acordo com ADEEL *et al.*, (2005) incêndios florestais quando afetam a vegetação natural podem causar mudanças nos processos ecológicos, perda de matéria orgânica, perda de biodiversidade e mudança de habitat para espécies de plantas e animais.

Existem vários fatores antrópicos que podem levar a degradação da terra, a pressão das populações com suas diversas formas de subsistência sobre o meio, tende a causar danos ao ecossistema. Historicamente as atividades humanas que causam tais impactos têm relação com o cultivo, pastoreio e com o desmatamento.

Para Charrua (2014) a degradação da terra é a perda da produtividade biológica ou econômica da terra induzidos pelas atividades humanas, os quais tendem a causar perda da qualidade da água, erosão do solo, deterioração de suas propriedades físicas, químicas e biológicas e, a longo prazo perda da vegetação natural.

A agricultura irrigada supre a demanda por água de diversas culturas e possibilita a expansão da fronteira agrícola para diversas partes onde há irregularidades no regime pluvial, para Charrua (2014) o sobrecultivo leva à salinização do solo. De acordo com Oliveira (1997, apud PEDROTTI *et al.*, 2015), em decorrência do manejo inadequado da irrigação, a salinidade

se manifesta de forma mais acentuada em áreas de elevada evapotranspiração e baixa precipitação pluviométrica. Para Pedrotti *et al.*, (2015) a salinização induzida pelo homem é mais perceptível em climas áridos e semiáridos.

O problema do sobrepastoreio são processos de compactação do solo que para Sá e Santos Junior (2005) dificulta o crescimento radicular, diminui a aeração e a retenção de água aumentando o escoamento superficial. A retirada da vegetação nativa para produção de lenha e plantio de espécies herbáceas para pastagem reduzem a diversidade da cobertura vegetal (CHARRUA, 2015).

A erosão de solos pode levar a perda de sua estrutura, perda de matéria orgânica e perda da capacidade produtiva (DREGNE, CHOU, 1992). Existem várias formas de erosão de solo, a erosão eólica está relacionada com a ação do vento sobre o solo, indo afetar partículas que são facilmente transportadas; a erosão mecânica se dá pela ação da gravidade onde os horizontes superficiais são deslocados das encostas e depositados nas suas bordas.

Para Neves (2010) a erosão hídrica é influenciada pelos seguintes fatores: a energia da chuva (erosividade), a resistência do solo (erodibilidade), o declive, extensão e exposição da vertente, a vegetação e percentagem de cobertura do solo, assim como as práticas de gestão. Roose (1996) afirma que a fase inicial da erosão hídrica é a erosão laminar causada pelo impacto das gotas da chuva no solo descoberto. A erosão laminar degrada a superfície do solo podendo ser facilmente detectável de um ano para outro. O sinal da ocorrência de erosão laminar é a presença de manchas pálidas nos pontos mais arejados das áreas afetadas e ainda a ocorrência de seixos na superfície, as partículas leves do solo são levadas e os materiais mais pesados se acumulam.

As consequências da erosão laminar de acordo com Roose (1996) e Charrua (2014) são: degradação de torrões que levam ao nivelamento da superfície do solo, enchimento de depressões e aparecimento de crostas esbranquiçadas; perda seletiva de matéria orgânica e argila deixando para trás uma camada de areia e cascalho mais pálida do que o horizonte subjacente; remoção do horizonte de superfície, deixando manchas pálidas no horizonte subjacente exposto.

A erosão linear não se espalha por toda a superfície, mas flui em linhas de fluxo sobre os declives, para Roose (1996) a erosão linear é um indicativo de que o escoamento se tornou organizado e nessa fase há o aumento de energia cinética que é capaz de cortar o solo e carregar partículas cada vez maiores como cascalho, seixos e blocos.

Para Charrua (2014) a resistência do ambiente à erosão depende de fatores como a cobertura vegetal, declividade, coesão e rugosidade do solo e ainda a presença de raízes, a resistência do perfil do solo e as técnicas de controle de erosão utilizadas.

De acordo com Roose (1996), dois processos estão envolvidos na degradação dos solos: mineralização da matéria orgânica no solo e absorção de minerais pelas culturas, o que leva a uma redução da micro e da mesofauna que são responsáveis pela macroporosidade; e o aumento de areia ou cascalho nos horizontes superficiais através da erosão seletiva de partículas finas, matéria orgânica ou nutrientes como consequência do impacto das chuvas.

2.1.3 Desertificação no Brasil e no Estado do Ceará

Um dos pioneiros nos estudos sobre a desertificação no Brasil para Matallo Júnior (2001) foi o professor João Vasconcelos Sobrinho com a publicação em 1971 de sua monografia intitulada Núcleos de Desertificação no Polígono das Secas, onde identifica os núcleos como áreas piloto que se constituem no efeito máximo do processo de degradação.

De acordo com CGEE (2016) o artigo O Deserto Brasileiro, publicado por Vasconcelos Sobrinho em 1974, indica as áreas relativas aos núcleos de desertificação, esses núcleos, para o autor, são áreas onde a degradação da vegetação e do solo alcançaram condição de irreversibilidade.

Os núcleos ou áreas-piloto indicados pelo autor em seu trabalho estão localizados na região nordeste, onde o processo de desertificação está presente nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia. Matallo Júnior (2001) afirma que Vasconcelos Sobrinho trabalhou com 36 indicadores, divididos em categorias físicas, biológicas, agropecuárias e socioeconômicas.

O trabalho de Nimer (1980) publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), intitulado Subsídio ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação, mapeou para o Brasil as áreas mais predispostas a desertificação, a partir de critérios climatológicos, com o objetivo de indicar áreas suscetíveis à desertificação (CGEE, 2016).

Para CGEE (2016), o trabalho Avaliação do Quadro de Desertificação no Nordeste do Brasil: Diagnóstico e Perspectiva, do professor Valdemar Rodrigues, publicado em 1992 em anais da Conferência Internacional Sobre Impactos de Variações Climáticas e Desenvolvimento Sustentável em Regiões Semiáridas, traz importante contribuição no sentido de apontar as áreas do nordeste já afetadas pela desertificação, baseadas em indicadores de suscetibilidade

climática, neste caso, baseado no índice de aridez (IA), além de indicadores socioeconômicos. Aponta ainda as causas frequentes do fenômeno destacando superexploração dos recursos naturais e superpopulação.

José Bueno Conti, também apresentou grande contribuição para os estudos da desertificação no Brasil, sua tese de livre docência intitulada “Desertificação nos trópicos - Proposta de Metodologia de Estudo Aplicada ao Nordeste Brasileiro” que para Sales (2003) é a “mais completa e importante revisão bibliográfica sobre o tema”. E ainda para Sales (2003) neste estudo o autor busca ainda encontrar tendências, ciclicidades e indicadores da variabilidade interanual a partir de dados de precipitação pluviométrica.

O debate e as ações no sentido de combate à desertificação também esteve presente nos âmbitos institucionais, governamentais e da sociedade civil, a Agenda 21 brasileira representa o consenso entre diversos setores da sociedade brasileira constituindo um processo de planejamento estratégico participativo (BRASIL, 2005).

Em 1999 a Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação - COP 3, realizada em Recife-PE, produziu avanços na compreensão da desertificação no Brasil, discutindo as causas do problema e as medidas de combate. Durante o evento foi realizado o Fórum Paralelo, organizado pela sociedade civil, onde foi produzido o documento “Declaração do Semiárido” organizado pela Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA).

O documento Declaração do Semiárido aborda os problemas políticos na região em relação à seca e necessidades de medidas emergenciais, mostra que a convivência com o semiárido é viável e propõe um programa de convivência com o semiárido fundamentado em duas premissas: conservação, uso sustentável e recomposição ambiental dos recursos naturais do semiárido e a quebra do monopólio de acesso à terra, água e outros meios de produção.

O Programa Nacional de Combate à Desertificação - PNCD, implantado pelo MMA, com a cooperação do PNUD e da Fundação Grupo Esquel Brasil - FGEB, é um instrumento de articulação e coordenação de ações de controle da desertificação, com políticas voltadas para a minimização de perdas econômicas e ambientais, tendo o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável nas regiões sujeitas à desertificação e à seca (LACERDA e LACERDA, 2004)

Brasil (2005) destaca a contribuição positiva das políticas estaduais de controle da desertificação, mencionando os Estados de Pernambuco, Paraíba, Bahia e do Ceará e Piauí que estavam elaborando seus planos na época. Preservação dos recursos naturais,

desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida são questões centrais dos documentos.

O Projeto Áridas, iniciativa dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, paraíba e Bahia, órgãos do governo, institucionais e financeiros, realizou diversos estudos e elaborou relatórios trabalhando com o conceito de desenvolvimento sustentável, incorporando, além do ambiental, as dimensões sociais, políticas e econômicas ao conceito (IICA, 2008).

O Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação - PAN foi elaborado entre os anos de 2003 e 2004 e publicado no ano de 2005. A construção deste documento contou com a participação das esferas do governo federal, governos estaduais e da sociedade civil e estiveram envolvidas instituições governamentais e não governamentais. A área de enfoque deste documento é a denominada Área Suscetível à desertificação (ASD). Os documentos norteadores da construção do PAN- Brasil foram a própria UNCCD, Agenda 21, Declaração do semiárido, a Conferência Nacional do Meio Ambiente e as estratégias e macro objetivos de desenvolvimento sustentável propostos na Orientação Estratégica do Governo (BRASIL, 2005).

O documento da Agenda 21 está dividido em quatro “eixos temáticos” que orientaram os debates, as deliberações e os processos técnicos, políticos e institucionais a partir dos quais foram determinadas as ações, programas e projetos em implementação pelo governo federal (BRASIL, 2005). Os eixos temáticos são: Combate à Pobreza e à Desigualdade; Ampliação Sustentável da Capacidade Produtiva; Preservação, Conservação e Manejo Sustentável de Recursos Naturais; e Gestão Democrática e Fortalecimento Institucional.

Nos eixos 1 e 2 ressalta-se o apoio à agricultura familiar, melhoria da educação e o programa fome zero, além da preocupação com a salinização oriunda da agricultura irrigada através da necessidade urgente de formatação de programas específicos de prevenção e controle da salinização (BRASIL, 2005).

O eixo 3 aponta para a melhoria da gestão ambiental, ampliação de áreas protegidas, gestão dos recursos hídricos, uso sustentável de recursos florestais, revitalização de bacias hidrográficas importantes e realização do zoneamento ecológico econômico em escala apropriada (BRASIL, 2005).

Por fim, no eixo 4, foram definidas ações, no sentido de aprofundar e consolidar a experiência democrática, voltadas para a participação da sociedade civil em todas as instâncias (BRASIL, 2005).

Os capítulos I e II do documento trazem questões importantes, principalmente no que diz respeito à Área Suscetível à Desertificação (ASD) proposta pelo PAN - Brasil e pelos demais tópicos que serão levantados ao longo deste trabalho.

De acordo com CGEE (2016), os estados foram conduzidos a elaborar seus programas ou planos de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca, trabalhando no diagnóstico das áreas desertificadas e no encaminhamento de soluções para recuperação de áreas afetadas.

O Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos efeitos da seca (PAE/CE) de 2010, apresenta um planejamento de ações para o período de 2010 – 2013 por meio de compromissos com subprogramas na área de conservação e preservação dos recursos naturais e da produção sustentável, mudanças climáticas e a convivência com o semiárido com objetivo de contribuir para a convivência equilibrada com o semiárido, por meio da sustentabilidade ambiental do bioma caatinga, a partir de políticas ambientais, sociais e econômicas, focadas na redução da pobreza (CEARÁ, 2010).

As áreas de atuação do PAE/CE se localizam nos Sertões dos Inhamuns, de Irauçuba, e do Médio Jaguaribe, abrangendo 14 municípios com áreas em processo de desertificação, conforme critérios ambientais e socioeconômicos (CEARÁ, 2010).

Vale ressaltar os trabalhos realizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME envolvendo identificação, mapeamento, zoneamento, monitoramento de áreas degradadas em processo de desertificação, apoiados em imagens de satélite e a publicação, no ano de 1993, do mapeamento de Áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará que identifica as regiões de Irauçuba, Inhamuns e Médio Jaguaribe como áreas mais suscetíveis ao processo de desertificação (CGEE, 2016).

2.1.4 Seca e mudanças climáticas

“Seca é um fenômeno climatológico caracterizado pela ausência, escassez, frequência reduzida, quantidade limitada e má distribuição das precipitações pluviométricas durante as estações chuvosas” (BRASIL, 2005). “A terminologia seca se refere a um período de tempo ao qual a escassez de chuvas produz um desequilíbrio hidrológico com impactos sociais, econômicos e ambientais” (TAVARES, ARRUDA, SILVA, 2019). Ainda para os autores, a seca consiste em um problema muito antigo no nordeste brasileiro, havendo relatos que os povos indígenas que habitavam a região enfrentavam constantemente esse problema.

De acordo com Mendes (1986, apud TAVARES, ARRUDA e SILVA, 2019) no semiárido brasileiro existem as secas totais e as secas periódicas, a primeira se refere ao período de estiagem característico do regime hidrológico da região, enquanto a segunda ocorre em intervalo de tempo variados assim como sua duração e são classificados, de acordo com sua distribuição espacial e intensidade, de três maneiras: a seca total se caracteriza pela baixa precipitação e distribuição assimétrica das chuvas, causando impactos na agricultura e pecuária e impossibilitando a manutenção de reservatórios; a seca parcial ou seca verde, ocorre quando as chuvas são mal distribuídas em termos de tempo e espaço; e a seca hidrológica se caracteriza por precipitações pequenas mas bem distribuídas, sendo suficientes apenas para dar suporte à agricultura e as pastagens.

Já para Herrmann e Hutchinson (2006, apud TAVARES, ARRUDA e SILVA, 2019) há quatro tipos de secas, classificadas de acordo com o grau de severidade. A seca meteorológica se caracteriza pela ocorrência de chuvas abaixo da média; a seca hidrológica está associada ao efeito das baixas precipitações e o estoque de água subterrânea, ocorre antes da seca meteorológica; seca agrícola está relacionada à redução do estoque de água para a agricultura; e a seca socioeconômica está relacionada ao impacto cumulativo das secas anteriores sobre o funcionamento dos sistemas socioeconômicos.

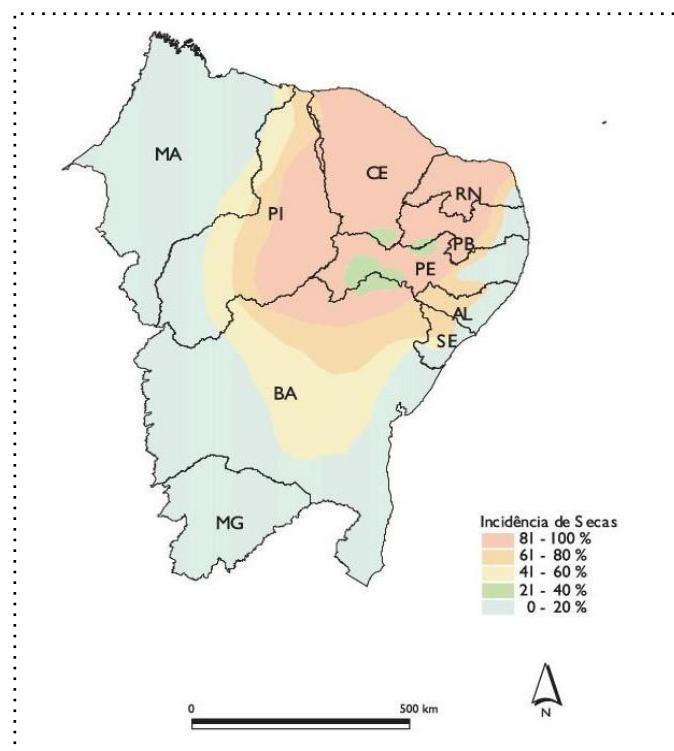
A seca já é um problema antigo no Nordeste, Brasil (2005) destaca que as primeiras produções sobre o assunto foram feitas por naturalistas como Spix e Martius, Saint Hilaire, Humboldt e Darwin, trazidos ao Brasil pelos colonizadores europeus. Também ficou marcada na Comissão Científica de Exploração que viajou à atual região nordeste em busca de ouro e pedras preciosas, a comissão foi criada por D. Pedro II e era composta por cientistas de diversas áreas, entre eles, Francisco Freire Alemão, Guilherme Schuh Capanema, Manuel Ferreira Lagos, Giacomo Raja Gabaglia e Antônio Gonçalves Dias.

As contribuições de Rodolpho Theophilo, assim como as de Guilherme Studart, Thomas Pompeu de Souza Brasil, Gilberto Freyre, entre outros, para o conhecimento dos recursos naturais do Nordeste e os fundamentos da ecologia da região foram importantes na luta contra a seca a convivência com o ambiente semiárido.

Ainda no século XX diversos pesquisadores, técnicos, cientistas e engenheiros, brasileiros e estrangeiros se empenharam na questão das secas e dos recursos naturais do Nordeste, a criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas - IOCS e as contribuições de Arrojado Lisboa, Guimarães Duque, José Augusto Trindade e Celso Furtado constituíram avanços e inovações para a região nordeste em matéria de ecologia, meio ambiente e desenvolvimento da região (BRASIL, 2005).

No nordeste do Brasil as áreas mais afetadas pelas secas são aquelas cuja ocorrência depende da ação da ZCIT, onde a precipitação pluviométrica gira em torno de 400 mm a 800 mm de chuvas anuais. No “miolão semi-árido”, área localizada no interior da área de ocorrência de secas, onde a variabilidade climática é extremamente acentuada, as secas ocorrem com frequência entre 81% e 100% (BRASIL, 2005).

Figura 1 – Área de maior incidência de secas no nordeste brasileiro



Fonte: BRASIL, 2005.

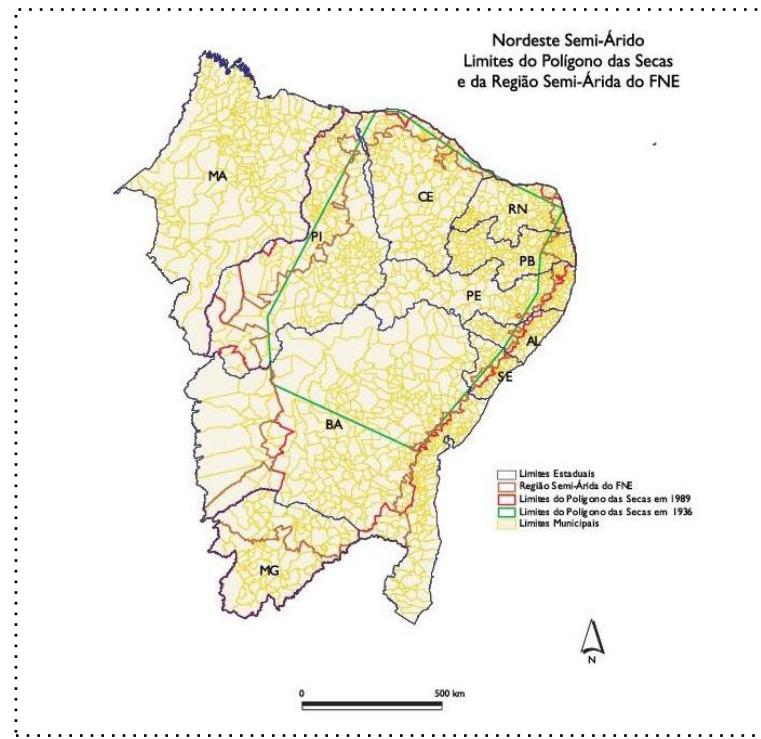
A área oficial de ocorrência de secas no Nordeste, delimitada a partir de 1936 sob a denominação de polígono das secas, passa por transformações e ampliações tendo em vista os esforços aplicados na região em relação à abrangência espacial do fenômeno.

A Região Semi-Árida do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE, definida em 1989 como área oficial de ocorrência de secas no Nordeste, cuja abrangência comprehende a área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, com precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm (BRASIL, 2005).

Em 1989 a Região Semi-Árida do FNE, abrangia parte dos estados situados na Área de Atuação da Sudene composto pelo Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, e para a Área Mineira do Polígono das Secas. Em 1998

a Área de Atuação da Sudene foi ampliada em mais 134.118,00 km², por conta das disposições da Lei nº 9.690 que estabeleceu a inclusão de novos municípios dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo nessa área e com esses acréscimos, o Nordeste da Sudene passou a cobrir uma superfície de 1.797.939,70 km² (BRASIL, 2005).

Figura 2 – Região semiárida do FNE e limites do polígono das secas



Fonte: BRASIL, (2005)

A região semiárida brasileira, apresenta baixos valores de amplitude térmica e elevadas taxas de evaporação e evapotranspiração, as chuvas são concentradas em poucos meses do ano seguidas por longos meses de estiagem. Vale ressaltar a extrema irregularidade das chuvas no tempo e no espaço que é típica do semiárido (CEARÁ, 2010).

Em relação aos solos da região semiárida, para Correia *et al.*, 2011 há ocorrência de Latossolos, Argissolos, Neossolos Quartzarênicos, Planossolos, Cambissolos, Vertissolos, Luvissolos e Neossolos Litólicos. dos quais os dois últimos mencionados são pouco profundos e muito suscetíveis à erosão e os solos irrigáveis são pouco extensos, sendo os Vertissolos, Argissolos, Latossolos e alguns Cambissolos.

A Caatinga é o ecossistema predominante na região, cuja flora se caracteriza pela tolerância e adaptação às condições climáticas da região, a caducifolia é a perda das folhas e hibernação das espécies da vegetação e durante o período seco e a brotação de novas folhas com a época da chuva. A composição florística pode variar de acordo com o volume das

precipitações, da qualidade dos solos, da rede hidrográfica e da ação antrópica (CORREIA *et al.*, 2011).

O relevo da região é muito variável, o que contribui para a elevada quantidade de unidades de paisagem, a altitude média fica entre 400 e 500 m, mas pode atingir os 1.000 m de altitude, em torno de 20% das encostas encontradas na região têm inclinação maior do que 12%, o que determina presença marcante de processos erosivos nas áreas antropizadas (SILVA, 2000, apud CORREIA *et al.*, 2011). A região apresenta relevo plano a ondulado, com vales abertos, pela menor resistência à erosão. A Depressão Sertaneja constitui a maior parte da região, que se configura em uma superfície de pediplanação (depressão periférica do São Francisco) na qual ocorrem cristas e outeiros residuais (JACOMINE, 1973, apud CORREIA *et al.*, 2011).

Em relação à geologia, Jacomine (1996, apud CORREIA *et al.*, 2011) dividiu a região em três áreas conforme a natureza do material de origem: áreas do cristalino, que para Brasil (1974 apud CORREIA *et al.*, 2011) Jacomine (1996 apud CORREIA *et al.*, 2011) nessas áreas predominam os gnaisses, granitos, migmatitos e xistos; áreas do cristalino recobertas por materiais mais ou menos arenosos; e áreas sedimentares recentes.

Com relação às mudanças climáticas o Painel Internacional sobre Mudança Climática – PIMC (Intergovernamental Panel on Climate Change – IPCC), realizado sob o patrocínio da Assembléia Geral da ONU em 1990, reuniu climatologistas de várias partes do mundo, onde discutiram os resultados de seus trabalhos no sentido de alertar os líderes mundiais quanto à seriedade das mudanças climáticas. Em 2001 a Academia Nacional de Ciências dos EUA divulgou relatório que confirma os estudos do IPCC, concluindo que gases do efeito estufa estão se acumulando na atmosfera terrestre causando a elevação da temperatura do ar e dos oceanos por consequência das atividades humanas (BRASIL, 2005).

O PAN-Brasil destaca as mudanças decorrentes do aquecimento global para a região semiárida que pode sofrer com a maior variabilidade do regime de chuvas e maior ocorrência de eventos de secas e enchentes, ampliando os danos socioeconômicos e ambientais.

As implicações das mudanças climáticas para o semiárido nordestino foram discutidas no “Segundo Seminário sobre Mudanças Climáticas: Implicações para o Nordeste” realizado em Fortaleza, em 2008, reunindo pesquisadores, técnicos especialistas e representantes da sociedade civil. Os cenários discutidos apontaram para a ocorrência de temperaturas mais altas implicando em maiores faixas de evapotranspiração, aumento do déficit hídrico, menor umidade de solo e maiores índices de aridez, o que levaria áreas caracterizadas como subúmidas secas se tornarem semiáridas e semiáridas se tornarem áridas, comprometendo irreversivelmente as lavouras da região. A degradação e a desertificação, nesses cenários,

ocorreriam de forma mais ampla e intensa com acelerada perda de solos e biodiversidade, afetando mais intensamente a capacidade de suporte dos ecossistemas (PAE-CE, 2010).

O Programa Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca destaca a baixa proteção dos solos frente às chuvas torrenciais. Durante o período de estiagem a vegetação perde suas folhas, dessa forma há maior contato das gotas d'água com o solo e a remoção de detritos finos e aumento do escoamento superficial contribui para a perda de matéria orgânica e partículas do solo. As atividades humanas podem agravar a situação, o desmatamento que ainda é bastante praticado na região para diversas finalidades, faz diminuir a matéria orgânica, a retenção de água no solo e a infiltração aumentando consequentemente o escoamento superficial.

2.1.5 ASD - Área suscetível à Desertificação

A área suscetível à desertificação se localiza majoritariamente no Nordeste brasileiro, onde há ocorrência de clima semiárido e subúmido seco, esta área abrange os Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e algumas áreas dos estados de Minas Gerais, Maranhão e Espírito Santo (BRASIL, 2005). Para o PAN - Brasil a ASD envolve os Núcleos de desertificação; áreas semiáridas, subúmidas secas e as áreas do entorno; e as novas áreas sujeitas a desertificação.

Os núcleos de desertificação para Sobrinho (1982 apud BRASIL, 2005) apresentam vegetação de porte reduzido, com aspectos de nanismo em suas espécies e “concentração diluída” das espécies no espaço afetado. O processo se acentua no período seco e na volta da chuva há um esforço de recuperação que nem sempre é recompensado. Fatores locais podem predominar em relação ao clima regional, Sobrinho destaca a ocorrência de manchas de solos férteis ao lado de manchas de solos rasos, com horizonte superficial erodido, sem capacidade de retenção de água e deficiência de nutrientes sob o mesmo clima regional. Vale ressaltar a dupla importância conceitual dessas áreas piloto, que para o autor representam o efeito máximo do processo de degradação e o indicador mais importante da desertificação.

Em 1977, a Sudene iniciou o estudo das áreas em processo de desertificação com a colaboração do professor Vasconcelos Sobrinho, com o objetivo de identificar as áreas mais atingidas pelo fenômeno e selecionar as consideradas mais críticas como áreas piloto, para efeito de mapeamento. No quadro 2 se encontram as áreas piloto consideradas por Sobrinho.

Quadro 2 – Áreas piloto no processo de desertificação

ÁREAS PILOTO SELECIONADAS	ESTADOS	REGIÕES NATURAIS E/OU MICRORREGIÕES HOMOGÊNEAS	MUNICÍPIOS
1	Piauí	Cerrado e Caatinga	Gilbués, Simplício Mendes, Cristino Castro, Ribeiro Gonçalves, Correntes, Bom Jesus e municípios vizinhos.
2	Ceará	Irauçuba	Irauçuba, Sobral, Miraíma, Itapajé, Santa Quitéria e Canindé.
3	Rio Grande do Norte	Seridó	Currais Novos, Acari, Parelhas, Equador, Carnaúba dos Dantas, Caicó e Jardim do Seridó.
4	Paraíba	Cariris Velhos	Juazeirinho, São João do Cariri, Serra Branca, Cabaceiras e Camalaú.
5	Pernambuco	Sertão Central	Salgueiro, Parnamirim, Cabrobó, Itacuruba, Belém do São Francisco, Petrolina, Afrânio, Ouricuri, Araripina e municípios vizinhos.
6	Bahia	Sertão do São Francisco	Uauá, Macururé, Chorrochó, Abaré, Rodelas, Curaçá, Glória, Jeremoabo, Juazeiro e municípios vizinhos.

Fonte: adaptado de BRASIL (2005).

De acordo com Brasil (2005) o Projeto BRA 93/036 - Preparação para o Plano Nacional de Combate à Desertificação, constatou que a causa principal para a intensa degradação nos núcleos de Gilbués, Irauçuba, Seridó e Cabrobró foi a substituição da caatinga pela agricultura, pecuária e a retirada de madeira para lenha. Nos núcleos de Gilbués e Seridó, se destacam, respectivamente, a mineração e a extração de argila.

Para Perez-Marin *et al.*, (2012), as principais causas da desertificação nos núcleos de Cariris Velhos, na Paraíba, e Sertão Central do São Francisco, na Bahia, se relacionam respectivamente com as condições climáticas, edáficas e à ocupação e uso da terra. Os solos são rasos em sua maioria, compactos e pedregosos. E ainda com a substituição da caatinga pela agricultura e pecuária.

Para a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação - CCD, as zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas se caracterizam pelo índice de aridez entre 0,05 e 0,65

com exceção de áreas polares e subpolares. Esse valor corresponde à relação entre precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial proposta por Thornthwaite, 1948.

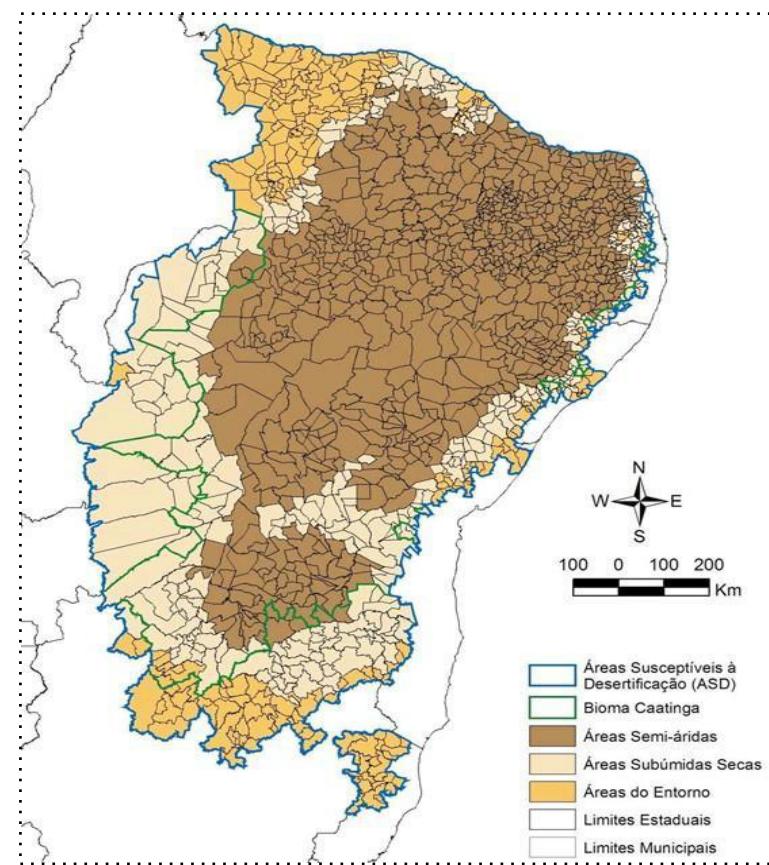
Os processos de degradação também ocorrem no entorno das áreas semiáridas e subúmidas secas, para o PAN-Brasil a ocorrência de secas nessas áreas são evidências da expansão dos processos de desertificação. Novos municípios passaram a integrar a ASD na categoria de áreas do entorno das áreas semiáridas e subúmidas secas, de acordo com Brasil (2005) estes municípios estão localizados nos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo.

De acordo com Brasil (2005) os critérios para a inclusão desses municípios foram: municípios do entorno que tenham sido afetados por secas e atendidos por programas de emergência de seca da Sudene, municípios do entorno que façam parte do bioma caatinga e municípios adicionados a área de atuação da Sudene a partir do disciplinamento da lei 9.690 de 15. 07. 1998.

Em relação às novas áreas em processo de desertificação que são reconhecidas por meio de trabalhos exploratórios em áreas que apresentam fragilidade ambiental e a ação antrópica atua de forma a potencializar essas condições de desertificação, de acordo com o PAN-Brasil foram encontradas novas áreas nos Estados da Bahia, Paraíba, Piauí, Espírito Santo, Maranhão e Minas Gerais. Dentre as ações humanas ligadas ao processo se destacam a exploração agropecuária e a exploração mineral exercidas sem o devido cuidado com a recuperação do ambiente. Essas atividades tendem a retirar a cobertura vegetal e expor o solo aos processos erosivos e ainda contaminação de água, destruição de paisagens e assoreamento de rios e lagos (BRASIL, 2005).

A figura 3 mostra a Área Suscetível à Desertificação - ASD e a delimitação do bioma caatinga. A ASD é composta pelas áreas semiáridas, áreas subúmidas secas e as áreas do entorno apontadas no mapa acima. Nota que essa área está além do limite do bioma caatinga e dos estados do nordeste brasileiro.

Figura 3 – Área Suscetível à Desertificação (ASD)



Fonte: BRASIL (2005).

2.2 Desenvolvimento sustentável no semiárido

Gomes Júnior (2012) faz uma reflexão sobre o desenvolvimento sustentável e destaca a complexidade do conceito, levando em consideração sua abrangência e as diferentes abordagens nos níveis social, ambiental, econômico e cultural e ainda o processo histórico até a sua elaboração, desde questões ambientais de escala local até os grandes problemas mundiais.

Para Bellen (2002) a percepção dos problemas ambientais passa por três etapas: na primeira esses problemas se dão em nível local; na segunda, em os problemas ficam confinados ao nível do estado nacional e na terceira os problemas se dão em nível planetário. Todos os níveis demandam ações para o enfrentamento dos problemas, para o autor, questões de impacto mundial demandam o questionamento das políticas e das metas de desenvolvimento e ainda a melhor compreensão acerca da sustentabilidade.

O relatório conhecido como The Limits to Growth - Os Limites do Crescimento, produzido em 1972 pelo Clube de Roma ressalta que os problemas relacionados ao meio ambiente ocorriam em escala global e se aceleraram de forma exponencial. Para Gomes Junior

(2012) este documento rompe com a ideia de ausência de limites para a exploração dos recursos naturais. O autor destaca ainda o surgimento do termo ecodesenvolvimento como alternativa à concepção clássica de desenvolvimento baseados na ausência de limites para a exploração e que os aspectos relacionados ao ecodesenvolvimento estariam ligados à questão da educação, da participação, da preservação dos recursos naturais e a satisfação das necessidades básicas da humanidade.

Para Barbieri (2007, apud GOMES JÚNIOR, 2012) o conceito de ecodesenvolvimento aos poucos foi sendo substituído por Desenvolvimento Sustentável (DS), onde o primeiro relato desta expressão surge em 1980 no documento World Conservation Strategy produzido pela UICN e WWF por solicitação do Programa das Nações Unidas para o meio ambiente – PNUMA, de acordo com este documento, uma estratégia mundial para a conservação da natureza deve alcançar os seguintes objetivos: manter os processos ecológicos essenciais e os sistemas naturais vitais necessários à sobrevivência e ao desenvolvimento do ser humano; preservar a diversidade genética e assegurar o aproveitamento sustentável das espécies e dos ecossistemas que constituem a base da vida humana.

Em linhas gerais o conceito proposto pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no relatório intitulado “Nosso Futuro Comum” ou Relatório de Brundtland em 1987, que entende o Desenvolvimento Sustentável como “aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas necessidades” é adequado para a finalidade deste trabalho.

A Agenda 21 é um importante marco no que se refere ao desenvolvimento sustentável, de acordo com Brasil (2005) é um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. O documento é resultado da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – Rio 92, que foi assinado por 179 países, no Rio de Janeiro em 14 de junho de 1992.

O documento está organizado em 4 seções e 40 capítulos com temas pertinentes aos objetivos que se espera alcançar no século XXI, temas como combate à pobreza, mudança nos padrões de consumo, desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos, entre outros, podem ser vistos na seção dedicada às dimensões sociais e econômicas. Na seção Conservação e gestão dos recursos para o desenvolvimento, dentre os demais capítulos estão o combate ao desflorestamento, luta contra a desertificação e à seca e promoção do desenvolvimento rural e agrícola sustentável e conservação da diversidade biológica.

Na seção fortalecimento do papel dos grupos principais, dentre os demais tópicos, reforça-se a equidade social, o protagonismo da mulher, dos povos indígenas, das ONGs, de autoridades locais e dos trabalhadores e sindicatos no desenvolvimento sustentável. E por fim na seção Meios de implementação, dentre os demais tópicos estão a ciência para o desenvolvimento sustentável, promoção do ensino e mecanismos de financiamento.

Para o Nordeste brasileiro foram elaborados diversos documentos que apontam os principais problemas socioeconômicos e ambientais, principalmente da região semiárida e traçam planos de ação e mudanças de paradigma para a convivência com a região que corroboram com os tópicos do desenvolvimento sustentável, dentre os principais documentos estão o PAN-Brasil, a Declaração do Semiárido e o PAE Ceará,

De acordo com Brasil (2005) os principais problemas ambientais da região em estudo são a construção de estruturas de armazenamento de água não adequadas à natureza dos problemas, o desmatamento da vegetação nativa, o comprometimento e a redução da vazão de rios e riachos, a erosão e assoreamento de rios, riachos e açudes, a escassez de solos agricultáveis, a inadequação dos instrumentos de disciplinamento do uso dos recursos naturais e a expansão das áreas em processo de desertificação.

Em relação aos sistemas de produção agropastoril exercidos no Estado do Ceará, assim como no semiárido brasileiro, o PAE Ceará destaca que os sistemas de produção agropecuários tradicionais se caracterizam pelo extrativismo predatório dos recursos naturais. Dentre os impactos causados por estas atividades podem ser observados a queda da produtividade biológica do solo e perda de biodiversidade da vegetação nativa e da fauna, e ainda a erosão grave dos solos, assoreamento e salinização dos mananciais.

Para Perez-Marin *et al.*, (2010) os fundamentos das políticas de desenvolvimento do semiárido, orientadas para combater a seca e para a implantação da agricultura irrigada predominantes no século XX, negam os princípios de sustentabilidade. De acordo com o PAN-Brasil, os recursos naturais das Áreas Susceptíveis à Desertificação têm sido utilizados sem os cuidados devidos em relação às suas normas e padrões.

Para Perez-Marin *et al.*, (2010) o desenvolvimento sustentável no semiárido depende de uma mudança de mentalidade em relação às suas características ambientais e em relação ao uso indiscriminado dos recursos naturais. Para os autores, nota-se o envolvimento de novos atores sociais e políticos e um discurso renovador comprovando a possibilidade de sustentabilidade com base na convivência com a semiaridez.

A Articulação do Semiárido considera que haja uma política de desenvolvimento econômico e humano, ambiental e cultural, científica e tecnológica específica para o semiárido.

Baseado em diversas experiências pelo Nordeste, a Declaração do Semiárido afirma que a convivência com o semiárido e com as secas é possível e que toda família pode dispor de água limpa para beber e cozinhar e viver dignamente plantando, criando cabras, abelhas e galinhas com um mínimo de assistência técnica e crédito e sem grande custo.

O problema da seca é um desafio para a região visto que todos dependemos da água para sobrevivência, porém a Declaração do Semiárido afirma que é possível conviver com esse problema por meio de tecnologias simples e baratas adaptadas à região, como é o caso da cisterna e em relação a captação de água de chuva, afirma que durante a Nona Conferência Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva concluíram que a água proveniente de captação no semiárido brasileiro seria suficiente para as necessidades produtivas e sociais da região.

Em relação a agricultura o PAN-Brasil destaca o fortalecimento da agricultura familiar e que o modelo produtivo mais apropriado para o semiárido deve ser calcado na agroecologia que demanda menor número de insumos externos à propriedade reduzindo os custos e que permite o aumento da produção e a preservação dos recursos naturais. Em relação às áreas irrigadas, Perez-Marin *et al.*, (2010) recomendam a difusão de técnicas adequadas de manejo agrícola, como práticas de controle do fornecimento de água e fertilizantes e o monitoramento periódico dos processos de salinização e compactação.

De acordo com Araújo Filho e Silva (2015) os sistemas de produção agrossilvipastoris são mais apropriados para as condições dos sertões nordestino, esses sistemas são formas de uso e manejo da terra, nas quais as árvores e arbustos são utilizadas em associação com cultivos agrícolas e animais. Perez-Marin *et al.*, (2010) recomenda a identificação e seleção de forrageiras nativas, estoque de forragem para uso no período seco, expandir a integração entre avicultura e criação de ruminantes, incentivar a produção de mel e o potencial da flora nativa que se destaca com frutos, flores e plantas ornamentais e o seu potencial fitoterápico.

A participação social é um fator importante para os objetivos do desenvolvimento sustentável, a Declaração do Semiárido ressalta o fortalecimento da sociedade civil para se alcançar o desenvolvimento do semiárido e a superação de esquemas de dominação política, falta de informação e de formação, propondo, entre outros temas, a erradicação do analfabetismo, garantia de ensino básico para jovens e adultos, a valorização dos conhecimentos tradicionais e a inclusão de mulheres e jovens no processo de desenvolvimento.

Ainda em relação à participação social no processo de desenvolvimento, Perez-Marin *et al.*, (2010) afirma a importância da cultura Nordestina em suas diversas dimensões,

do artesanato e da gastronomia ímpar e o turismo, dentre outras diversas atividades que podem impulsionar o desenvolvimento sustentável.

2.2.1 Manejo de terras

A proteção, recuperação e o manejo correto dos recursos naturais do semiárido são preocupações importantes para a convivência e a garantia da sustentabilidade na região nordeste. Para a declaração do semiárido o controle de grandes fatores de destruição como o pastoreio excessivo, extração de lenha e uso do fogo são caminhos para a recuperação de certos perímetros, mas a melhor escolha seria o manejo racional dos recursos naturais configurados pela realização de um zoneamento socioambiental, programa de reflorestamento, plano de gestão das águas, combate à desertificação e campanhas de educação e mobilização ambiental para a convivência com o semiárido, incentivo a agropecuária sustentável, proteção e ampliação de unidades de conservação e recuperação de áreas degradadas e a fiscalização rigorosa das atividades que causam impactos ao ambiente.

De acordo com o PAN-Brasil o Zoneamento Ecológico-Econômico, assim como outros instrumentos de planejamento estratégico, são imprescindíveis para a região por adequar a utilização dos recursos naturais e nortear as políticas de desenvolvimento. Além da ampliação de áreas protegidas, para o manejo dos recursos florestais, o programa ressalta a necessidade de assegurar a herança genética das espécies da caatinga, a ampliação da rede de sementes e a instalação de viveiros de mudas para reflorestamento de propriedades e assentamentos.

Para Lima (2004) existem diversos processos de recuperação de terras degradadas, no contexto do semiárido e os resultados contribuem significativamente para o desenvolvimento harmônico da região, evitando sobremaneira problemas de desertificação.

Aronson *et al.*, (1995) propõe os termos restauração “*sensu stricto*”, restauração “*sensu lato*”, reabilitação e redefinição. Na restauração “*sensu stricto*” o ecossistema degradado retorna totalmente às condições ambientais originais; na restauração “*sensu lato*” o ecossistema pode se recuperar dos efeitos da degradação, mas não retorna a exata condição original. Para Lima (2004) a restauração ecológica em que se procura tornar a área degradada semelhante a área original, permitindo sua evolução e sucessão natural é cara, portanto, este processo geralmente é indicado para recuperação de Áreas de Preservação Permanente.

Na reabilitação, as condições de produtividade da terra são reparadas por meio de fortes intervenções no ambiente, há um estado alternativo de funcionamento do ecossistema; e

em redefinição, é dado um novo tipo de uso para a área antes degradada, por exemplo, a implementação de área agrícola.

Lima (2004) usa o termo recuperação como uma designação genérica para qualquer ação que leve a transformação de uma área degradada em não degrada. De acordo com o inciso XIII, do artigo 2º da Lei nº 9.985 de 2000, a recuperação corresponde à restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente da condição original.

Para Araújo Filho e Silva (2015) o principal objetivo da recuperação de uma área degradada deve ser a recomposição da matéria orgânica do solo para que se estabeleça a funcionalidade do ecossistema, aumente a proteção contra a erosão e melhore a capacidade de retenção de água.

Para alcançar tais objetivos é preciso que se estabeleça o controle da erosão do solo. De acordo com Bainbridge (2007 apud CHARRUA, 2014) para controlar a erosão hídrica é necessário modelar a superfície do solo, essas práticas podem ser feitas à mão ou por meio de uma máquina.

Perez-Marin *et al.*, (2015) apontam diversas técnicas de controle de erosão para as áreas degradadas do semiárido. Para os autores a regulação de fluxos hídricos se dá por meio da implantação de canais no solo que têm por objetivo diminuir o escoamento superficial, regular e conduzir o fluxo hídrico e facilitar a infiltração de água no solo; para o aumento de infiltração no solo os autores propõem as valas de infiltração e o terraço florestal que além de aumentar a infiltração, retém os sedimentos transportados pelos fluxos hídricos. Os autores trazem ainda diversas técnicas e práticas para áreas de encostas e taludes, regulação de fluxo hídrico em voçorocas e de controle e estabilização de encostas.

Existem diversas outras práticas mecânicas para a recuperação de áreas degradadas e o uso sustentável dos recursos naturais, como por exemplo, captação *in situ*, terraço de retenção, barragem de contenção de sedimentos e cordões de pedras. Para Albuquerque *et al.*, (2020) tais práticas diminuem a erosão e geram deposição de sedimentos, induzindo a formação de solo e infiltração da água.

Assim como as práticas mecânicas, diversas práticas edáficas se fazem necessárias para o manejo correto e a recuperação de estrutura e função do solo em áreas degradadas, como processos de recuperação da atividade biológica do solo, reflorestamento, sistemas agroflorestais, etc.

Neste sentido existem diversas práticas benéficas para adição de matéria orgânica no solo: a serrapilheira é formada pelo material orgânico que se decompõe sobre o solo, esse

material conserva seus nutrientes e mantém a umidade proveniente da transpiração (PORTO *et al.*, 2019 apud SILVA *et al.*, 2021); o enleiramento de galhadas é útil para elevar a formação de matéria orgânica do solo por conta da desagregação do material que compõem as leiras enquanto a implantação de poleiros artificiais é útil para a dispersão de sementes e material orgânico deixados pelas aves que começam a habitar a região onde foram implantados, ambas as técnicas são úteis para o retorno da fauna e da flora para uma área degradada, assim como para a biota do solo (SILVEIRA *et al.*, 2015 apud SILVA *et al.*, 2021).

De acordo com Souza e Sobrinho (2016 apud SILVA *et al.*, 2021) a recuperação da vegetação em áreas degradadas pode se dar por meio do reflorestamento e da regeneração natural. Para Santos *et al.*, (2018 apud SILVA *et al.*, 2021) a recuperação também é possível por meio da produção de mudas nativas.

Barbosa *et al.*, (1992) recomendam para os trabalhos de recuperação da vegetação levantamento fitossociológico para conhecimento do estado de degradação e recomendação das espécies mais importantes, modelos de reflorestamento similares à sucessão natural e levar em consideração aspectos ligados ao crescimento, adaptação e recuperação das plantas após fenômenos temporais como secas e enchentes.

De acordo com Kageyama e Gandara (2001 apud LIMA, 2004) as espécies pioneiras e secundárias são de rápido crescimento e as secundárias tardias e climáticas são espécies de crescimento mais lento. Lima (2004) sugere para os trabalhos de reflorestamento o plantio das pioneiras em primeiro lugar, seguido das secundárias iniciais, secundárias tardias e por fim as climáticas.

Existem diversas outras práticas que visam a recuperação de áreas degradadas, a técnica utilizada vai depender de uma série de fatores ligados ao histórico de uso, viabilidade e necessidade da intervenção no local, algumas técnicas já são amplamente difundidas e outras estão aos poucos sendo incorporadas no paradigma das possibilidades e convivência com o semiárido, são exemplos dessas práticas o pousio, banco de sementes, agricultura salina e as técnicas de nucleação propostas por Yarranton & Morrison (1974).

Práticas produtivas sustentáveis são essenciais para a subsistência das populações do semiárido, nesta perspectiva, os sistemas agroflorestais integram culturas e exploração de espécies lenhosas, podendo ser integrados com atividades pecuárias, buscam garantir a diversificação da produção e aumentar a produtividade da terra. De acordo com Araújo Filho e Silva (2015) os sistemas agrossilvipastorais se constituem em alternativa apropriada às condições do sertão nordestino.

Os quintais produtivos também se configuram alternativas que buscam a soberania alimentar, se constituem em espaços de produção diversificada de alimentos ao redor da casa. Para Aires (2022) são caracterizados pela diversidade da produção que vão de gêneros alimentícios à medicinais e abastecidos por tecnologias sociais como a captação de água de chuva e reutilização de águas cinzas.

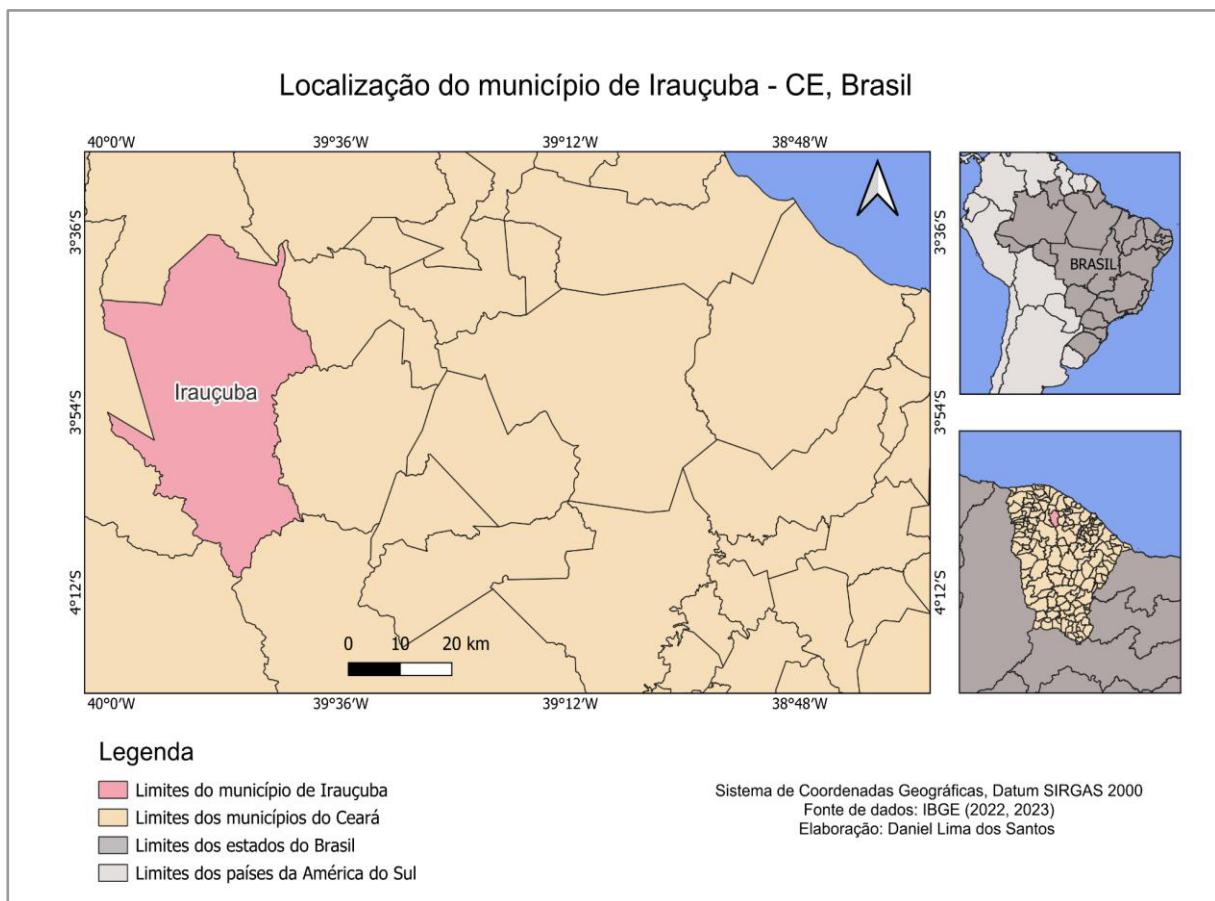
Diversas práticas produtivas podem ser associadas às práticas de manejo da terra com o intuito de garantir a soberania alimentar e o desenvolvimento social e econômico do semiárido, desse modo práticas como criação de galináceos, ovinos e abelhas trazem benefícios como produção de alimentos, esterco e polinização, além de promover a economia local.

3 METODOLOGIA

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

O município de Irauçuba se localiza nas coordenadas geográficas latitude (S) $3^{\circ} 44' 46''$ e longitude (W Gr) $39^{\circ} 47' 00''$, limitado ao norte pelos municípios de Itapajé, Itapipoca, Miraíma; ao Sul por Sobral e Canindé; ao leste por Tejuçuoca e Itapajé e à Oeste por Sobral. Ocupando uma área total de 1.461,22km² (IPECE, 2012).

Figura 4 – Mapa de localização do município de Irauçuba



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2024.

De acordo com IBGE, em 2022, a população era de 23.915 habitantes e a densidade demográfica era de 16,31 habitantes por quilômetro quadrado; em 2021, o salário médio mensal era de 1,6 salários mínimos e a proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 8,47%; no ano de 2020 a taxa de mortalidade infantil média na cidade é de 16,44 para 1.000 nascidos vivos e as internações devido a diarreias é de 0,9 para cada 1.000 habitantes; em 2010,

a taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade era de 95,2%; O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, no ano de 2010 era de 0,605.

Em relação às características ambientais da área, de acordo com CPRM (1998) o município de Irauçuba apresenta um quadro geológico com predomínio de rochas do embasamento cristalino de idade pré-cambriana, representadas por granitos, gnaisses e migmatitos diversos. De acordo com Souza Filho (1990) a área de Irauçuba integra a região de Dobramentos Nordeste ou Província Borborema, mais especificamente Maciço Mediano de Santa Quitéria.

Souza Filho (1998 apud SILVA 2016) identificou três grandes unidades pré-cambrianas de idades distintas: terrenos Ortognáissico e Migmatíticos, originados no ciclo transamazônico, os terrenos Supracrustais originados no Meso-Neoproterozóico e os terrenos Granítoides resultantes do evento Tectono-Termal Brasiliense, no Neoproterozóico.

Em relação à geomorfologia, para Silva (2016) são encontradas as seguintes unidades geomorfológicas na área de estudo: depressão sertaneja, maciços residuais e planícies aluviais. De acordo com Instituto Cactos (2009 apud SILVA, 2016) Irauçuba apresenta cerca de 1.165 km² sob o domínio da depressão sertaneja, 238 km² representados pelos maciços residuais e cerca de 16 km² de planícies aluviais.

A Depressão Sertaneja caracteriza-se por apresentar amplas superfícies de erosão embutidas entre os maciços residuais, em cotas altimétricas inferiores a 350 metros, elaboradas por processos de pediplanação que truncam indistintamente várias litologias topografias planas e quase planas (3% de declividade), exibindo-se morfologicamente como rampas inclinadas para a direção dos fundos de vales e na sua morfogênese, há o predomínio de processos físicos de alteração das rochas (SOUZA, 1979 e 1986; RADAMBRASIL, 1981 apud SILVA, 2016).

Para Oliveira (2006) Nos sertões baixos localizam-se as planícies, terraços fluviais e áreas de inundações sazonais a planície aluvial ou áreas de acumulação inundáveis, corresponde a setores mais rebaixados, em cotas altitudinais inferiores a 200 metros, de relevo plano ou suavemente ondulado, sujeito a inundações periódicas. Para Christofoletti (1981, apud SILVA, 2016) A planície é uma forma de relevo topograficamente mais rebaixada e também denominada leito maior da calha do curso fluvial.

Em relação aos maciços residuais, para Souza (1988, apud SILVA, 2016) apresentam formas dissecadas, elaboradas por erosão diferencial em rochas cristalinas, representando as serras e serrotes que se destacam pelas elevadas altitudes, suas feições morfológicas são representadas por cristas de topos aguçados, colinas de topos convexos e vales

em forma de V e que os maciços residuais ocorrem tanto isolados na forma de inselbergs como em agrupamentos, no setor norte-nordeste do município, destaca-se o maciço residual de Uruburetama e no setor sul-sudeste serras de Santa Lúcia do Frigel e Santa Luzia da Catarina.

Para Brandão (2003, apud SILVA, 2016), os solos na Depressão Sertaneja são representados pelos Luvisolos pouco profundos, bem drenados, de textura argilosa, cascalhento e de alta fertilidade natural, e os Neossolos litólicos que se apresentam rasos, textura arenosa, pedregosos e de média fertilidade natural e a cobertura vegetal é representada pelas Caatingas Arbustivas Densas e as Caatingas Arbustivas Abertas, ambas bastante alteradas em função das atividades humanas.

Na Planície Aluvial, de acordo com Silva (2016) ocorrem Neossolos Flúvicos, Planossolos Solódicos, solos halomórficos e Neossolos Litólicos. A vegetação nessa área é representada pela ocorrência de um tapete herbáceo-graminóide, que se apresenta contínuo na estação chuvosa, formando extensas áreas de campos.

Nos maciços residuais, Silva (2016) destaca que os solos da unidade geomorfológica são representados pelos Argissolos vermelho-amarelo de fertilidade natural média, solos Litólicos (rasos) e afloramentos rochosos, alternando-se com a cobertura vegetal, que encontra-se intensamente alterada, principalmente no Maciço Residual de Uruburetama, a vegetação remanescente indica que no passado havia a predominância de Florestas Caducifólias e Subcaducifólias regionalmente denominadas de matas secas, e de áreas de transição dessas florestas para a caatinga.

No município de Irauçuba predomina clima tropical quente de seca acentuada entre os meses de junho à dezembro, com pluviosidade média anual de 541mm e quadra chuvosa de janeiro à maio, as temperaturas médias mínimas que giram em torno de 27° C e máximas de 38° C. As águas superficiais do município caracterizam-se pelo seu regime intermitente, refletindo sua escassez e variabilidade sazonal, com o padrão de drenagem variando de dendrítico a subdendrítico. Irauçuba faz parte de duas bacias hidrográficas, são elas: Bacia do Rio Aracatiaçu e Bacia do Rio Curu (FUNCEME/IPECE, 2014 apud SILVA, 2016).

De acordo com Silva (2016) o município de Irauçuba apresenta baixo potencial de águas subterrâneas, em termos quantitativos e qualitativos, por conta da natureza do substrato geológico, onde predominam rochas cristalinas recobertas por um manto intemperizado pouco desenvolvido, associado às condições climáticas da semiaridez.

O município de Irauçuba integra o núcleo de desertificação de mesmo nome juntamente com os municípios de Irauçuba, Sobral, Forquilha, Itapajé, Santa Quitéria, Miraíma e Canindé. De acordo com Brasil (2010) as principais causas deste núcleo de desertificação são

os intensos desmatamentos, a prática de queimadas e ocupação desordenada do solo ao longo do tempo.

As intervenções realizadas no âmbito do projeto de desenvolvimento sustentável no assentamento, foram realizadas na microbacia do riacho Mandacaru que é um dos afluentes que compõem a sub-bacia do Rio Caxitoré, na bacia do Rio Curu.

3.2 Procedimentos metodológicos

Para o referencial teórico, foi realizado o levantamento bibliográfico sobre o tema desertificação, este levantamento envolveu diversos artigos sobre o tema com o intuito de levantar informações sobre o assunto em diferentes escalas, todos os artigos usados para a produção desta pesquisa estão disponíveis na internet. Houve a preocupação em discorrer sobre as primeiras observações sobre a desertificação no mundo e no Brasil, desta forma alguns documentos foram norteadores para a pesquisa, entre eles estão o PAM-Brasil, PAE-Ceará e Desertificação, Degradação da Terra e Secas no Brasil, organizado pelo CGEE.

Vale ressaltar que outros diversos documentos e autores foram importantes para a pesquisa como Subsídio ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação e Indicadores de Desertificação: Histórico e Perspectivas, do qual, diversas contribuições do autor foram importantes, neste trabalho, para abordar a desertificação no Brasil.

O levantamento bibliográfico sobre o desenvolvimento sustentável levou em consideração as reflexões de Gomes Júnior (2012) sobre o conceito e a sua complexidade e ainda as etapas da percepção dos problemas ambientais expostas por Bellen (2007). O conceito de desenvolvimento sustentável e dos problemas ambientais, abordados neste trabalho, tiveram como documentos norteadores para a construção de suas definições os documentos Limits to Growth, Nosso Futuro Comum e Agenda 21.

A seção recuperação de manejo de terras levou em consideração as contribuições de CGEE, PAN-Brasil, definição dos termos propostos por Aronson *et al.*, (1995), Lima (2004), e em relação às técnicas de combate aos problemas ambientais, foram importantes para o levantamento bibliográfico Araújo Filho e Silva (2015), Perez-Marin *et al.*, (2015), Albuquerque *et al.*, (2020), entre outros.

Para a localização da área de estudo foi produzido um mapa de localização pelo software gratuito QGIS, versão 3.34.7. As bases cartográficas foram adquiridas no portal de mapas do IBGE, foram utilizados arquivos .SHP da base cartográfica na escala de 1:250 000 do ano de 2023, arquivos da malha territorial de unidades da federação e arquivos da malha

municipal do estado do Ceará, ambos do ano de 2023. Foi utilizado o Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum SIRGAS 2000, EPSG 4674 do portal de mapas IBGE.

A análise das práticas agropecuárias no município de Irauçuba foi realizada a partir de dados das pesquisas estruturais do IBGE do ano de 2012 ao ano de 2022, disponíveis no portal do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA); os dados foram produzidos a partir das Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), Produção Agrícola Municipal (PAM) e Pesquisa da Extração Vegetal e Silvicultura (PEVS) e os gráficos utilizados foram produzidos no próprio ambiente SIDRA.

As informações levantadas sobre a área total dos estabelecimentos e grupo de atividade no município de Irauçuba foram provenientes do Censo Agropecuário de 2017, realizado pelo IBGE e divulgado no portal Sidra, assim como os demais dados citados nos resultados com fonte Censo Agro 2017.

Na segunda seção dos resultados foram apontadas as ações do projeto de desenvolvimento sustentável no assentamento Mandacaru e em seguida discutidas essas ações no âmbito de outras realizações das mesmas práticas no Estado do Ceará e no Nordeste brasileiro e ainda discorridas sobre a funcionalidade, eficiência e limitações a partir da literatura disponível, as imagens foram utilizadas com fins ilustrativos e explicativos para um melhor detalhamento das ações pesquisadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Práticas agropecuárias tradicionais em Irauçuba-CE

As práticas agropecuárias na região nordeste têm causado impactos e a degradação do meio ambiente, pois se tratam em grande parte de práticas impróprias aos ecossistemas locais, cujos danos são manifestados na perda de biodiversidade, erosão dos solos e na incapacidade de recuperação natural dos ecossistemas.

A pecuária é a atividade mais praticada no município, dentre as atividades rurais, seus impactos estão relacionados sobretudo à supressão da vegetação, compactação do solo, sobrepastejo e intensificação dos processos erosivos.

A imagem abaixo mostra a área total dos estabelecimentos pesquisados no Censo Agropecuário 2017 no município de Irauçuba para cada grupo de atividade pesquisada.

Gráfico 1 – Área em (ha) dos estabelecimentos agropecuários de Irauçuba por grupos de atividades

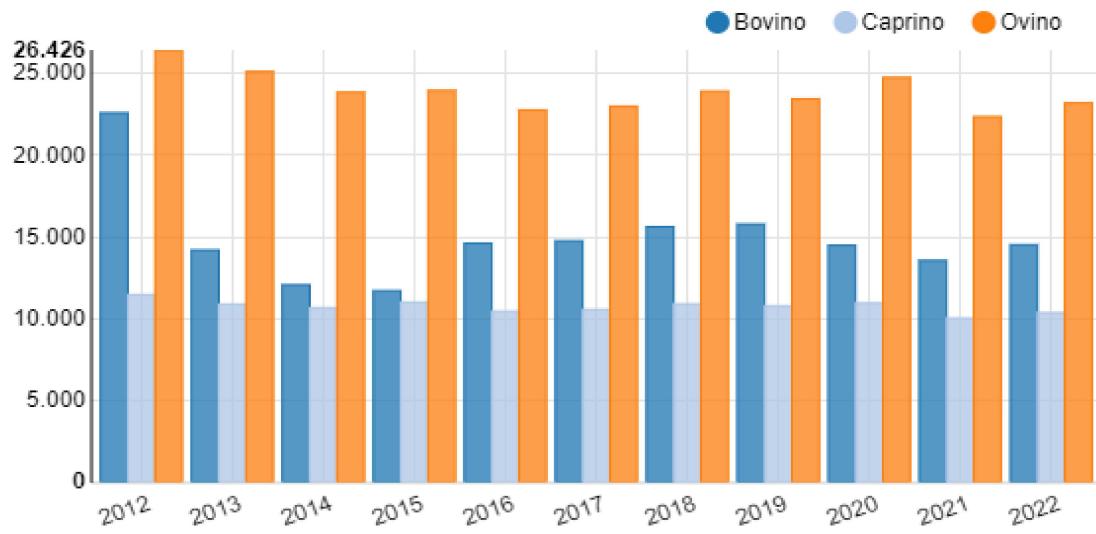


Fonte: IBGE (2017).

A área total destinada à pecuária é de 72.227 hectares para os 890 estabelecimentos pesquisados, para a lavoura temporária a área total é de 4.227 hectares e 1.156 estabelecimentos pesquisados e para os estabelecimentos de produção florestal a área é de 223 hectares e um total de 51 estabelecimentos.

Os efetivos de animais mais expressivos no município são os de bovinos, caprinos e ovinos, o gráfico abaixo mostra o efetivo para cada categoria entre os anos de 2012 a 2022.

Gráfico 2 – Efetivo de bovinos, caprinos e ovinos em Irauçuba



Fonte: IBGE (2022).

Houve uma queda de mais de 60% no total de cabeças de bovinos do início ao fim do período observado, nos demais rebanhos houveram quedas menos expressivas no mesmo período. No ano de 2017 o efetivo de bovinos totalizava 14.754 cabeças e os de caprinos e ovinos 10.561 e 22.989 respectivamente, enquanto a área destinada à pecuária era de 72.227 hectares.

De acordo com Araújo Filho e Silva (2015) a capacidade de suporte para o rebanho de bovinos, no núcleo de desertificação de Irauçuba, seria de 0,19 bov/ha. Os autores aplicam uma conversão do número de caprinos e ovinos em seu equivalente bovino, dividindo seu total por 6, para definir a carga animal da terra. Aplicando os mesmos princípios para os dados do ano de 2017, a carga animal seria de 0,28 bov/ha. De acordo com os autores a capacidade de suporte seria de 0,19 bov/ha baseado no consumo anual de forragem e a produção média de fitomassa da região.

Para Oliveira (2006) a pecuária no semiárido cearense é praticada de forma extensiva, onde o gado consome os pastos nativos, porém durante intensas secas não ocorre a formação de pastagens e o gado passa a se alimentar de frutos e vagens de espécies forrageiras arbustivas e arbóreas mais resistentes como Juazeiro e Sabiá

Para Araújo Filho e Silva (2015) os caprinos têm em sua dieta a preferência por componentes botânicos do estrato lenhoso da vegetação e em condições de superpastejo podem causar prejuízos à vegetação com o consumo de cascas de troncos de árvores e arbustos e de

plântulas de espécies arbóreas e arbustivas. Para os autores o sobrepastorejo por ovinos, que são pastejadores, pode levar ao desaparecimento das gramíneas, os autores salientam que no início do período das chuvas há a maior preferência dos ovinos pelas gramíneas e que as plantas são cortadas rente ao solo o que impede seu desenvolvimento e causa falha na produção de sementes deixando o solo exposto.

Os autores colocam que os impactos do pastoreio de bovinos são de menor intensidade por não consumirem certos componentes da árvore ou do arbusto nem fazer a tosa rente ao solo, mas que pastagens degradadas por bovinos continuam sendo utilizadas com caprinos e ovinos por ainda propiciar condições de pastejo a esses grupos e que tal feito tem um preço ecológico elevado, podendo levar a desertificação rapidamente.

Marchão *et al.*, (2009) aponta que o superpastejo pode levar a perda de cobertura do solo e que o pisoteio excessivo pode provocar a compactação do solo o que faz diminuir a taxa de infiltração e o crescimento radicular das plantas e aumentar a erosão, o autor ressalta que a compactação depende entre outros fatores, da classe do solo, do teor de umidade e da taxa de lotação animal.

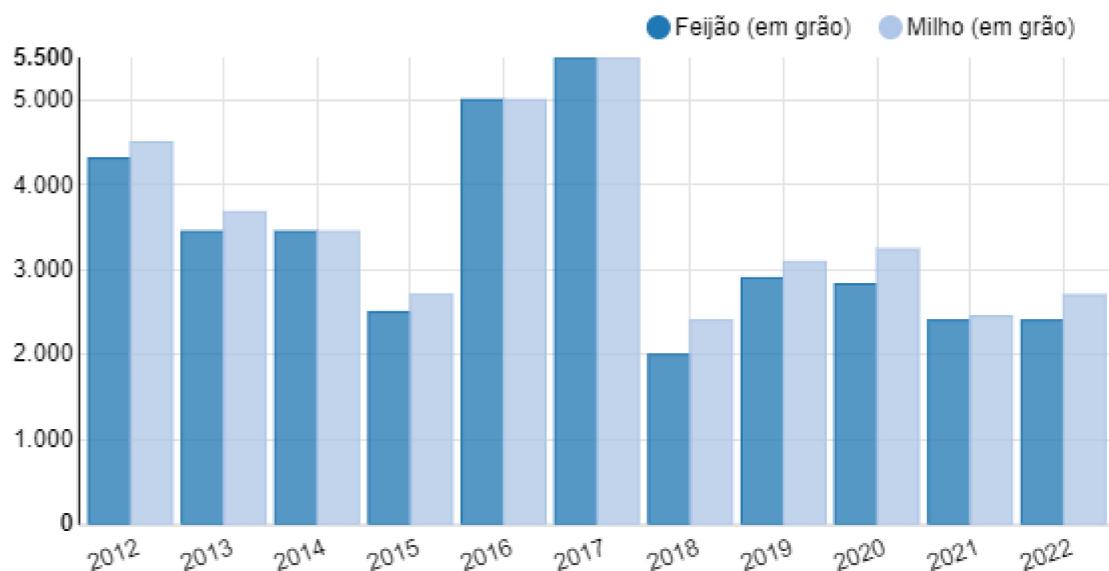
De acordo com Pachauri (2007 apud SANTOS *et al.*, 2011) o relatório do 4º Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas indica futura redução da quantidade de água disponível no solo associada ao aumento da temperatura em várias áreas da América Latina. Para Santos *et al.*, (2011) o semiárido deve ser um dos ambientes mais afetados pelas mudanças climáticas com seu quadro de degradação agravado pelos efeitos do desmatamento e do superpastejo.

Historicamente a agricultura praticada na região se dá através da retirada da cobertura vegetal e implantação da cultura desejada. Como a disponibilidade hídrica é escassa na região, a agricultura de sequeiro é amplamente observada. Lavouras de sequeiro são aquelas que dependem exclusivamente da água da chuva como forma de irrigação, para tanto são selecionadas as espécies que não necessitam de regas constantes e podem suportar a estiagem entre uma chuva e outra.

No município de Irauçuba-CE as culturas mais importantes são de milho e feijão, sendo as mais praticadas e aquelas que ocupam as maiores áreas na lavoura. Ambas se tratam de culturas temporárias, ou seja, são plantadas e colhidas em um curto período de tempo, geralmente dentro de um mesmo ano e fornecem uma colheita para cada plantio, sendo necessário novo cultivo após a colheita.

O gráfico abaixo mostra a área plantada de feijão e milho no município de Irauçuba entre os anos de 2012 a 2022.

Gráfico 3 – Área plantada em (ha) de feijão e milho em Irauçuba



Fonte: IBGE (2022).

É possível observar que as áreas se mantêm abaixo dos 3 mil hectares a partir do ano de 2018 quando houve uma queda acentuada no total da área plantada que ultrapassava os 5 mil hectares no ano anterior.

O impacto causado pela agricultura tradicionalmente praticada na região pode estar associado à erosão dos solos, supressão da vegetação, queimadas, perda de biodiversidade e a falta de práticas de recuperação como o pousio de terras e o reflorestamento.

A retirada da cobertura vegetal para implantação de cultura temporária expõe o solo às chuvas torrenciais do período chuvoso concentrado no primeiro semestre facilitando a erosão, enquanto as queimadas causam, entre outros prejuízos, a perda de biodiversidade.

O aumento do escoamento superficial e a perda de matéria orgânica contribuem para a baixa produtividade agrícola do solo e baixa retenção hídrica e as queimadas podem estar relacionadas a eliminação de espécies tanto vegetais quanto animais do local.

O pousio tem a finalidade de restabelecer os nutrientes de uma área que foi usada para cultivo mantendo-a sem uso agrícola por certo período de tempo. Araújo Filho e Silva (2015) afirmam que o curto período de pousio de terras na região nordeste intensifica a degradação.

De acordo com informações do Censo Agropecuário 2017 dos 1.156 estabelecimentos de lavoura temporária, apenas 2 estabelecimentos afirmaram realizar o pousio de terras e apenas 1 realiza a proteção ou conservação das encostas. E em relação à orientação

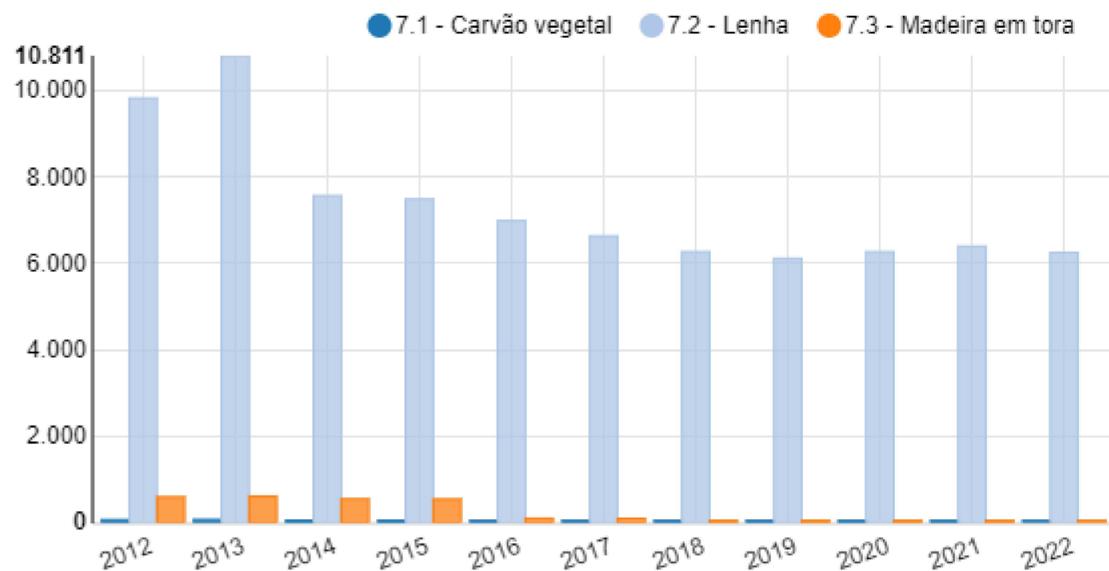
técnica, do total de estabelecimentos pesquisados para a lavoura temporária, 1125 não recebem nenhum tipo de orientação técnica de origem seja governamental, de cooperativa, do próprio produtor, de empresas ou de ONGs. Os que afirmaram receber orientação técnica totalizam apenas 31 estabelecimentos.

Para a prática de agricultura ou pecuária orgânica, que são práticas que geralmente levam em consideração as questões agroecológicas como preservação do meio ambiente e aspectos sociais e culturais, não foram registrados no Censo Agropecuário 2017 estabelecimentos dessa natureza no município de Irauçuba.

A retirada da cobertura vegetal se dá sobretudo pela agricultura com práticas de remoção e queimadas da vegetação, pela exploração florestal com exploração de madeira e carvão vegetal como forma de combustível e estacas para construção de cercas e ainda pela pecuária com implementação e ampliação das áreas de pastagens.

A retirada indiscriminada de espécies nativas da caatinga pode levar ao desequilíbrio ambiental e à extinção de espécies endêmicas. O gráfico abaixo mostra a quantidade da extração vegetal em m³ de carvão vegetal, lenha e madeira em tora entre os anos de 2012 a 2022 no município de Irauçuba.

Gráfico 4 – Extração vegetal em (m³) no município de Irauçuba



Fonte: IBGE (2022).

A maior produção do município, dentre os itens observados, é de carvão vegetal que vem sofrendo queda na produção total desde o ano de 2014. Para lenha e madeira em tora a produção é zero desde o ano de 2016.

De acordo com informações do Censo Agropecuário 2017, foram registrados 3 estabelecimentos com produção em área de floresta plantada e 48 estabelecimentos com produção florestal em florestas nativas. No total a área plantada com florestas nativas soma 223 ha.

As matas nativas estão associadas à diversidade de espécies da fauna e da flora na região e sua exploração causa impactos que tendem a se retroalimentar, por exemplo pelo desaparecimento de espécies polinizadoras. O reflorestamento é importante para o suprimento da demanda de produtos de origem vegetal como madeira, lenha e carvão e para a preservação ambiental uma vez que a cobertura vegetal fixada tem a capacidade de atenuar a erosão do solo e ainda possibilitar a presença de outras espécies, inclusive as polinizadoras.

4.2 Projeto de desenvolvimento sustentável no Assentamento Mandacaru, Irauçuba-CE

Dentre os projetos organizados com a finalidade de combater a desertificação e garantir o desenvolvimento sustentável da região semiárida, está o Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Assentamento Mandacaru com a Integração de Tecnologias de Convivência com o Semiárido e Preservação dos Recursos Naturais.

De acordo com Albuquerque *et al.*, (2020) o projeto foi iniciado no ano de 2013 e organizado pela EMATERCE em parceria com o Ministério do Meio Ambiente com apoio do Fundo Nacional de Mudanças Climáticas (FNMC) e pela Associação de Pequenos Produtores Rurais e Apicultores do Assentamento Mandacaru.

As atividades realizadas envolveram recuperação de áreas degradadas, contenção de processos erosivos, manejo e conservação do solo e da água e atividades produtivas sustentáveis por meio de aplicação de tecnologias sociais para promover a convivência com o semiárido. A microbacia hidrográfica do riacho Mandacaru foi utilizada como unidade básica de planejamento (EMATERCE, 2015).

As atividades do projeto “iniciaram com a capacitação técnica e oficinas de educação ambiental com a população em seguida a realização das intervenções na área” (ALBUQUERQUE *et al.*, 2020). A seguir serão discutidas as práticas mecânicas, edáficas, vegetativas e produtivas mencionadas pelos autores e realizadas no âmbito do projeto.

4.2.1 Práticas mecânicas

De acordo com EMATERCE (2015) as práticas mecânicas realizadas pelo projeto envolveram a implementação de terraços de retenção, cordões de pedra, barragem de contenção de sedimentos, barragem subterrânea e sistema de captação in situ.

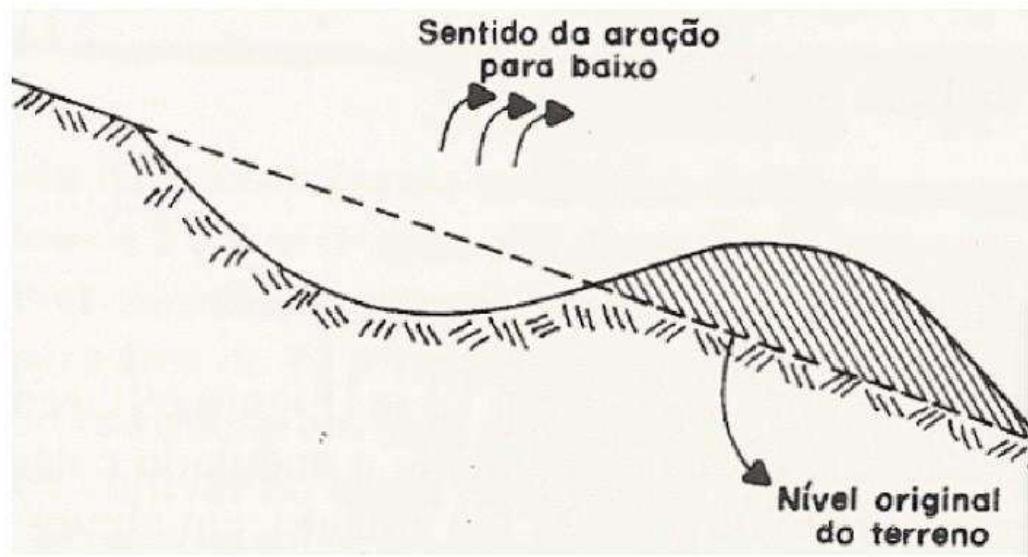
Terraços de retenção são estruturas construídas transversalmente à declividade do terreno, têm finalidade de reduzir a velocidade da enxurrada e o seu potencial de destruição sobre os agregados do solo. Sua estrutura se dá por um canal coletor e um camalhão que servem de obstáculos a passagem da água promovendo sua infiltração ou distribuição no solo, e o acúmulo de sedimentos. Para a CGEE (2016) esta técnica se adapta melhor às áreas de baixa precipitação e de solos com boa drenagem.

De acordo com Machado e Wadt (2021) essa técnica deve ser utilizada concomitantemente com outras práticas agrícolas, por exemplo, a cobertura do solo com palhada e rotação de culturas. O terraceamento agrícola consiste na distribuição de terraços em áreas agrícolas, essa distribuição se dá de acordo com as características da chuva, quantidade, duração e intensidade; comprimento de rampa; características do solo como rugosidade, profundidade e permeabilidade; e práticas de manejo agrícola, como plantio convencional e plantio direto.

Ainda de acordo com os autores, os terraços podem ser classificados quanto a função de retenção ou infiltração, escoamento ou de drenagem e mistos. O terraço em nível, de retenção ou de infiltração tem a função de interceptar a enxurrada e que a água seja retida e infiltre, são recomendados para solos de boa permeabilidade; terraços em gradiente, desnível, de escoamento ou de drenagem tem um pequeno desnível transversal ao maior declive da rampa, acumula o excedente de água e permite seu escoamento lentamente por uma extremidade aberta, são recomendados para solos com permeabilidade moderada ou lenta. Os terraços mistos têm a característica de acumular um determinado volume e quando este é preenchido funciona como terraço em gradiente.

A figura abaixo representa o modelo esquemático do perfil de um terraço de retenção de sedimentos, onde o sentido de aração representa o sentido de movimentação das partículas do solo e a parte hachurada acima da linha do nível original do terreno representa o dique ou camalhão da estrutura.

Figura 5 – Modelo esquemático de um terraço de retenção



Fonte: Pruski (2009), Magalhães (2013).

Os cordões de pedra consistem em estruturas de pedras soltas, sobrepostas na superfície do solo. Esta prática fraciona o comprimento de rampa, induz a diminuição do volume e velocidade das enxurradas, força a deposição de sedimentos evitando a erosão dos solos, induz o aumento da profundidade efetiva sob a área de deposição e aumenta a infiltração e armazenamento de água no solo (ROSSO, 1982; SHAXSON *et al.*, 1989, apud SILVA e SILVA, 1997).

Silva e Silva (1997) avaliam a eficiência de cordões de pedra na retenção de sedimentos e melhoramento das propriedades de um solo litólico, em Quixadá-CE, após 13 anos de sua construção. Os autores destacam expressivos melhoramentos na profundidade efetiva, porosidade, água disponível, matéria orgânica entre outros, induzidos pela prática conservacionista.

Figura 6 – Cordões de pedra



Fonte: EMATERCE (2019).

A Barragem de contenção de sedimentos se dá por meio de barramento de pedras soltas em forma de arco deitado, construídos em tributários ou riachos de ordem hierárquica inferior ao rio principal de uma sub-bacia hidrográfica, tem o objetivo de conter os sedimentos gerados pelo processo erosivo a montante de áreas cultivadas. Para o CGEE esta técnica reduz o assoreamento dos reservatórios, promove a oferta de água nos tributários ou riachos da microbacia hidrográfica e promove o ressurgimento da biodiversidade da caatinga.

De acordo com Araújo, Farias e Linard (2007) os impactos dos processos sedimentológicos estão associados à perda de fertilidade dos solos, assoreamento dos rios e reservatórios e transporte de poluentes e nutrientes. Para os autores, as barragens de contenção de sedimentos facilitam a formação de depósitos de sedimentos ricos em nutrientes e água e que é possível usar a área assoreada para cultivo em períodos de estio.

Figura 7 – Barragem de contenção de sedimentos



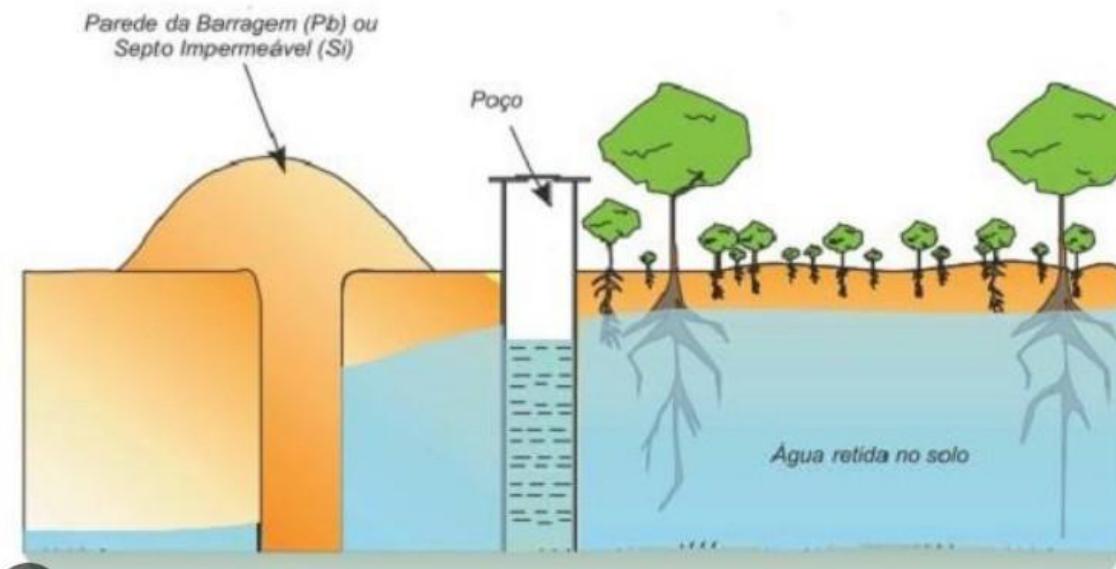
Fonte: FUNCEME (2014).

A barragem subterrânea é uma estrutura construída em áreas de baixios, córregos e riachos, consiste em uma vala escavada até a camada impermeável do solo, essa vala é forrada por uma lona e fechada em seguida, tem a finalidade de impedir que a água acumulada continue a escoar durante o período de estiagem formando uma área encharcada em seguida são construídos poços próximos ao barramento para retirar a água armazenada ou ainda realizados cultivos sobre a área encharcada. Dentre os pontos positivos desta técnica o CGEE destaca a redução de perdas por evaporação uma vez que não existe espelho d'água.

Para Costa *et al.*, (1998) considerando as altas taxas de evaporação na região semiárida, a barragem subterrânea deve receber atenção contínua para evitar problemas de salinização decorrente da evaporação nas zonas superficiais, devendo haver o esgotamento da barragem a cada ano para haver renovação das águas armazenadas.

A imagem abaixo representa o modelo esquemático do funcionamento de uma barragem subterrânea com os elementos parede da barragem que é a área impermeável com lona, o poço para captação de água e a água retida no solo.

Figura 8 – Modelo esquemático de uma barragem subterrânea



Fonte: Melo et al (2013), adaptado de Schistek (2006).

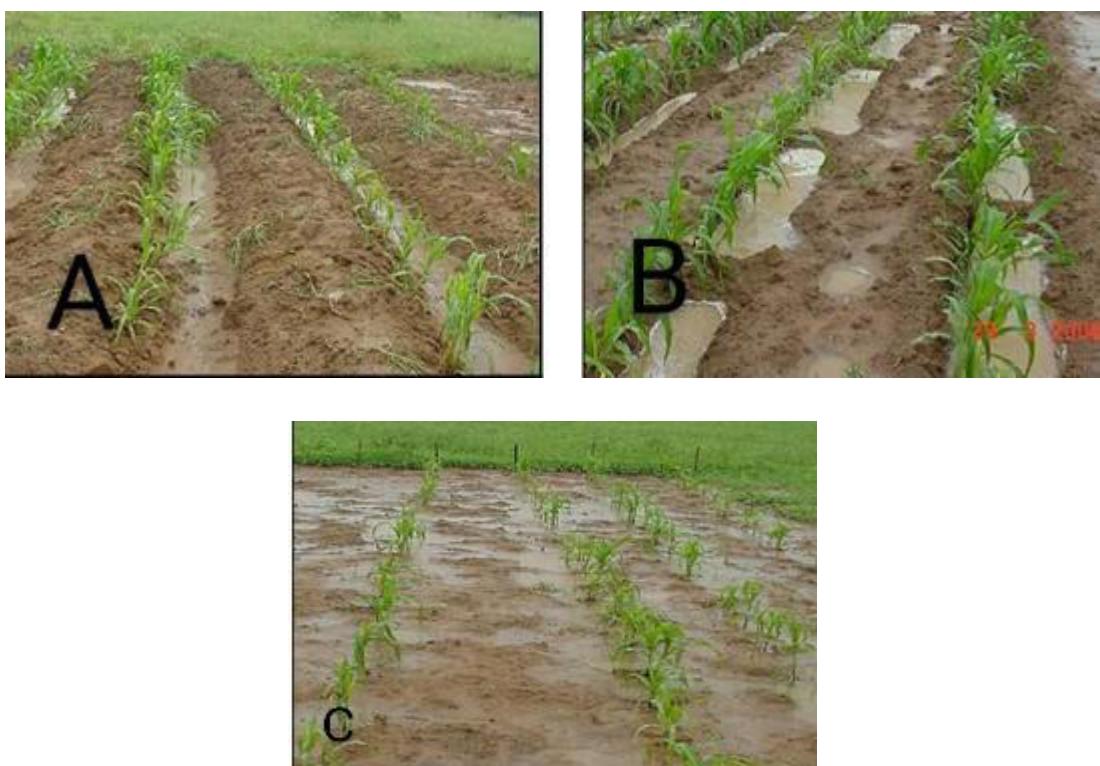
Captação in situ é a captação e armazenamento de água de chuva por meio de sulcos, esta técnica favorece a retenção e umidade no perfil do solo para melhor aproveitamento da água pelas plantas em uma área cultivada. Seus pontos positivos são o controle de erosão e conservação do solo, resistência à veranico dado a disponibilidade de água para as plantas e recarga do lençol freático. Dentre as observações quanto a esta técnica o CGEE (2016) destaca não ser recomendada para solos com declividade superior a 8%, sua difícil implementação em solos pedregosos e em solos muito arenosos se torna inviável por conta da perda de água por infiltração.

Brito *et al.*, (2008) avaliam a perda de solo e água em áreas exploradas com cultura de milho com sistemas de captação in situ no semiárido brasileiro, entre os sistemas de captação in situ se diferenciam o sistema tradicional, o sistema Guimaraes Duque e o sistema de sulco barrado que se destaca por ser mais simples e de baixo custo, portanto, mais viável para os pequenos agricultores do semiárido brasileiro. Os autores concluíram que o sistema de sulco barrado apresentou os menores valores de perda de solo e água, maiores rendimentos em termos de produtividade de grão e matéria seca e os maiores valores de umidade do solo em detrimento dos sistemas Guimarães Duque e sistema tradicional.

As imagens abaixo representam as três principais formas de captação in situ avaliadas por Brito *et al.*, (2008). A figura (A) representa o sistema Guimarães Duque, a figura

(B) o sistema de sulco barrado e a Figura (C) o sistema tradicional de captação de água de chuva em área explorada com cultura de milho.

Figura 9 – Sistemas de captação *in situ*. (A) sistema Guimarães Duque, (B) sistema sulco barrado e (C) Sistema tradicional de captação de água de chuva.



Fonte: Brito, et al (2008).

4.2.2 Práticas edáficas

Em relação às práticas edáficas realizadas no Assentamento Mandacaru se destacam a recomposição de mata ciliar, recuperação de solos com serrapilheira, implantação de viveiro de mudas, quintais produtivos e sistemas agroflorestais.

De acordo com Ceará (2010) entende-se mata ciliar como sistemas florestais estabelecidos sobre as margens de rios e riachos, lagos, represas e nascentes e funcionam como redutores do assoreamento e da degradação do meio ambiente. De acordo com o documento, para a recomposição da mata ciliar, a microbacia deve ser a unidade de referência da intervenção e o processo deve ser iniciado pelas nascentes e em seguida nas margens dos cursos d’água.

As espécies escolhidas para o reflorestamento da área ciliar, devem ser aquelas que medram na região ou se assemelham às espécies da área (CEARÁ, 2010). Deve-se ainda levar em consideração a sucessão ecológica envolvida no processo. Quanto aos métodos de regeneração da floresta, para Tigre (1968 apud CEARÁ, 2010) no método natural a floresta se

recupera dos distúrbios por meio de sucessão natural até a completa regeneração, é um processo demorado e de baixo custo. Já no método de regeneração artificial, há a condução do processo por semeadura de mudas, nesse caso o tempo de recuperação apresenta-se relativamente curto, embora os custos sejam altos.

Os processos de recomposição de mata ciliar e reflorestamento, demandam a produção de mudas das espécies escolhidas, para Silva *et al.*, (2011) o viveiro de mudas é uma instalação física destinada a produção de mudas até que estas apresentem desenvolvimento suficiente para serem encaminhadas para os locais definitivos de plantio. Para os autores um dos maiores entraves no processo de produção de mudas é a falta de sementes nativas e de boa qualidade e ainda a falta de conhecimento técnico de germinação e conservação de sementes.

Para Silva *et al.*, (2021) os poleiros artificiais são importantes para a dispersão de sementes pelas aves que começam a habitar a região, e estas podem ser coletadas e germinadas em viveiro. Para Silva *et al.*, (2011) os métodos mais usuais para a quebra da dormência de boa parte das espécies da caatinga que estão ligadas a impermeabilidade do tegumento, são imersão em água quente, escarificação mecânica e escarificação ácida.

Serrapilheira é o material desagregado proveniente de frutos, folhas, caules, flores e resíduos de animais onde se processa a ciclagem de nutrientes (SILVA *et al.*, 2021). A serrapilheira protege o solo contra os agentes erosivos, mantém sua umidade e melhora suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Para a recuperação de solos degradados com o manejo de serrapilheira, Andrade, Tavares e Coutinho (2003) destacam a extração de serrapilheira de remanescentes florestais e posterior colocação sobre os sítios degradados, esta técnica também está associada à transposição de banco de sementes.

Ainda para os autores, os inconvenientes desta prática estão relacionados ao empobrecimento do fragmento florestal utilizado como fonte, ao transporte de material e à fixação do material no local, que vão depender da inclinação do terreno e da força da enxurrada. Os autores destacam ainda a utilização de espécies noduladas e micorrizadas capazes de se desenvolver em solos de baixa fertilidade e recuperar os níveis de matéria orgânica de solos degradados como alternativa a transposição de serrapilheira.

Quintais produtivos são espaços de produção diversificada de alimentos ao redor da casa, são espaços geralmente construídos e geridos por mulheres (AIRES, 2022). Para Ceará (2022) os quintais produtivos, com base agroecológica, produzem diversas espécies olerícolas, gerando renda e alimentando de forma saudável, enquanto a composição das plantas desse meio de produção é muito diversificada, com vários tipos de hortaliças, plantas medicinais e frutíferas. Para Aires (2022) as tecnologias sociais são ferramentas para o fortalecimento dos

quintais, são exemplos de tecnologia social, captação de água, reutilização de águas cinzas, canteiro econômico, círculo de bananeiras e fossa verde.

Em relação aos sistemas agroflorestais, para Araújo Filho e Silva (2015) são formas de uso da terra que utilizam árvores e arbustos em associação com cultivos agrícolas e criação de animais numa mesma área de forma integrada, esses sistemas foram desenvolvidos em resposta às pressões por produção de alimentos, sua implementação visa garantir a estabilidade e diversificação da produção, elevar a produtividade da terra e melhorar a fertilidade do solo. Para os autores constituem a alternativa mais adequada para as condições dos sertões nordestinos, uma vez que exploram madeira, agricultura e pecuária e que a maioria das unidades de produção da região se assemelha a esses modelos.

4.2.3 Práticas vegetativas e produtivas

De acordo com Crispim (2019) dentre as atividades vegetativas e produtivas realizadas no Assentamento Mandacaru, foram implantados 18 núcleos de aves caipiras, 10 de ovinos, um núcleo de apicultura com 100 colmeias e uma unidade de beneficiamento de mel.

Além da produção de ovos e carne para a alimentação humana, as espécies de aves são importantes produtores de esterco e quando associadas ao cultivo, agem como controladoras de pragas e ervas daninhas; os ovinos também são importantes distribuidores de nutrientes no solo via urina e esterco (ARAÚJO FILHO e SILVA, 2015) e de acordo com o modelo SAF-Sobral desenvolvido pela Embrapa Caprinos e Ovinos a capacidade de suporte desse sistema é de 2,5 ovino por hectare por ano.

A apicultura consiste na criação de abelhas exóticas para a produção de mel, própolis, geleia real, cera de abelha e pólen, enquanto a meliponicultura consiste na criação de abelhas nativas para os mesmos fins. Para Ribeiro *et al.*, (2019) a caatinga apresenta uma flora nativa diversificada e abundante, principalmente no período chuvoso, com significativas fontes de plantas melíferas. De acordo com Marinho *et al.*, (2002) as abelhas visitam as flores das espécies: amarra cachorro, jitirana, juazeiro, jurema, leucena, malva, maniçoba, mofumbo, mussambê entre outras.

As atividades apresentadas acima, realizadas pelo Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Assentamento Mandacaru e por tantos outros no semiárido brasileiro estão de acordo com o que Perez-Marin *et al.*, (2010) denominam paradigma das potencialidades da região, cujas ações maximizam os benefícios socioeconômicos, a qualidade ambiental e a

capacidade de produção para futuras gerações, com emprego de tecnologias e inovações apropriadas ao uso sustentável dos recursos naturais e à convivência com a região semiárida.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi exposto anteriormente, verifica-se que a desertificação é um problema de ordem global que afeta sobretudo as áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas do globo terrestre e que no Brasil sua ocorrência se dá em maior parte na região nordeste e que o fenômeno da seca tende a agravar o problema, e ainda as mudanças climáticas são desafios a mais para a região.

As atividades agropecuárias tradicionalmente praticadas na região, baseadas na monocultura, no sobrepastoreio e na extração indiscriminada da vegetação tendem a retroalimentar o fenômeno da desertificação levando a perdas maiores de solo e vegetação e perda da produtividade da terra. Como consequência da desertificação podem ser citadas a pobreza, fome e perdas econômicas e produtivas e ainda a perda da biodiversidade e qualidade ambiental.

O desenvolvimento sustentável busca a preservação dos recursos naturais renováveis e a sua garantia para gerações futuras e dessa forma se preocupa com o uso consciente e a ainda com a recuperação de áreas degradadas, geração de emprego e renda e com a educação ambiental. Na região semiárida o desenvolvimento sustentável se mostra eficaz quando baseado nas potencialidades da região e no uso de técnicas para o melhor aproveitamento dos recursos.

As tecnologias apresentadas se mostram eficientes para a convivência harmoniosa com o semiárido e de baixo custo de implantação, exigindo de certa forma a aplicação razoável de recursos para a implantação e a organização da sociedade em prol do propósito comum, e ainda a conscientização e a difusão de informações para uma mudança de mentalidade em relação a convivência com o ambiente semiárido.

A partir da experiência do Assentamento Mandacaru, assim como a de diversos outros projetos realizados nesta perspectiva e dos quais diversos órgãos de pesquisa comprovaram serem eficientes para a recuperação e a preservação dos recursos, ressalta-se a necessidade de mais estudos nesta área e aprofundamento das pesquisas para melhor sistematização de informações e planejamentos futuros, assim como o engajamento de diversas áreas do saber para a produção de conhecimento de qualidade e de caráter multidisciplinar.

REFERÊNCIAS

Ações do projeto de convivência com o semiárido. Fortaleza. 2013. Disponível em <https://docplayer.com.br/18638231-Acoes-do-projeto-de-convivencia-com-o-semiarido.html#google_vignette>. Acesso em: nov, 2023.

ADEEL, Z. et al. **MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT.** Ecosystems and human well-being: Desertification synthesis. World Resources Institute. Washington. 2005. Disponível em <https://catalogue.unccd.int/418_Desertification-Synthesis.pdf>. Acesso em dez, 2023.

AIRES, J. do R. **Quintais produtivos.** 2022. Disponível em <<https://aksaam.ufv.br/ToolSys/Download/Publicacao/70/69>>. Acesso em jan, 2024.

ALBUQUERQUE, D. S. et al. **Cenário da desertificação no território brasileiro e ações de combate à problemática no Estado do Ceará, Nordeste do Brasil.** Desenvolvimento e Meio Ambiente. vol. 55. p. 673 - 696. 2020. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/347738504_Cenario_da_desertificacao_no_territorio_brasileiro_e_acoes_de_combate_a_problematica_no_estado_do_Ceara_Nordeste_do_Brasil>. Acesso em set, 2023.

ANDRADE, A. G. de. TAVARES, S. R. de L. COUTINHO, H. L. de C. **Contribuição da serapilheira para a recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos.** Informe Agropecuário. vol 24. n. 220. p. 55 - 63. Belo Horizonte, 2003. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184142/1/CONTRIBUICAO-ok.pdf>>. Acesso em jan, 2024.

ARAÚJO, J. C.; FARIAS, T. R. L. ; LINARD, A. F. G.(2007). **Eficiência de Retenção em Barragens de Contenção de Sedimentos do Tipo Marco Zero.** In: Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo. Disponível em <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/f78640a54a4ce78b985785e5d8e29ddc_0b0ad85bd5afc772d95027bc5550be53.pdf>. Acesso em: fev, 2024.

ARAÚJO, J. A. de. SOUZA, R. F. DE. **Abordagens sobre o processo de desertificação: uma revisão das evidências no rio grande do norte.** Geosul, Florianópolis, v. 32, n. 65, p. 122-143, set./dez. 2017.

ARONSON, J. et al. **Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones et semi-arides: le vocabulaire et les concepts.** L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait?. Paris. 1995. Disponível em <<https://core.ac.uk/download/pdf/39855441.pdf>>. Acesso em: jan, 2024.

ASA - Articulação do Semiárido Brasileiro. **Declaração do semiárido.** Propostas de articulação no semiárido brasileiro para a convivência com o semiárido e combate à desertificação. Recife, 1999. Disponível em <https://www.asabrasil.org.br/images/UserFiles/File/DECLARACAO_DO_SEMI-ARIDO.pdf>. Acesso em nov, 2023.

BARBOSA, T. da C. S.; OLIVEIRA, V. P. V. de. **Indicadores químicos e biológicos da qualidade do solo utilizados no monitoramento da degradação em ambientes semiáridos: análise do estado da arte.** Brazilian Journal of Development. vol. 8. n. 3. p. 17403 - 17423. Curitiba. 2022.

_____ **Áreas suscetíveis à desertificação no Ceará: aspectos ambientais dos municípios de Tauá - CE e Irauçuba - CE.** Brazilian Journal of Development. vol. 8. n. 7. p. 52330 - 52349. Curitiba. 2022.

BARBOSA, L. M. et al. **Informações básicas para modelos de recuperação de áreas degradadas em matas ciliares.** Anais - 2º Congresso Nacional Sobre Essências Nativas. 1992.

BARRETO, L. L.; CEZÁRIO, A. R. V.; OLIVEIRA, V. L. V. de. **O conceito de desertificação: construção histórica, críticas e potencialidades.** Revista Verde Grande. Vol. 1. Montes Claros, 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programas de ação estadual de combate à desertificação - PAE.** 2005. Disponível em <<https://antigo.mma.gov.br/gestao-territorial/combate-a-desertificacao/programas-estaduais.html>>. Acesso em: out, 2023.

_____ **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos, 2004. Disponível em <<https://www.unccd.int/sites/default/files/naps/brazil-spa2004.pdf>>. Acesso em: out, 2023.

_____ **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil / MMA.** Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba; Marcos Oliveira Santana, organizador. Brasília: MMA, 2007.

_____ **Brasil sedia conferência sobre clima e desenvolvimento em regiões semiáridas (ICID).** 2010. Disponível em <<https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/brasil-sedia-conferencia-sobre-clima-e-desenvolvimento-em-regioes-semiaridas>>. Acesso em nov, 2023.

_____ **Lei 9.985 de 18 de julho de 2000. Institui o sistema nacional de unidades de conservação da natureza e dá outras providências.** Brasília. 1990. Disponível em <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9985&ano=2000&ato=77ck3aq1kMNpWTfc9>>. Acesso em dez, 2023.

_____ **Agenda 21 Global.** 2005. Disponível em <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>>. Acesso em: nov, 2023.

_____ **Agenda 21 brasileira.** 2005. Disponível em <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira.html#portal-siteactions>>. Acesso em: nov, 2023.

_____ **Lições preliminares de direito agrário: considerações sobre o tipo de cultura de lavoura temporária.** 2021. Disponível em <<https://www.jusbrasil.com.br/artigos/licoes-preliminares-de-direito-agrario-consideracoes-sobre-o-tipo-de-cultura-de-lavoura-temporaria-1000000000000000>>.

[preliminares-de-direito-agrario-consideracoes-sobre-o-tipo-de-cultura-de-lavoura-temporaria/1267220628#:~:text=%E2%80%8BA%20Lavoura%20Tempor%C3%A1ria%20%C3%A9,A9,%2C%20trigo%20e%20soja%2C%20etc.>](https://www.mctes.gov.br/prestadores-de-servicos/preliminares-de-direito-agrario-consideracoes-sobre-o-tipo-de-cultura-de-lavoura-temporaria/1267220628#:~:text=%E2%80%8BA%20Lavoura%20Tempor%C3%A1ria%20%C3%A9,A9,%2C%20trigo%20e%20soja%2C%20etc.>). Acesso em jan, 2024.

A agricultura de sequeiro. Comitê da bacia hidrográfica do rio São Francisco. 2015. Disponível em <https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/cultura_blog/a-agricultura-de-sequeiro-3/>. Acesso em nov, 2023.

Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas. UNESCO. Brasília. 2001. Disponível em <<https://precog.com.br/bc-texto/obras/ue000202.pdf>>. Acesso em: out, 2023.

Captação de água de chuva in situ. Brasília. 2019. Disponível em <<https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/tecnologias-de-convivencias-com-as-secas/tecnologia-apropriada-2013-captacao-de-agua-de-chuva-in-situ>>. Acesso em: jan, 2024.

Combate à desertificação. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em <<https://antigo.mma.gov.br/gestao-territorial/combate-a-desertificacao.html>>. Acesso em: jan, 2024.

BRITO, L. T. L. et al. Perdas de solo e de água em sistemas de captação in situ no semiárido brasileiro. Engenharia de água e solo. 2008. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/ynSsYjrqxRgdGzVnWcVbJCG/#>>. Acesso em: jan, 2024.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos. Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE. Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente / Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010. Disponível em <<https://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-COMBATE-A-DESERTIFICA%C3%87%C3%83O.pdf>>. Acesso em: out, 2023.

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil. Brasília, DF. 2016. Disponível em <<https://www.cgee.org.br/documents/10195/11009696/DesertificacaoWeb.pdf/7dad223-9c25-4ccf-b788-d5c720c33630?version=1.9>>. Acesso em: set, 2023.

CHARRUA, H. C. C. Desertificação e reversibilidade dos problemas de desertificação. Dissertação. Universidade de Lisboa. Lisboa, 2014.

Clube de Roma e o relatório “Os limites do crescimento” (1972). Pensamento Verde. 2014. Disponível em <<https://www.pensamentoverde.com.br/sustentabilidade/clube-roma-relatorio-limites-crescimento-1972/>>. Acesso em: jan, 2024.

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Agenda 21. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/528199/mod_resource/content/0/Agenda%2021.pdf>. Acesso em: nov, 2023.

CONTI, J. B. O conceito de desertificação. Climatologia e estudos da paisagem. vol. 3. n. 2. Rio Claro. 2008.

- CORREIA, R. C. et al. **A região semiárida brasileira.** In: VOLTOLINI, T. V. (Ed.). Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/916891>>. Acesso em: nov, 2023.
- COSTA, W. D. et al. **Barragem subterrânea: uma forma eficiente de conviver com a seca.** Anais do X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 1998. Disponível em <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22277>>. Acesso em: jan, 2024.
- CRISPIM, M. **Ações de convivência com o semiárido oferecem soluções para a desertificação.** Eco Nordeste. 2019. Disponível em <<https://agenciaeconordeste.com.br/acoes-de-convivencia-com-o-semiarido-oferecem-solucoes-para-desertificacao/>>. Acesso em: jan, 2024.
- DREGNE, H. E.; CHOU, N. T. **Global desertification dimensions and costs.** In degradation and restoration of arid lands. Lubeca: Texas Tech. 1992. Disponível em <<https://www.ciesin.columbia.edu/docs/002-186/002-186.html>>. Acesso em: nov, 2023.
- EMATERCE - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará. **EMATERCE implementa projeto agropecuário no Assentamento Mandacaru.** 2015. Disponível em <<https://www.ematerce.ce.gov.br/2015/08/14/ematerce-implementa-projeto-agropecuario-no-assentamento-mandacaru/>>. Acesso em: jan, 2024.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade.** Brasília, 2015.
- FILHO, J. A. de A.; SILVA, N. L. da. **Impactos e mitigação do antropismo no núcleo de desertificação de Irauçuba.** Monitoramento da desertificação em Irauçuba. Fortaleza, 2015.
- GOMES JUNIOR, F. da S. **Desenvolvimento sustentável: conceitos, modelos e propostas para mensurações.** Revista Ambientale. vol. 1. 2012.
- IGNACIO, J. **Eco-92: o que foi a conferência e quais os seus principais resultados.** Politize, 2020. Disponível em <<https://www.politize.com.br/eco-92/>>. Acesso em dez, 2023.
- IICA - Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. **Projeto Áridas - memória e acervo.** 2008. Disponível em <<https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/678>>. Acesso em: dez, 2023.
- INCTSal - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados.** Fortaleza. 2016. Disponível em <<https://ppgea.ufc.br/wp-content/uploads/2018/04/manejo-da-salinidade-na-agricultura.pdf>>. Acesso em: jan, 2024.
- IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera. **Definição de seca meteorológica.** Disponível em <<https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=seca.definicao.xml#:~:text=Seca%20Meteorol%C3%B3gica%20%2D%20uma%20medida%20do,e%20humididade%20do%20ar%2C%20insola%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em nov, 2023.

IRAUÇUBA. Lei municipal: 1351/2018. Dispõe sobre a política municipal de proteção, preservação, controle, recuperação, conservação ambiental, melhoria da qualidade de vida e do desenvolvimento sustentável no município de Irauçuba e dá outras providências. Irauçuba. 2018. Disponível em <<https://iraucuba.ce.gov.br/leis.php?id=295>>. Acesso em: dez, 2023.

JACOMINE, P. K. T. A nova classificação brasileira de solos. Anais da Academia pernambucana de ciência do solo. vol. 5 - 6. p. 161 - 179. Recife. 2009. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/19350/1/Jacomine.pdf>>. Acesso em: dez, 2023.

LACERDA, M. A. C. de; LACERDA, R. D. de. Planos de combate à desertificação no nordeste brasileiro. Revista biologia e ciências da terra. vol. 4. n. 01. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2004.

LIMA, P. C. F. Áreas degradadas: métodos de recuperação no semiárido brasileiro. XXVII reunião nordestina de botânica. Petrolina. 2004. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/153079/1/OPB406.pdf>>. Acesso em jan, 2024.

MACHADO, P. L. O de A. WADT, P. G. S. Cultivo de arroz. EMBRAPA, 2021. Disponível em <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-de-terrass-altas/terraceamento>>. Acesso em: jan, 2024.

MAGALHÃES, G. M. F. Análise da eficiência de terraços de retenção em sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental. v17. n10. 2013. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/fCkdHyfZHwsXcYgkjmWt5yH/#>>. Acesso em: fev, 2024.

MARCHÃO, R. L. et al. Impacto do pisoteio animal na compactação do solo sob integração lavoura-pecuária no oeste baiano. Comunicado Técnico - EMBRAPA. Planaltina, 2009. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/31546/1/comtec-163.pdf>>. Acesso em: dez, 2023.

MARINHO, V. I. et al. Espécies vegetais da caatinga utilizadas pelas abelhas indígenas sem ferrão como fonte de recursos e local de nidificação. Universidade Federal da Paraíba. I Congresso brasileiro de extensão universitária. João Pessoa, 2002. Disponível em <http://www.prac.ufpb.br/anais/Icbeu_anais/anais/meioambiente/ferrao.pdf>. Acesso em: jan, 2024.

MATALLO JR, H. (Org.). Desertificação. UNESCO. Brasília. 1999. Disponível em <<https://www.precog.com.br/bc-texto/obras/ue000056.pdf>>. Acesso em out, 2023.

MELO, R. F. de. Barragem subterrânea. Instruções técnicas da EMBRAPA semiárido. Petrolina. 2011. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54893/1/INT96.pdf>>. Acesso em: fev, 2024.

NADIA, T. de L.; MACHADO, I. C.; LOPES, A. V.; **Fenologia reprodutiva e sistema de polinização de Ziziphus Joazeiro Mart (Rhamnaceae): atuação de Apis mellifera e de visitantes florais autóctones como polinizadores.** Acta Botanica Brasilica. 2007. Disponível em

<<https://www.scielo.br/j/abb/a/ncrCm45h5HTTWsRMgHYWHjB/?lang=pt&format=html#>>. Acesso em: jan, 2024.

NEVES, B. M. A. **A percepção do termo desertificação na comunicação social, na política e na sociedade em geral, em Portugal.** Dissertação. Universidade Nova de Lisboa. 2010.

Disponível em

<https://run.unl.pt/bitstream/10362/5515/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20de%20Mestrado%20Bruno%20Neves_FINAL.pdf>. Acesso em: out, 2023.

NIMER, E. **Subsídio ao plano de ação mundial para combater a desertificação - Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente (PNUMA).** Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, 1980.

_____ **Desertificação: realidade ou mito?.** Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro. 1988.

NOSSO FUTURO COMUM. Comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento.

2º edição. Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro, 1991. Disponível em

<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf>. Acesso em jan, 2024.

NUNES, L. A. P. L. FILHO, J. A. de A. MENEZES, R. I. de Q. **Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob caatinga no semiárido nordestino.** Revista Caatinga, vol. 19. n. 2. p. 200 - 208. 2006.

OLIVEIRA, L. D. de. **Os “limites do crescimento” 40 anos depois: das “profecias do apocalipse” ambiental ao “futuro comum ecologicamente sustentável”.** Revista Continentes. 2012.

OLIVEIRA. V. P. V. de. **A problemática da degradação dos recursos naturais no domínios dos sertões secos do Estado do Ceará-Brasil.** Litoral e Sertão, natureza e sociedade no Nordeste brasileiro. José Borzacchiello da Silva et al. Fortaleza: Expressão gráfica, 2006.

PAREYN, F. RIEGELHAUPT, E. M. **O manejo florestal sustentado da caatinga.** Revista Opiniões, 2013. Disponível em <<https://florestal.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/10-o-manejo-florestal-sustentado-da-caatinga/#:~:text=O%20manejo%20florestal%20sustentado%20da%20caatinga%20consiste%20na%20obten%C3%A7%C3%A3o%20continuada,e%20qualifica%20seu%20potencial%20florestal>> acesso em jan, 2024.

PEDROTTI, A. et al. **Causas e consequências do processo de salinização do solo.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. vol. 19. n. 2. p. 1308 - 1324. Santa Maria. 2015. Disponível em <<https://core.ac.uk/download/pdf/231164824.pdf>>. Acesso em: jan, 2024.

PEREZ-MARIN, A. M. et. al. **Desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro.** Desenvolvimento sustentável, Brasília, DF, v. 15, n. 31, p. 47-60, 2010.

PEREZ-MARIN, A. M. et al. **Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?** Parcerias Estratégicas. vol. 17. n. 34. p. 87 - 106. Brasília. 2012. Disponível em <https://www.gov.br/insa/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-do-insa/desertificacao/aldrin_6_nucleos-de-desertificacao-no-semiarido-brasileiro.pdf>. Acesso em jan, 2024.

PEREZ-MARIN, A. M. et. al. **Manual metodológico: práticas mecânicas, físicas e biotecnológicas de manejo e recuperação de áreas degradadas em condições semiáridas.** Campina Grande, Paraíba: INSA, 2015. Disponível em <<https://bibliotecasemiaridos.ufv.br/handle/123456789/2549>>. Acesso em dez, 2023.

PROJETO RE-HABITAR ARARINHA AZUL. Barragens sucessivas de contenção de sedimentos. Núcleo de ecologia e monitoramento ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, 2022.

REIS, A. et al. **Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais.** Natureza e Conservação. vol 1. n. 1. p. 28 - 36. 2003. Disponível em <<http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/recomendados/artigos/reis2003.pdf>>. Acesso em jan, 2024.

RIBEIRO, M. de F. et al. **Apicultura e meliponicultura.** Agricultura familiar depende da chuva no semiárido - EMBRAPA. Brasília, 2019. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/204569/1/Agricultura-familiar-dependente-de-chuva-no-semiarido-2019.pdf>>. Acesso em: jan, 2024.

ROOSE. E. (dir). **Land husbandry: components and strategy.** FAO. p. 397. Rome. 1996. Disponível em <https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-05/010012051.pdf>. Acesso em dez, 2023.

SÁ, M. A. C. de.; SANTOS JUNIOR, J. de D. G. dos. **Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal.** EMBRAPA. Planaltina. 2005. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/569996/1/doc136.pdf>>. Acesso em: fev, 2024.

SALES, M. C. L. **Evolução dos estudos de desertificação no nordeste brasileiro.** GEOUSP - Espaço e Tempo. nº 14. p. 9 - 19. São Paulo. 2003.

SANTOS, P. M. et al. **Mudanças climáticas globais e a pecuária: futuros para o semiárido brasileiro.** Revista Brasileira de Geografia Física. 2011. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76461/1/236.pdf>>. Acessos em: jan, 2024.

SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Geologia básica.** Disponível em <<https://www.sgb.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Basica-26>>. Acesso em: out, 2023.

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. Irauçuba/CE. Censo agropecuário 2017. **Características dos estabelecimentos agropecuários.** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Acervo?nivel=6&unidade=2306108#/S/CA/A/43/T/Q>>. Acesso em: jan, 2024.

_____ Pesquisa da Pecuária Municipal. **Efetivo de rebanho por tipo de rebanho.** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3939#resultado>>. Acesso em: jan, 2024.

_____ Produção Agrícola Municipal. **Área plantada em Irauçuba.** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado>>. Acesso em: jan, 2024.

_____ Censo Agropecuário 2017. **Número de estabelecimentos agropecuários por tipo de prática agrícola..** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6845#resultado>>. Acesso em: jan, 2024.

_____ Censo Agropecuário 2017. **Número de estabelecimentos agropecuários e Área dos estabelecimentos agropecuários.** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6878#resultado>>. Acesso em: jan, 2024.

_____ Censo Agropecuário 2017. **Número de estabelecimentos agropecuários que não utilizam sistema de preparo de solo.** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6856#resultado>>. Acesso em: jan, 2024.

_____ Censo Agropecuário 2017. **Número de estabelecimentos agropecuários por tipo de prática agrícola (pousio ou descanso de solo, proteção ou conservação de encostas.** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6846#resultado>>. Acesso em: jan, 2024.

_____ Censo Agropecuário 2017. **Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação em Irauçuba.** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6857#resultado>>. Acesso em: jan, 2024.

_____ Censo Agropecuário 2017. **Número dos estabelecimentos agropecuários e área dos estabelecimentos agropecuários por atividade econômica em Irauçuba.** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6878#resultado>>. Acesso em: jan, 2024.

_____ Censo Agropecuário 2017. **Número de estabelecimentos agropecuários e origem da orientação técnica recebida em Irauçuba.** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6844#resultado>>. Acesso em: jan, 2024.

_____ Pesquisa da Extração Vegetal e Silvicultura. **Quantidade produzida na extração vegetal em Irauçuba.** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/289#resultado>>. Acesso em: jan, 2024.

_____ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados.** Irauçuba. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/iraucuba.html>>. Acesso em: nov, 2023.

SILVA, V. N. da. et al. **Fragilidade e impactos ambientais do semiárido brasileiro: proposta de mitigação.** II Congresso internacional da diversidade do semiárido. Campina

Grande. 2017. Disponível em <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33545>>. Acesso em: jan, 2024.

SILVA, I. A. de S. Núcleos de desertificação do nordeste brasileiro: suscetibilidade e dinâmica pluviométrica. XVII Simpósio brasileiro de geografia física aplicada. UNICAMP. Campinas. 2017. Disponível em <<https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2381>>. Acesso em: nov, 2023.

SILVA, E. S. da. et al. Análise do processo de recuperação em área degradada localizada no interior do estado do Ceará. XXII Simpósio brasileiro de recursos hídricos. Florianópolis. 2017. Disponível em <https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/54474/1/2017_eve_essilva.pdf>. Acesso em: jan, 2024.

SILVA, M. L. O. et al. Áreas degradadas no semiárido: causas, situação e alternativas de recuperação. Ciências Rurais em Foco. vol. 3. Belo Horizonte, 2021.

SILVA, F. L. F. Caracterização dos aspectos geomorfológicos do município de Irauçuba-ce como subsídio ao planejamento ambiental. REGNE, vol 2. 2016. Disponível em <<https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10445/7391>>. Acesso em nov, 2023.

SILVA. J. R. C.; SILVA. F. J. da. Eficiência de cordões de pedra em contorno na retenção de sedimentos e melhoramento de propriedades de um solo litólico. Revista Brasileira de ciência do solo. v21. 441 - 446 p. 1997. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/6x4Ngq7WrKQZHvnrfCQzspd/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: fev, 2024.

SILVA, A. de P. et al. Recomendações básicas para implantação de viveiro de produção de mudas de espécies florestais para a caatinga. Comunicado técnico. EMBRAPA, 2011. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114117/1/COT138-11.pdf>>. Acesso em jan, 2024.

SILVA, R. M. A. da. Entre dois paradigmas: combate à seca e a convivência com o semiárido. Sociedade e Estado. Brasília, vol 18. n 1/2. p. 361 - 385. 2003. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/se/a/P7t9S99gxSqYsNbSDVHLC9k/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: nov, 2023.

SOUZA FILHO, O. A. de (Org.). Irauçuba: folha SA.24-Y-D-V: estado do Ceará. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. CPRM. Rio de Janeiro:, 1999. Disponível em <<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/5661?mode=full>>. Acesso em: jan, 2024.

TAVARES, S. R. de L.; ANDRADE, A. G. de; COUTINHO, H. L. da C. Sistemas agroflorestais como alternativa de recuperação de áreas degradadas com geração de renda. Informe Agropecuário. vol. 24. n. 220. p. 73 - 80. Belo Horizonte. 2003. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215732/1/Sistemas-agroflorestais-como-alternativa-de-recuperacao-de-areas-degradadas-2003.pdf>>. Acesso em: jan, 2024.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, I. R. P. de.; SILVA, D. G. da. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. Geosul. vol. 34. n.

70. p. 385 - 405. Florianópolis. 2019. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2019v34n70p385/38526>>. Acesso em dez, 2023.

THORNTHWAITE, C. W. **An approach toward a rational classification of climate.** Geographical Review. vol. 38. 1948.

UNCCD/CNUCD - **Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação.** Texto da convenção. Disponível em <https://www.unccd.int/sites/default/files/2022-02/UNCCD_Convention_ENG_0_0.pdf>. Acesso em: nov, 2023.

UNCCD/CNUCD - Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação nos países que estão experimentando sérias secas e/ou desertificação, particularmente na África. 54 p. 2022.

UNCCD/CNUCD - Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação nos países afectados por seca grave e/ou desertificação, particularmente em África - **Declaração feita pela Comunidade Europeia em conformidade com o disposto nos n. 2 e 3 do artigo 34 da Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação nos países afectados por seca grave e/ou desertificação, particularmente em África.** Jornal Oficial nº L 083. p. 0003 -- 35. 1998. Disponível em <[EUR-Lex - 21998A0319\(01\) - PT \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=EUR-Lex-21998A0319(01)-PT)>. Acesso em: nov, 2023.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de Sustentabilidade: Uma análise comparativa.** Santa Catarina, 2002. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/84033/189898.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em out, 2023.

VERDUM, R. et al. **Desertificação: questionando as bases conceituais, escalas de análise e consequências.** Revista Geographia. v. 3, n. 6, p. 1-9, 2001.

YARRANTON, G. A. MORRISON, R. G. **Spatial dynamics of a primary succession: nucleation.** Journal of Ecology. 1974.