



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA**
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO (PROPPG)
MESTRADO ACADÊMICO EM SOCIOBIODIVERSIDADE E TECNOLOGIAS
SUSTENTÁVEIS (MASTS)

ANDERSON TAVARES VIEIRA

**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, CEARÁ:
USO DA TERRA E ASPECTOS SOCIOECONOMICOS**

REDENÇÃO, CEARÁ
2019

ANDERSON TAVARES VIEIRA

**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, CEARÁ:
USO DA TERRA E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS) da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) como requisito para obtenção de Título de Mestre em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis. Linha de Pesquisa: Tecnologias Sustentáveis. Área de concentração: Geociências

Orientadora: Dra. Aiala Vieira Amorim
Co-orientador: Dr. Marcus Vinícius Chagas da Silva

REDENÇÃO, CEARÁ

2019

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Vieira, Anderson Tavares.

V658d

Degradação Ambiental no Município de Santa Quitéria, Ceará: uso da Terra e Aspectos Socioeconômicos / Anderson Tavares Vieira. - Redenção, 2020.

101f: il.

Dissertação - Curso de Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2020.

Orientador: AIALA VIEIRA AMORIM.

Coorientador: MARCUS VINÍCIUS CHAGAS DA SILVA.

1. DESERTIFICAÇÃO. 2. CAATINGA. 3. SIG. I. . II. Título.

CE/UF/BSCA

CDD 333.73

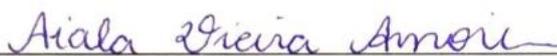
ANDERSON TAVARES VIEIRA

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, CEARÁ: USO DA TERRA E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.

Dissertação apresentada ao Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS) da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis.

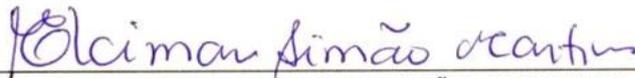
Aprovada em: 26/08/2019

BANCA EXAMINADORA



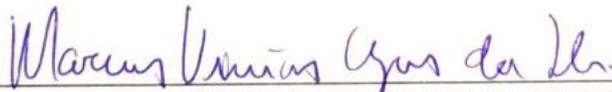
AIALA VIEIRA AMORIM

Universidade da Integração internacional da Lusofonia Afro-brasileira
(UNILAB - Presidente) – ORIENTADOR (A)



ELCIMAR SIMÃO MARTINS

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira
(UNILAB - Examinador Interno ao Programa)



MARCUS VINICIUS CHAGAS DA SILVA

Universidade Federal do Ceará
(UFC - Examinador Externo à Instituição)



Universidade Estadual Vale do Acaraú
(UEVA - Examinador Externo à Instituição)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, minha mãe Elieuda Tavares e meu pai João José pelo apoio incondicional nas minhas escolhas e por todo tempo e carinho a mim dedicados.

A Profª. Aiala Vieira Amorim pela orientação e pelos conselhos e valiosos ensinamentos que foram de grande importância para a execução do trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcus Vinícius Chagas da Silva, pela orientação, apoio e amizade. Por todo empenho e tempo empregado para a realização desse trabalho.

Aos demais membros da banca: Prof. Ernane Cortez e Prof. Eucimar pela disponibilidade e pelas valorosas contribuições.

A Universidade Federal do Ceará, em especial ao Instituto de Ciências do Mar (Labomar) pelos aprendizados na graduação que são parte importante do que sou hoje e pelo espaço concedido.

A Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira por ser minha casa e apoio durante essa etapa de mestrado e por me proporcionar experiências incríveis como pessoa e pesquisador.

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela concessão da bolsa, essencial para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao IPECE, em especial ao pesquisador Rogério Soares pela ajuda e novos aprendizados.

Aos amigos e companheiros da turma de 2017 do Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis pelas inúmeras vivências. Em especial aos amigos Maurício Lima, Angerline Lima e Brunna Angélica que já fazem parte da minha caminhada.

“Tenho sangue de gente
tenho essa poeira laranja na cara
no peito
no sangue
[...]sou sertão da cidade”
(Á cidade – Mailson Furtado)

RESUMO

O uso da Caatinga condiciona as atividades no semiárido nordestino, seja pelas atividades agropecuárias ou pela utilização energética dos recursos florestais. A influência antrópica da pecuária extensiva sem controle do pastoreio e o desmatamento, associados à fragilidade natural do ambiente são fatores contribuintes para um cenário de degradação. O manejo inadequado das terras ocasiona o desgaste do solo e descaracteriza a cobertura vegetal, modificando a paisagem natural. Nesse cenário, pode-se destacar o estado do Ceará, pois o mesmo vem sendo afetado por esses efeitos, que tem por consequência a degradação ambiental e desertificação das terras. Um representante local desses processos é o município de Santa Quitéria com área de 4.260,8 km² e localizado no Sertão de Crateús, o mesmo foi classificado como uma das Áreas Susceptíveis à Desertificação a nível estadual. Diante do exposto, observou-se a necessidade de diagnosticar o uso da terra no local, realizando a análise das variáveis que estão envolvidas nesse processo, com o objetivo de investigar se a pressão do uso e a exploração econômica dos recursos naturais têm contribuído para a degradação ambiental no município de Santa Quitéria-CE. Trata-se de uma pesquisa descritiva exploratória, que se utiliza de uma análise de dados secundários oficiais para traçar a relação dos aspectos socioeconômicos com a degradação ambiental. Utilizou-se a classificação semi-supervisionada com imagens do satélite Landsat-8 (sensor OLI) e o software ArcMap 10.5, subsidiadas por etapa de campo, para realizar o mapeamento de uso da terra e degradação ambiental. A escala cartográfica adotada foi 1:150.000. Realizou-se a coleta e análise de Carbono Orgânico no solo em 21 pontos do município. Foi calculado o Índice de Propensão a Desertificação (IPD) (IPECE, 2009a) em três simulações, a fim de identificar as principais variáveis que interferem nesse processo. O mapeamento apontou que 51,23% da área do município encontra-se entre moderada e alta degradação e as atividades de pecuária e silvicultura são importantes indicadores dessa degradação. Os resultados do IPD mostraram que a terceira simulação apontou alta vulnerabilidade a desertificação, enquanto a primeira e segunda simulações apresentaram média vulnerabilidade. Além disso, constatou-se que o uso da terra influencia a concentração de carbono orgânico no solo, em áreas mais degradadas tem-se uma menor concentração deste componente. Os resultados obtidos podem contribuir para a compreensão do ambiente natural e para identificação de áreas em processo de desertificação e degradação no município de Santa Quitéria.

Palavras-chave: Desertificação. Caatinga. Geoprocessamento. SIG.

ABSTRACT

The use of Caatinga conditions activities in the northeastern semi-arid, either by agricultural activities or by the energy use of forest resources. The anthropic influence of extensive livestock without control of grazing and deforestation, associated with the natural fragility of the environment are contributing factors for a degradation scenario. Inadequate land management causes soil erosion and mischaracterized of vegetation cover, changing the natural landscape. In this context, we can stand out the state of Ceará, as it has been affected by these effects, which results in environmental degradation and desertification of lands. A local representative of these processes is the municipality of Santa Quitéria, with an area of 4,260.8 km² and located in the Sertão de Crateús. This location was classified as one of the areas susceptible to desertification at the state level. Given the above, it was observed the need to diagnose the land use at the site, performing the analysis of the variables that are involved in this process, aiming to investigate whether the pressure of the use and the economic exploitation of natural resources have contributed to environmental degradation in the municipality. This is exploratory descriptive research that uses an analysis of official secondary data to trace the relationship of socioeconomic aspects with environmental degradation. The semi-supervised classification was used with Landsat-8 satellite imagery (OLI sensor) and ArcMap 10.5 software subsidized by field stage, to perform land use mapping and environmental degradation. The cartographic scale adopted was 1:150.000. Organic carbon was collected and analyzed in the soil at 21 points in the municipality. The Desertification Propensity Index (IPD) (IPECE, 2009a) was calculated in three simulations in order to identify the main variables that interfere with this process. The mapping indicated that 51.23% of the municipality area is among moderate and high degradation and livestock and forestry activities are important indicators of this degradation. The IPD results showed that the third simulation pointed out high vulnerability to desertification, while the first and second simulation showed medium vulnerability. Furthermore, it was found that land use influences soil organic carbon concentration, in more degraded areas there is a lower concentration of this component. The results obtained may contribute to the understanding of the natural environment and to the identification of areas in the process of desertification and degradation in the municipality of Santa Quitéria.

Key-words: Desertification. Caatinga. Geoprocessing. GIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da Área Suscetível à Desertificação no Brasil.	22
Figura 2 - Etapas de levantamento e classificação da cobertura e do uso da terra	25
Figura 3- Conflitos de uso da terra ambiental e cascata associada de impactos.	26
Figura 4- Representação gráfica simplificada da relação entre a degradação do solo e da qualidade de vida.	32
Figura 5- Ciclo Vicioso Resultante da Relação Bicausal entre Desertificação e Empobrecimento	33
Figura 6– Localização do Município de Santa Quitéria-CE.	40
Figura 7– Fluxograma da pesquisa.	42
Figura 8- Coleta de Solo a 20 cm para análise do carbono orgânico.....	44
Figura 9– Locais visitados em Campo (Santa Quitéria – CE).....	45
Figura 10- Diagrama do ciclo de exploração agrícola, segundo a agricultura de sequeiro/itinerante.....	48
Figura 11 – Área degradada no distrito de Trapiá em Santa Quitéria-CE.	49
Figura 12- Área de bananicultura irrigada em Raimundo Martins- Santa Quitéria	51
Figura 13– Cacimão construído em área de planície fluvial- Santa Quitéria-CE.....	52
Figura 14– Resquícios de plantação de milho na comunidade Vieira - Santa Quitéria-CE....	55
Figura 15 - Criação de caprinos em área degradada em Santa Quitéria-CE.	64
Figura 16 – solo compacto em área de pecuária em Santa Quitéria-CE.....	65
Figura 17– Presença de Erosão laminar em Santa Quitéria, CE.	66
Figura 18- Exploração de granito branco em Santa Quitéria-CE.....	67
Figura 19- Mapeamento de uso da terra e degradação ambiental em Santa Quitéria-CE	73
Figura 20- Classificação de solos Município de Santa Quitéria.....	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Área de culturas permanentes e temporárias (1984-2017) em Santa Quitéria-CE.	47
Gráfico 2 - Rendimento (kg ha ⁻¹) algodão arbóreo (1984-2017) em Santa Quitéria-CE.....	50
Gráfico 3 - Rendimento (cachos ha ⁻¹) banana (1984-2017) em Santa Quitéria-CE.	50
Gráfico 4- Rendimento (frutos ha ⁻¹) coco-da-baía (1984-2017) em Santa Quitéria-CE.....	52
Gráfico 5- Rendimento (kg ha ⁻¹) cana de açúcar e mandioca (1984-2017) em Santa Quitéria-CE.	53
Gráfico 6 - Rendimento (kg ha ⁻¹) feijão e milho (1984-2014) em Santa Quitéria-CE.	54
Gráfico 7 - Rendimento (kg ha ⁻¹) lavouras temporárias algodão herbáceo, arroz e mamona (1984-2014) em Santa Quitéria-CE.	56
Gráfico 8 - Produção de carvão vegetal (1984-2017) em Santa Quitéria-CE.	58
Gráfico 9 - Madeira em tora (1984-2014) em Santa Quitéria-CE.	58
Gráfico 10 - Produção de Lenha (1984-2014) em Santa Quitéria-CE.....	59
Gráfico 11– Estrutura fundiária de Santa Quitéria-CE área em hectares (A) e quantidade de imóveis (B).	61
Gráfico 12- Rebanho em Santa Quitéria-CE (1984-2014).....	62
Gráfico 13– Efetivo de Rebanho (1984-2014) em Santa Quitéria-CE.	63
Gráfico 14– Número de beneficiários do programa bolsa família em Santa Quitéria.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Material geocartográfico e dados socioeconômicos	40
Quadro 2- Práticas de manejo observadas em Santa Quitéria-CE.....	65
Quadro 3- Descrição das Classes de mapeamento de Uso da Terra.....	69
Quadro 4- Classes de mapeamento padrão na imagem e registro fotográfico.....	70
Quadro 5– Variáveis utilizadas em cada simulação	76
Quadro 6– Resultado do IPD nas três simulações	77
Quadro 7 - Amostras de carbono orgânico e características da área	81
Quadro 8 – Carbono Orgânico das amostras por ordem de concentração	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultados brutos e valores padronizados do índice de propensão a desertificação.. 74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASD	Áreas Susceptíveis à Desertificação
CE	Ceará
CENBIO	Centro Nacional de Referência em Bioenergias
CO	Carbono Orgânico
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
DER	Departamento Estadual de Rodovias
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
EMATERCE	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
IBGE	Indústrias Nucleares do Brasil
IDACE	Instituto do Desenvolvimento Agrário do Ceará
IDEF	Instituto para o Desenvolvimento da Economia Familiar
INB	Indústrias Nucleares do Brasil
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IMA	Índice Municipal de Alerta
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IPD	Índice de propensão a desertificação (IPD)
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social
MO	Matéria Orgânica
NDVI	Difference Vegetation Index
ONU	Organização das Nações Unidas
PAE	Programa de Ação Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação
PAN	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
SDA	Secretaria do Desenvolvimento Agrário
SEAGRI	Secretaria de Agricultura e Pecuária

SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SR	Sensoriamento Remoto
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
UNCCD	Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação
UTM	Universal Transversa de Mercator
VANT	Veículo aéreo não tripulado
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
ha	Hectares
Kg	Quilogramas
Km ²	Quilômetros quadrados
m ³	Metro Cúbico
R\$	Reais
T	Toneladas
Meq/ml	Miliequivalente por mililitros
CO ²	Dióxido de Carbono

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL, DESERTIFICAÇÃO E PRESSÃO DO USO DA TERRA AOS RECURSOS NATURAIS	21
2.1 Uso e cobertura da terra e degradação ambiental	24
2.2 Caatinga como matriz energética do semiárido	29
2.3 Utilização dos recursos naturais da Caatinga	27
3 INDICATIVOS DE DESERTIFICAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	31
3.1 Índice de Propensão a Desertificação.....	34
3.2 O SIG e Sensoriamento remoto no estudo do uso e cobertura da terra.....	35
3.3 Carbono orgânico, uso do solo e degradação ambiental	37
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	39
4.1 Topologia da Pesquisa.....	39
4.2 Área de estudo	39
4.3 Coleta de dados e informações	40
4.4 Diagrama esquemático da pesquisa	41
4.5 Procedimentos técnicos e operacionais	42
4.6 Etapa de campo	43
4.7 Cálculo do Índice de Propensão a Desertificação para o município	45
5 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS PARA ESTUDO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM SANTA QUITÉRIA	46
5.1 Agricultura.....	47
5.2 Silvicultura e extração vegetal.....	57
5.3 Estrutura Fundiária.....	60
5.4 Pecuária	62
5.5 Extração Mineral.....	67
5.6 Benefícios Sociais	68
6 MAPEAMENTO, ÍNDICE DE PROPENSÃO A DESERTIFICAÇÃO E CARBONO ORGÂNICO: SUBSÍDIO À INVESTIGAÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL ...	69
6.1 Mapeamento e Classes de mapeamento	69
6.2 Índice de propensão a desertificação (IPD).....	74
6.3 Carbono Orgânico	78
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88

REFERÊNCIAS.....	92
-------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

A degradação da terra é um dos resultados mais catastróficos que ocorrem em termos globais. A superexploração dos recursos naturais juntamente com os fatores socioeconômicos corrobora com o empobrecimento dos ecossistemas, podendo desencadear em áreas de climas áridos, semiáridos e subúmidos secos, os processos inerentes à desertificação. O Plano de Ação e Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (BRASIL, 2004) define degradação da terra como a perda de produtividade em decorrência de fatores como erosão do solo, diminuição da fertilidade do solo e perda da vegetação.

Nesse sentido, um olhar sobre o uso dos recursos naturais da Caatinga se faz necessário. Segundo Sampaio (2010), a extração de lenha e transformação do meio natural em pastagem nativa para criação dos rebanhos (bovinos, caprinos e ovinos) ou a criação de um sistema de agricultura itinerante, vem formando um imenso mosaico de áreas em distintos estágios de conservação. Ademais, o uso da terra no semiárido sem o manejo adequado tem contribuído para a degradação das terras nesses locais, uma vez que estas atividades agrosilvipastoris, além de reduzirem a cobertura vegetal, vêm modificando fatores geográficos e pedológicos muitas vezes desencadeando o processo de desertificação.

No bioma Caatinga, no que diz respeito à pressão exercida pela população sobre os recursos naturais da área, os períodos de secas recorrentes e a exploração indiscriminada dos recursos têm ocasionado a degradação ambiental de muitas áreas no estado Ceará. Em alguns locais do estado já se constata evidências do processo de desertificação (CARVALHO *et al.*, 2014).

Segundo O Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação do Ceará (PAE), o processo de desertificação pode ser entendido como um agente ocasionador da pobreza e também uma consequência desta. A pobreza, pode potencializar o mau uso dos recursos disponíveis por meio do desmatamento ou extrativismo vegetal e mineral indiscriminado. A manutenção dos baixos níveis educacionais também é considerado um catalisador dos processos de degradação ambiental. Diante disso, a análise de dados socioeconômicos (beneficiários de programas sociais, estrutura fundiária, escolaridade, renda e outros) pode revelar as formas de relações do homem com os recursos naturais.

Nesse contexto, Foley et al. (2005) reiteram que o uso da terra tem sido diretamente associado às questões ambientais. As mudanças ocorridas na forma de uso influenciam na disponibilidade dos recursos (água, florestas, solo), além de revelar a capacidade dos ecossistemas para sustentar a produção de alimentos. A mudança de uso/cobertura da terra desempenha um papel central no aspecto de desenvolvimento socioeconômico regional, uma vez que está associada à pobreza e empobrecimento das populações.

Inseridos nesse âmbito, o manejo inadequado das terras no semiárido ocasiona o desgaste do solo e degradam a cobertura vegetal, modificando a paisagem. Segundo Santos et al. (2014) as modificações no uso e na cobertura da terra interferem na ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, no estoque de carbono (C) e na matéria orgânica do solo. Desta forma, justifica-se a presente pesquisa, pela necessidade de diagnosticar o uso da terra nos dias atuais. Por se tratar de uma temática local/regional, os resultados da pesquisa poderão servir de base para o planejamento ambiental municipal, no diagnóstico e na orientação a resoluções de problemas ambientais, em que as necessidades humanas e a conservação dos recursos naturais possam ser melhores manejados.

No intuito de colaborar com a discussão sobre a degradação ambiental no âmbito das áreas susceptíveis à desertificação, desdobramentos e causas desse processo a nível local, propõe-se um olhar ao município de Santa Quitéria, localizado no Sertão de Crateús, como um representante das conseqüências geradas por esse fenômeno. Delimita-se o objeto da pesquisa: O uso da terra, as variáveis socioeconômicas e biofísicas como fatores indicativos do nível de degradação no município de Santa Quitéria-CE.

Diante do exposto a presente pesquisa tem por objetivo geral investigar se a pressão do uso e a exploração econômica dos recursos naturais têm contribuído para a degradação ambiental no município de Santa Quitéria-CE. Para atingir esse objetivo supracitado, foram traçados alguns objetivos específicos, (1) Realizar o mapeamento do uso da terra no município relacionando com o grau de degradação; (2) Levantar o histórico de uso da terra com embasamento de aspectos socioeconômicos, (3) Caracterizar as mudanças do uso na terra, manejo e os possíveis fatores de degradação, (4) Comparar o resultado do mapeamento com o índice de vulnerabilidade à desertificação (IPECE, 2009a) para o município.

A dissertação estruturou-se em dois capítulos de referencial teórico, sendo o primeiro “Degradação ambiental, desertificação e pressão do uso da terra aos recursos naturais”, em que abordou-se sobre a temática da degradação no semiárido no contexto das Área Susceptíveis a desertificação (ASD), além do uso da terra e a pressão sobre os recursos naturais da caatinga. No capítulo seguinte, “Indicativos de desertificação e degradação ambiental” explanou-se sobre indicadores utilizados para mensuração e estudo do nível de degradação no semiárido. Em relação aos aspectos metodológicos utilizaram-se dados Socioeconômicos, Índice de Propensão a Desertificação (IPD) para analisar o cenário de degradação na área estudada, além do uso de técnicas de geoprocessamento para realizar o mapeamento do nível de degradação e análise de carbono orgânico do município.

2 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL, DESERTIFICAÇÃO E PRESSÃO DO USO DA TERRA AOS RECURSOS NATURAIS

Na legislação Brasileira o termo degradação ambiental está definido na Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente, artigo 3, inciso II, tem-se o seguinte conceito alusivo: “degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente” (BRASIL, 1981, p.1).

No nos anos de 1970, um estudo pioneiro para época foi realizado pelo ecólogo pernambucano João Vasconcelos Sobrinho no Nordeste Brasileiro, o pesquisador informava que ali estaria a surgir “um grande deserto” com todas as características ecológicas que conduziram à formação dos grandes desertos hoje existentes em outras regiões do globo (SALES, 2002). De acordo com o referido autor, as regiões semiáridas do Brasil já tinham vocação pré-desértica por um equilíbrio ecológico instável decorrente de baixas e irregulares taxas de precipitação, dos solos rasos com limitada capacidade de retenção de água, amplo fotoperiodismo e ventos secos e quentes com forte poder de desidratação (BRASIL, 2004).

Nesse âmbito, foi criado o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PAN-Brasil), lançado em 2004 é a principal base institucional brasileira sobre degradação ambiental e desertificação. Sua formulação foi pautada por estudos socioambientais referidos aos espaços que integram o Nordeste semiárido oficial, o Bioma Caatinga e as ASDs (Áreas Susceptíveis a Desertificação). Esse documento define degradação da terra como a perda de produtividade em decorrência de fatores como erosão do solo, diminuição da fertilidade do solo e perda da vegetação (BRASIL, 2004).

No escopo do referido documento tanto o caráter ambiental, como o de desenvolvimento sustentável tem foco na preservação e conservação dos recursos naturais. Nesse sentido, o PAN-Brasil atua de forma a promover mudanças nos desenvolvimentos vigentes nas ASDs sendo tratado como um programa de apoio ao desenvolvimento regional em bases sustentáveis (CARVALHO, 2009).

Nesse contexto, as ASDs são áreas que foram nomeadas por estarem em condições climáticas bastante vulneráveis, em geral, são desenvolvidas atividades predatórias que degradam os solos, os recursos hídricos e a biodiversidade, agravando de forma significativa as condições de sobrevivência humana (BRASIL, 2007; FUNCEME, 2015). De acordo com CGEE (2016), em 2016 15% do território brasileiro

Canindé, Irauçuba, Miraíma e Santa Quitéria; II – Inhamuns, que abriga os municípios de Arneiroz, Independência e Tauá; e III – Médio Jaguaribe, que abriga os municípios de Jaguaratama, Jaguaribe, Alto Santo e Morada Nova (CGEE, 2016).

De acordo com o último mapeamento realizado pela Funceme, o Ceará já apresenta 11,45% do seu território com áreas degradadas em processo de desertificação (FUNCEME, 2018). No estado a pressão sobre os recursos naturais renováveis, as condições agressivas da erosão impostas pelo clima semiárido e a pequena capacidade de proteção aos solos pelas Caatingas são fatores que corroboram com a degradação das terras no estado (CEARA, 2010).

Destarte essas condições, o estado lançou em 2010 o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação – PAE-CE, o objetivo global do programa é 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.

De acordo com Brito da Silva e Oliveira (2017, p.1279):

Nos últimos vinte e cinco anos, o mapeamento de Áreas Susceptíveis à Desertificação do Estado do Ceará tem justificado que as áreas mais comprometidas com a desertificação são a região dos Inhamuns/Sertões de Crateús, o município de Irauçuba e regiões circunvizinhas, e o Médio Jaguaribe. Mais de 90 municípios situados no Semiárido cearense apresentam um grave comprometimento de seus recursos naturais em decorrência do uso inadequado e má conservação dos recursos da vegetação, solo e água disponíveis no processo produtivo primário.

Ademais, uma área que vêm sofrendo com esse processo de degradação/desertificação, é a região dos Sertões de Crateús que faz parte da ASD-Núcleo I. Dentro dessa região administrativa, localiza-se o Município de Santa Quitéria, o maior em extensão territorial do estado. Esse município encontra-se, assim como a maioria dos municípios do sertão cearense, marcado por um manejo inadequado da pecuária, agricultura e silvicultura. Marcado pela ocorrência de práticas predatórias que contribuem para degradação das terras (FUNCEME, 2015).

Um levantamento importante nesse sentido foi o ZEE (Zoneamento Ecológico-Econômico) da ASD Núcleo I, elaborado pela FUNCEME em 2015. Esse estudo objetivou subsidiar a elaboração de planos, programas e projetos, bem como disponibilizar arcabouço teórico sobre os aspectos ambientais, sociais e econômicos, propondo alternativas para a adoção de políticas públicas capazes de atenuar os efeitos da degradação dos recursos naturais renováveis, focadas na redução da pobreza nessas

áreas (FUNCEME, 2015). O documento supracitado forneceu importantes subsídios para execução desse trabalho, principalmente na parte de mapeamento, que serviu como importante instrumento orientador na fase de planejamento da pesquisa.

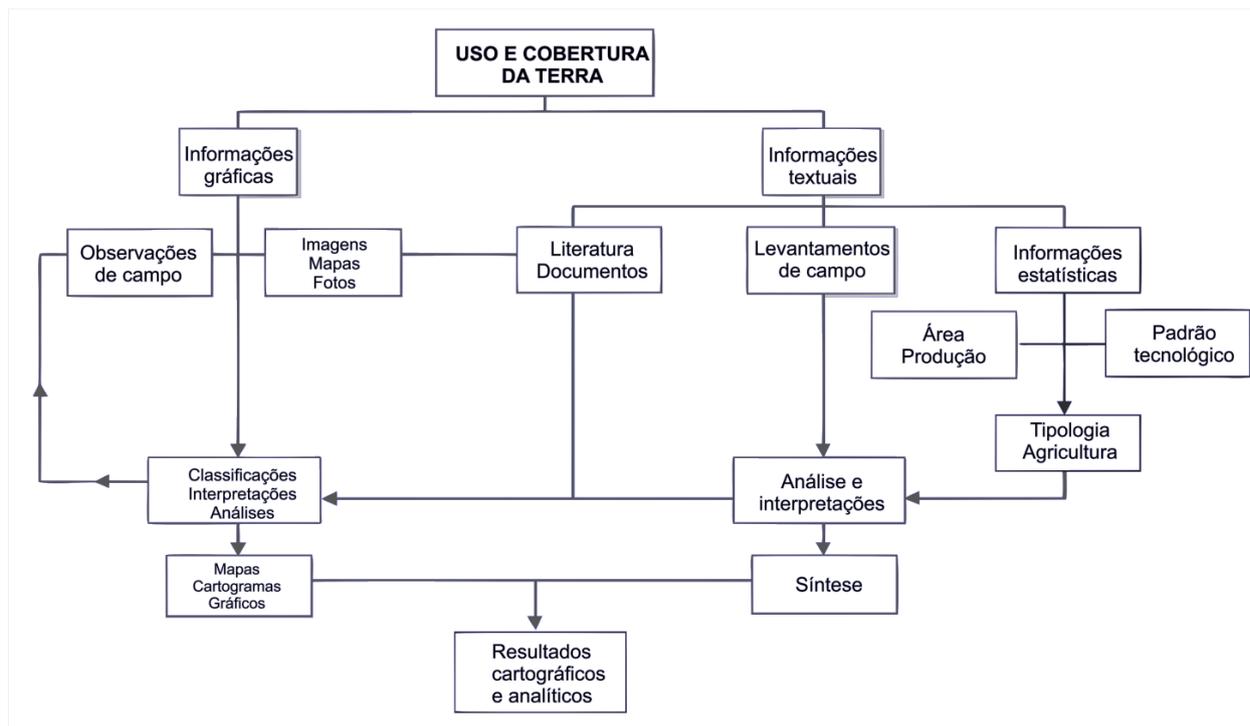
2.1 Uso e cobertura da terra e degradação ambiental

O uso e cobertura da terra ou uso e cobertura do solo são abordados em muitos estudos ambientais como importante indicador do grau de conservação de determinada região (WATRIN; OLIVEIRA, 2009; NUNES; LEITE, 2014; FERNANDES *et al.*, 2015; COELHO *et al.*, 2015). Segundo Campbell (1996), o uso da terra é resultado da interação da sociedade com seu ambiente físico, relacionado às atividades realizadas pelo homem em determinado espaço da superfície terrestre.

O termo “uso da terra” está associado a uma função socioeconômica, ou seja, os usos do espaço para diferentes fins (agricultura, habitação, proteção ambiental) (HEYMANN, 1994). Segundo Augusto, Seabra e Rangel (2012), o uso da terra é considerado a expressão das atividades humanas na superfície terrestre e está diretamente ligada ao uso da terra e seu manejo. Ademais, a cobertura da terra refere-se à distribuição dos materiais biofísicos sobre a superfície terrestre (JENSEN, 2007). De acordo com Meyer e Turner (1994), a cobertura da terra é o estado físico da terra, ela abrange a quantidade e tipo de vegetação, a água, e materiais geológicos, tipos de solo entre outros.

Segundo IBGE (2013), o conhecimento do uso da terra é relevante, a fim de assegurar a sustentabilidade quanto aos fatores ambientais, sociais e econômicos. O Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE é uma importante ferramenta na elaboração de estudos, sendo instrumento norteador de pesquisas nessa temática. A Figura 2 apresenta o diagrama esquemático da metodologia abordada no processo de levantamento e classificação do uso da terra.

Figura 2 - Etapas de levantamento e classificação da cobertura e do uso da terra



Fonte: IBGE (2013)

Ademais, os levantamentos de uso e cobertura da terra, fornecem subsídios para as análises e avaliações dos impactos ambientais provocados pelo manejo inadequado do solo e da cobertura vegetal. Nessa perspectiva o IBGE relata levantamento de uso da terra.

O levantamento da cobertura e do uso da terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura da terra, visando sua classificação e espacialização por meio de cartas (IBGE, 2013, p. 36).

Ainda nesse âmbito, o levantamento sobre o uso e cobertura da terra agrega análises e mapeamentos para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do território, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão. Esses levantamentos fornecem subsídios para as análises e avaliações do grau de degradação, avaliação da capacidade de suporte ambiental, em detrimento dos manejos empregados na produção, contribuindo assim, para indicar alternativas promotoras da sustentabilidade do desenvolvimento (IBGE, 2013).

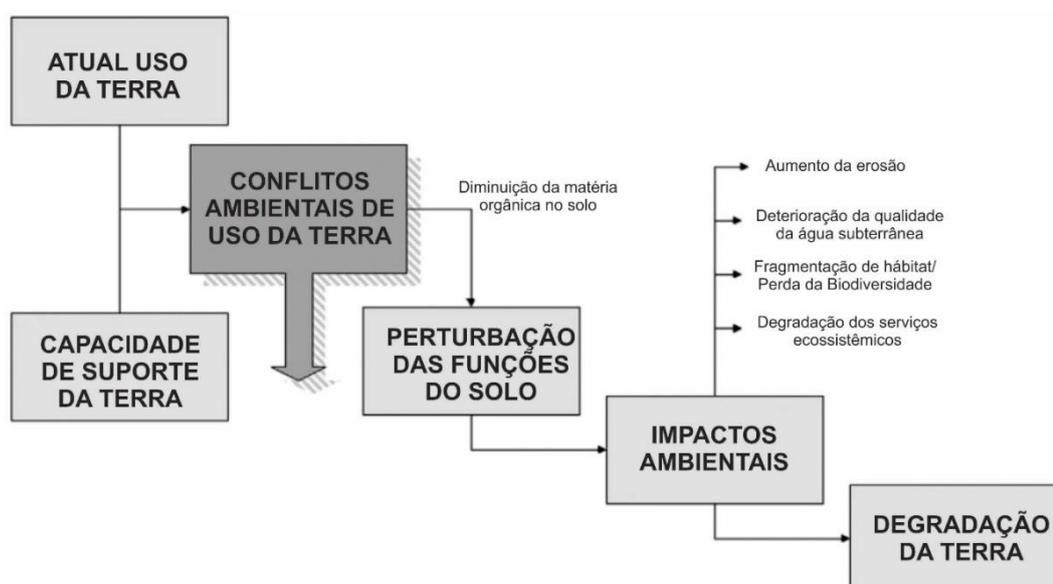
Nesse contexto, o uso adequado da terra é o primeiro passo no sentido da preservação do recurso natural solos e da agricultura sustentável (MANZATTO;

FREITAS JUNIOR; PERES, 2002). Os estudos que correlacionam à caracterização da cobertura da terra e a análise de seus diferentes usos e manejos são importantes ferramentas para a compreensão da intensidade das mudanças e o tipo das mudanças em determinadas áreas (FERREIRA, 2015).

O uso, a ocupação e a cobertura da terra podem ser sintetizados por meio de mapas. Estes indicam a distribuição espacial da tipologia da ação antrópica que pode ser identificada pelos seus padrões homogêneos característicos na superfície terrestre através de análise em imagens remotamente sensoriadas. Sua identificação, quando atualizada, é de grande importância ao planejamento e orienta à ocupação da paisagem, respeitando sua capacidade de suporte e/ou sua estabilidade/vulnerabilidade (LEITE; ROSA, 2012).

Nesse contexto, um esquema que representa o uso atual do solo (Figura 3), foi proposto por Valera *et al.* (2016). Segundo os autores a representação dos conflitos e suas consequências ocorrem na forma de uma cascata onde as consequências podem ser avaliadas independentemente umas das outras, ao mesmo tempo, são interpretados como uma cadeia de eventos interdependentes e conectados que levam à degradação da terra.

Figura 3- Conflitos de uso da terra ambiental e cascata associada de impactos.



Fonte: Adaptado de Valera et al. (2016) e Pacheco et al. (2018)

A imagem supracitada mostra que o conceito de conflito ambiental por uso da terra, segundo Valera (2016) são os desencadeadores dos demais eventos que

comprometem a qualidade do solo. Esses conflitos se desenvolvem em regiões onde a capacidade do solo é comprometida por alguma atividade antrópica alterando capacidade natural da área. A invasão de áreas florestais pela agricultura é um exemplo desse conflito. O esquema mostra que uma vez que ocorra o uso não manejado, diminuirá a matéria orgânica presente no solo, levando ao rompimento de suas propriedades físico-químicas e conseqüentemente aos impactos ambientais (erosão, diminuição da qualidade da água e declínio da biodiversidade, perda de hábitat) e posteriormente atingindo o estágio de degradação da terra.

No contexto de degradação das terras agrícolas Pacheco *et al.* (2018) relata que 40% dessas terras no mundo já se encontram degradadas. As conseqüências ambientais da degradação da terra são vastas, incluindo aumento de perdas de solo, deterioração da qualidade da água, declínio da biodiversidade e degradação dos serviços ecossistêmicos.

2.2 Utilização dos recursos naturais da Caatinga

A Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro, ocupa uma área de aproximadamente 844.453 km², o equivalente a 10% do território nacional e representa cerca de 70% da cobertura vegetal no Nordeste Brasileiro (SFB, 2013; PEREIRA, 2008). De acordo com Sampaio (2010), corresponde a uma grande extensão de terra, relativamente contínua, submetida a um clima semiárido e bordado por faixas de clima mais úmido. As plantas são altamente adaptadas à deficiência hídrica regional, com algumas espécies endêmicas e outras de ocorrência comum em áreas mais secas e mais distantes.

Nesse contexto, Araújo Filho (2002) relata sobre o histórico do uso e exploração da Caatinga ao longo dos anos. Segundo esse pesquisador o Bioma vem sendo utilizado desde tempos pré-descobrimientos como fonte de alimentos para a população humana, seja pela ação catadora de frutos e caçadora dos indígenas, seja pela exploração agrícola, pastoril e madeireira, intensificadas a partir da colonização pelo homem branco. A ação dos povos indígenas sobre os recursos naturais da Caatinga é pouco conhecida. Sabe-se, porém, que mesmo entre esses povos já havia a prática de se queimar a vegetação seca para facilitar a caça de animais silvestres (ARAÚJO FILHO, 2002).

A Caatinga é um dos biomas brasileiros mais alterados pelas atividades antrópicas ao longo dos séculos, seja pela atividade agrícola, pecuária, extrativismo ou pressão populacional (SAMPAIO, 2003). Trata-se do bioma semiárido mais populoso

do mundo com cerca de 28 milhões de habitantes. Exercendo a vegetação da Caatinga um importante papel de proteção e conservação dos recursos naturais, pois mesmo decídua não deixa de desempenhar a função de proteger o solo contra as intempéries (CGEE, 2016a).

Segundo Sá *et al.* (2010), o desmatamento desenfreado é a principal causa de erosão na região, visto que a conservação da vegetação é um fator para o controle do escoamento das águas pluviais sobre a superfície do solo, melhorando a taxa de infiltração e a capacidade de armazenamento de água pelo solo, bem como a redução da velocidade de escoamento superficial, evitando dessa maneira a erosão e perda do material superficial do solo.

Nesse enfoque, um problema existente na região são as atividades agrosilvipastoris e o tipo de manejo aplicado, o qual faz uso de corte e queimada. Os processos erosivos provocados pela retirada da cobertura vegetal, sem o manejo adequado, ocasionam a perda dos solos, que já são naturalmente rasos. As queimadas comprometem a concentração de nutrientes no solo, pois a alta temperatura do fogo destrói os microrganismos responsáveis pela manutenção da fertilidade orgânica, ocasionando a queda da capacidade produtiva da terra (SANTOS, 2011).

Apesar de essenciais do ponto de vista econômico, o ônus relacionado ao crescimento das atividades agrossilvipastoris é a formação de pastos plantados (geralmente com espécies exóticas), que ocasionam o declínio da vegetação nativa e a produção de produtos lenhosos com cortes repetidos e ciclos de curta duração, tais fatores contribuem para o decaimento da diversidade da flora nativa. Conseqüentemente, esses usos demasiados e não manejados podem provocar o desaparecimento de espécies-chave que sejam importantes para o ciclo ecológico dos ecossistemas (SÁ; ANGELOTTI, 2009).

Segundo Oliveira (2006), a pecuária extensiva praticada no semiárido cearense provoca o aumento da exploração dos recursos naturais, tanto pela pressão gerada à vegetação nativa, que é consumida pelos rebanhos, quanto pela compactação do solo pelo pisoteio excessivo dos animais (sobrepastejo). Via de regra, os criadores aumentam o número de bovinos, caprinos e ovinos além da capacidade de suporte do ecossistema, que é naturalmente baixa.

Estima-se que os índices produtivos das atividades agrícolas, pastoris e madeireiras no Ceará são representativamente baixos e aquém do seu potencial, isso pode ser explicado pelo modelo exploratório adotado por essas atividades. A agricultura migratória é um exemplo de atividade que vem contribuindo para esse estado. Esse tipo

de agricultura envolve desmatamento, queima e colheita, devendo adotar-se um pousio de pelo menos 40 anos. Os produtores, em geral, não respeitam esse período indicado, adotando um intervalo de em média 10 anos. Desta forma, o solo não tem tempo para se recuperar, sendo ultrapassada sua capacidade produtiva. Diante da perda do potencial produtivo das terras agrícolas, cresce a atividade pecuária representada, principalmente, por rebanhos de caprinos, ovinos e bovinos, sujeitando essas áreas ao sobrepastoreio (CEARA, 2010).

2.3 Caatinga como matriz energética do semiárido

O uso de produtos florestais para atender as diversas demandas da sociedade e o seu impacto sobre a conservação das florestas é uma preocupação global. A atenção mundial é orientada para as florestas tropicais úmidas, enquanto grandes reservas de madeira e de carbono. Contudo, as regiões semiáridas e áridas geralmente se destacam pela densidade populacional e consequente importância e intensidade de uso dos recursos florestais (NDAGIJIMANA; PAREYN, RIEGELHAUPT, 2015).

Economicamente, no semiárido as árvores da Caatinga são utilizadas tanto na geração de energia para indústrias e residências, quanto para a obtenção de produtos florestais não madeireiros, a exemplo da pastagem animal, mel, frutos e fibras (GARIGLIO *et al.*, 2010). Segundo Alves (2009), as principais utilizações dos recursos madeireiros da Caatinga são para transformação da madeira em carvão, extração de lenha para abastecer as fábricas de beneficiamento de minério, padarias, caieiras, olarias e consumo doméstico. Além do uso das espécies lenhosas, a vegetação da Caatinga fornece também postes e varas para confecção de cerca (ARAÚJO FILHO, 2013).

A lenha é o principal produto madeireiro usado como recurso energético do semiárido, que responde por cerca de 30% do consumo de energia da região nordestina (SAMPAIO, 2002). Pesquisas demonstraram que na pequena propriedade a lenha é utilizada sem distinção de espécies. Contudo, à medida que o tamanho da propriedade aumenta, a coleta de lenha passa a se concentrar em um número limitado de espécies, com destaque para o sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), a catingueira (*Poincianella pyramidalis*), a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e o pau-branco (*Cordia oncocalyx*). Araújo (2010) destaca que parte dessa lenha vai para a produção de carvão em fornos trincheiras que possui eficiência limitada, onde cada 100 kg de lenha produzem 8 kg de carvão.

Diante disso, o aumento gradual da produção de lenha e o não reflorestamento têm resultado na aceleração do processo de exaustão dos recursos florestais da Caatinga (ARAÚJO FILHO, 2013). Em estudo realizado por MMA realizado na Caatinga entre 2002 a 2009 revelou que 2% de sua área original já foi devastada (MMA, 2012).

As consequências do modelo extrativista predatório existente na Caatinga refletem principalmente nos recursos naturais renováveis, além da perda da diversidade florística e faunística, a aceleração do processo de erosão e declínio da fertilidade do solo e da qualidade da água pelo assoreamento dos corpos hídricos. Em relação à vegetação pode-se afirmar que acima de 80% da Caatinga são sucessionais, cerca de 40% são mantidos em estado pioneiros de sucessão secundária (DRUMOND *et al.*, 2003).

Freitas Filho e Souza (2014) citam que ao longo dos anos as atividades humanas têm desencadeado diversos impactos no bioma Caatinga, provocando processo de alteração e degradação ambiental dos seus recursos naturais. O manejo incorreto tem causado a extinção de espécies endêmicas, o comprometimento de processos ecológicos chaves e a formação de extensos núcleos de desertificação em várias áreas da região.

No estado do Ceará a Caatinga representa 88% dessa cobertura vegetal (SFB, 2018). No contexto de desmatamento, o último levantamento oficial realizado analisou o período de 2002 a 2009, esse estudo encontra-se com mais de 10 anos e o estado do Ceará foi à segunda unidade da federação com mais áreas desmatadas, totalizando 4573 km². O estado também contou com sete municípios (Acopiara, Tauá, Boa Viagem, Crateús, Santa Quitéria, Barro e Saboiero) no ranking dos 20 que mais desmataram a Caatinga no período analisado (MMA, 2012). Diante do exposto, se faz importante entender como exploração e uso os recursos florestais refletem no processo de degradação, uma vez que é uma atividade recorrente no semiárido e no Ceará.

3 INDICATIVOS DE DESERTIFICAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

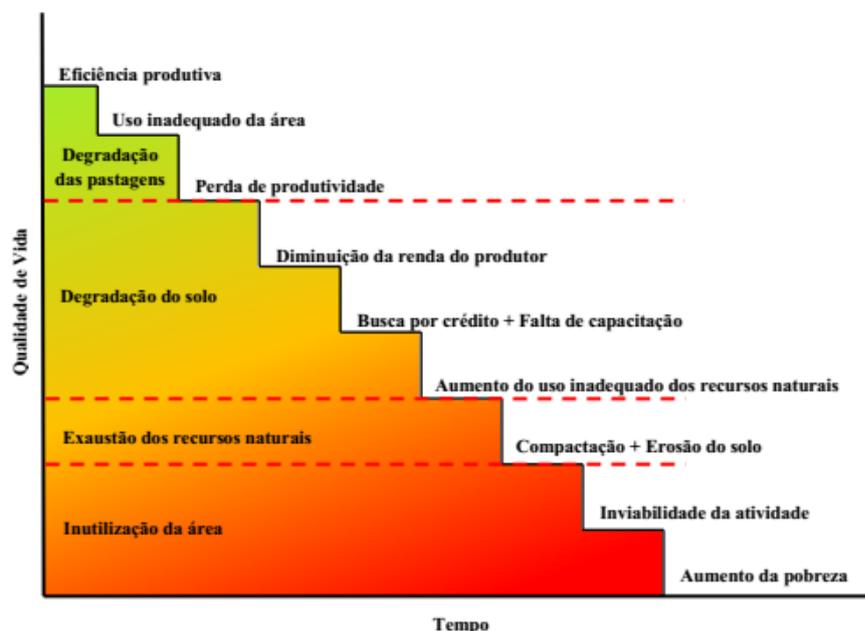
A Convenção das Nações Unidas para a Luta Contra a Desertificação (UNCCD), atribui a origem da desertificação a interações complexas entre fatores físicos, biológicos, políticos, sociais, culturais e econômicos (BRASIL, 2004). Como se pode verificar, desertificação é o resultado acumulado de um contexto climático severo (secas) e da utilização inapropriada das terras. Podem-se destacar quatro atividades humanas que constituem suas causas mais diretas: o cultivo excessivo desgasta o solo, sobrepastoreio e desmatamento, que destrói a cobertura vegetal que protege o solo da erosão, e a prática da irrigação de terras inapropriadas provocando, dentre outros problemas, o de salinização dos solos (SÁ; FOTIUS; RICHÉ, 1992).

Devido à falta de estratégias alternativas de sobrevivência, muitos agricultores utilizam os recursos naturais de maneira intensiva, como a vegetação que serve de alimento, a água para beber e para higiene, a lenha como fonte de energia, que normalmente não se recuperam naturalmente em um curto intervalo de tempo (DRUMOND et al., 2004). Nesse contexto, a degradação ambiental está principalmente ligada a fatores antrópicos que quando associada às condições climáticas semiáridas acabam piorando ainda mais essa degradação, sem perspectivas concretas para o desenvolvimento sustentável (SILVA et al., 2018)

Segundo Bezerra (2016), o uso excessivo não-sustentável dos recursos naturais contribui para o declínio acentuado da capacidade de recomposição do capital econômico desencadeando a perda da qualidade de vida, uma vez que ocasiona a sobre-exploração dos recursos existentes, causando a inviabilidade de qualquer atividade produtiva e o aumento do nível de pobreza das comunidades beneficiadas com estas atividades.

O modelo esquemático proposto por Bezerra et al. (2009) segue os moldes de uma cascata onde os eixo x representa o tempo e o y, qualidade de vida. No topo do esquema está a eficiência produtiva, ou seja, a maior qualidade de vida. Conforme as atividades predatórias, manejo inadequado se intensificam ao longo do tempo, geram a diminuição da qualidade de vida em um efeito avalanche, por eventos como a diminuição de renda e aumento da pobreza (Figura 4).

Figura 4- Representação gráfica simplificada da relação entre a degradação do solo e da qualidade de vida.

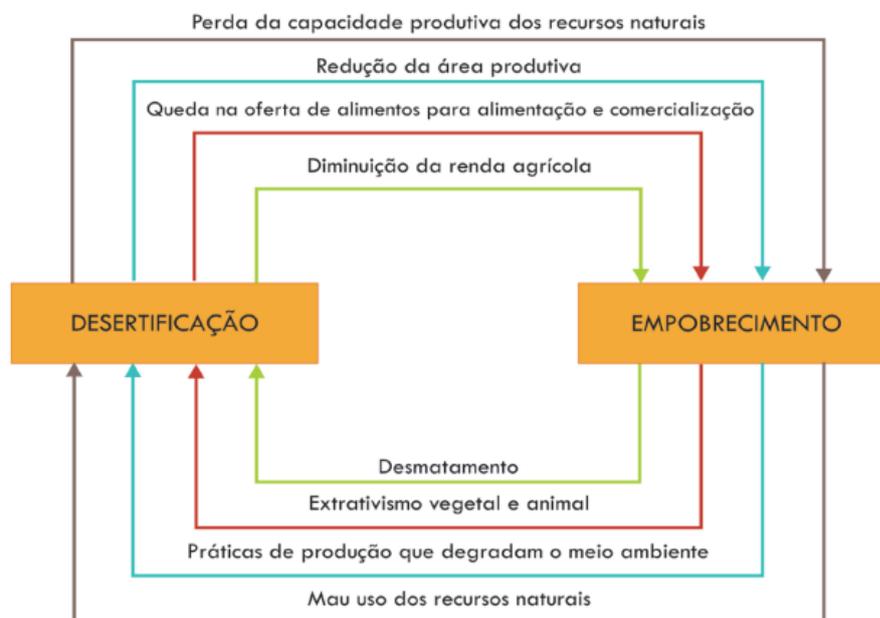


Fonte: Adaptado de Bezerra et al. (2009)

Inseridos nesse âmbito segundo Ceará (2010), a pobreza atua simultaneamente na expansão da desertificação e na diminuição da resiliência das populações mais afetadas pelo fenômeno, no caso os moradores da zona rural. De acordo com Bianchi (2005), o atual modelo socioeconômico e político do país contribui, de maneira substancial, para o uso irracional dos recursos naturais. A degradação ambiental é uma consequência quase inevitável desse modelo.

Diante de tal afirmação o PAE-CE, traz uma relação entre empobrecimento e desertificação, chamada de Ciclo Vicioso Resultante da Relação Bicausal entre Desertificação e Empobrecimento (Figura 5).

Figura 5- Ciclo Vicioso Resultante da Relação Bicausal entre Desertificação e Empobrecimento



Fonte: CEARÁ (2010)

Por essa relação Bicausal entende-se a ligação e interferência mútua nos fatores empobrecimento e desertificação, onde a alteração de determinado componente interfere no outro, como um ciclo fechado.

Sobre o Ciclo Bicausal da Degradação Ceará (2010) explica:

À medida que a desertificação compromete a fertilidade do solo, a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos, a produtividade das culturas, a quantidade de terra arável, a produção de alimentos nutritivos para a subsistência e comercialização acentuam-se os problemas sociais como desemprego, baixo nível de renda e êxodo rural e agrava-se a condição de pobreza. A pobreza, por sua vez, potencializa o mau uso dos recursos disponíveis, o desmatamento, a prática de atividades alternativas como extrativismo vegetal e mineral, contribui para a manutenção dos baixos níveis educacionais e agindo como um catalisador para os processos de degradação ambiental. (CEARA, 2010, p.58).

Diante do arcabouço apresentado, observa-se uma tendência dos fatores socioeconômicos (e não apenas biofísicos) como identificadores da degradação ambiental. Estudos com base em indicadores socioeconômicos (SOBRINHO, 1997; ARAÚJO, 2002; MATALLO JUNIOR, 2001; SAMPAIO; ARAUJO; SAMPAIO, 2005; RODRIGUES, 2006; IPECE, 2009; ARAUJO, 2016; BECERRIL-PIÑA *et al.*, 2015; ALVES; AZEVEDO; CANDIDO, 2017) se mostraram eficazes para diagnóstico e correlação da degradação ambiental. Nesse contexto, Lemos (2001) descreveu que as

atividades agrícolas não manejadas praticadas por pequenos produtores exploram a terra intensivamente até a exaustão da sua fertilidade natural.

Esse tipo de exploração ocorre devido ao extremo nível de pobreza em que vivem as famílias nessas regiões, pois precisam tirar o sustento da terra e muitas vezes não tem condições de esperar o estado de regeneração natural da mesma.

3.1 Índice de Propensão a Desertificação

Um estudo de IPECE (2009) que consistiu no cálculo de um índice de propensão a desertificação, constatou que há uma correlação inversa entre desenvolvimento e desertificação para os municípios cearenses. Em média o baixo nível de desenvolvimento está presente em locais com elevado nível de desertificação ou com propensão para tal, como é o caso do semiárido cearense.

Segundo Viana e Rodrigues (1999), a construção do índice, a partir de variáveis que podem estar correlacionadas com a degradação ambiental, se mostra importante para lançar luz sobre avanço do fenômeno. Uma vez que faltam variáveis mais específicas sobre a degradação dos solos e da cobertura vegetal.

A metodologia para identificar a propensão dos municípios à desertificação inclui os principais fatores que contribuem para o processo, deve considerar sua aplicabilidade e disponibilidade dos dados. As variáveis escolhidas para compor o Índice de Propensão à Desertificação se dividem em dois grupos: Fatores Antrópicos e Fatores Naturais. A seguir, descrevem-se as mesmas de acordo com as simulações realizadas (IPECE, 2009a).

Os fatores antrópicos tratam-se de: Percentual (%) de Área Cultivada/Área Estabelecimentos Agropecuários - Censo agropecuário IBGE (2017); Valor da produção das lavouras/ hectare. R\$ (2017) - Censo agropecuário IBGE (2017); vallav/poptot R\$ (2009) - valor da produção agrícola dividida pela população total estimada do município- Censo agropecuário IBGE (2017); Carvão vegetal (Toneladas) (2017) – Extração Vegetal e Silvicultura IBGE (2017); Lenha + madeira em Tora (m³) (2017) – Extração Vegetal e Silvicultura IBGE (2017); N° de Focos de Incêndios (2017) – Programa Previna – FUNCEME (2017); Rebanho Ovinocaprino/km² (2017) – Pecuária municipal – IBGE (2017); Rebanho Bovino/km² (2017) - Pecuária municipal – IBGE (2017); Número de bolsas família/família cadastradas – MDS (2017); Anos de Estudo (2010) – Atlas do Desenvolvimento Humano- PNUD (2010); Percentual (%) de Terras

degradadas e inaproveitáveis em relação à área dos Estabelecimentos Agropecuários (2017)- Censo agropecuário IBGE (2017); Percentual (%) de estabelecimentos agropecuários (Unidades) menores que 10 hectares (2017) Censo agropecuário IBGE (2017); Porcentagem(%)de estabelecimentos agropecuários (Unidades) < 10 hectares- Censo agropecuário IBGE (2017); Produtividade do Feijão (kg/ha) – Produção Agrícola Municipal (2017) ;Produtividade do Milho (kg/ha) (2008) - produção física do milho em quilogramas por hectare; Percentual (%) de Área c/ Matas e florestas em relação a área dos estabelecimentos Agropecuários (2017) - Censo agropecuário IBGE (2017).

Os Fatores naturais, são divididos em seis sendo: Percentual (%) de perda de safra (2017) – Produção agrícola municipal – IBGE (2017); Índice de distribuição de chuvas (2017) - Índice Municipal de Alerta (IMA) - IPECE (2017); Desvio Normalizado jan-jun (2017) - Índice Municipal de Alerta (IMA) - IPECE (2017); Índice de Aridez (2017)- Índice Municipal de Alerta (IMA) - IPECE (2017); Climatologia (2017) - medida pela média de precipitação pluviométrica na sede do município nos últimos 30 anos da FUNCEME (2017);Qualidade da água - a salinidade mede o teor de sais dissolvidos na água (meq/ml) – COGERH (2017);

O índice especifica uma classificação dos municípios cearenses especificando três classes de vulnerabilidade, descritas da seguinte forma: **Classe 1:** alta vulnerabilidade, para o índice com valores valor acima de 0,45; **Classe 2:** média vulnerabilidade, para o índice com valor maior que 0,35 e menor ou igual à 0,45; **Classe 3:** baixa vulnerabilidade, para o índice com valor menor de 0,35.

3.2 O SIG e Sensoriamento remoto no estudo do uso e cobertura da terra

Os SIGs (Sistema de Informações Geográficas) tornaram-se tecnologias importantes para análise de informações especializadas, permitindo maior compreensão dos processos e fenômenos que ocorrem nos territórios. Isso porque a tecnologia dispõe de um conjunto de ferramentas que facilitam a apresentação das informações de maneira que analise se adquiere de um caráter mais prático, permitindo uma tomada de decisão mais coerente e acertada com a realidade de diferentes regiões do planeta (GARCIA,2014)

Segundo Florenzano (2008), o sensoriamento remoto é a tecnologia de aquisição à distância de dados da superfície terrestre, isto é, por meio de sensores

instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais (satélites). O sensor capta energia (radiação eletromagnética) refletida ou emitida pela superfície em diferentes comprimentos de onda ou frequência.

O SIG (Sistema de Informações Geográficas) é um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido (FITZ, 2008), ademais Langley *et al.* (2013) relata que os SIGs controlam não apenas eventos, atividades e coisas, mas também onde estes ocorrem.

Os dados de sensoriamento remoto mostram-se como uma fonte acessível e alternativa com melhor relação custo-benefício, se comparado às técnicas tradicionais de levantamento de campo que demandam maior tempo, custo e trabalho intensivo, o que torna o monitoramento sistemático em maior escala oneroso e de difícil implementação (CHEN *et al.*, 2013; MARIANO *et al.*, 2018).

Ademais, as técnicas de sensoriamento remoto tornam-se imprescindíveis para aquisição de informações sobre a superfície terrestre, formando um conjunto de ferramentas utilizáveis em planejamentos e zoneamentos. A confiabilidade e a agilidade no processo de sensoriamento, permite uma maior facilidade na aquisição dos dados que são importantes para o mapeamento de uso e ocupação do solo em uma determinada região (PAULA; CABRAL; MARTINS, 2012).

Florenzano (2002) cita que as mudanças no uso do solo podem ser verificadas por meio de estudos realizados com imagens obtidas em diferentes datas por sensoriamento remoto, pois sensores a bordo de satélites coletam dados da superfície terrestre de forma sistemática e repetitiva (resolução temporal). Os produtos multi-temporais do sensoriamento remoto que fornecem dados importantes sobre as características ambientais quando combinados concomitantemente com SIGs, proporcionam informações valiosas sobre os mecanismos de degradação (GAO; ZAO; NI, 2001; LOPES *et al.*, 2010; COELHO *et al.*, 2014)

Nesse contexto, Pancher *et al.* (2013) recordam que dentre os mapas temáticos derivados das tecnologias de geoprocessamento destaca-se o mapa de uso e ocupação do solo como ferramenta indispensável em estudos ambientais, na tomada de decisão em ordenamento e planejamento do território, e na definição de políticas públicas de gestão de recursos naturais.

Pesquisas sobre uso e cobertura realizadas por Andrade e Oliveira (2004), Freitas Filho e Souza (2014), Crepani *et al.* (2008), Cunha *et al.* (2012), Funceme

(2015), Fernandes et al. (2015), Mariano et al. (2018) a atestam sobre emprego de imagens orbitais e SIG como ferramentas para a detecção, avaliação e monitoramento espaço-temporal dos problemas relacionados ao meio ambiente. Destacam-se também a importância desse tipo de estudo de fácil visualização e entendimento, não só pelos órgãos de administração pública, mas também pelos agentes econômicos e pela própria população, visando ao seu exercício de cidadania (CREPANI et al., 2008). Nesse contexto, o SIG e Sensoriamento Remoto aplicado ao estudo do uso e cobertura da terra propiciam a integração e comparação de elementos, facilitando a tomada de decisões e reorientações (quando necessárias), de políticas de conservação, uso e ocupação do solo. Sendo o mapa de uso e ocupação das terras uma ferramenta importante sob a perspectiva da compreensão dos padrões de organização do espaço cada vez mais alterado pelo homem e pelo desenvolvimento tecnológico (ROSA, 2011).

3.3 Carbono orgânico, uso do solo e degradação ambiental

A matéria orgânica (MO) é um dos atributos do solo mais sensível às transformações desencadeadas pelos sistemas de manejo. A sua importância em relação às características químicas, físicas e biológicas do solo é amplamente reconhecida e sua influência nas características do solo e a sensibilidade às práticas de manejo determinam que ela seja considerada um dos principais atributos na avaliação da qualidade do solo (ROMAO, 2013). De acordo com Schjonning et al. (2002) e Reeves (1997), o teor de matéria orgânica é o melhor indicador da qualidade do solo e da sustentabilidade do ecossistema.

Nesse sentido, Spagnollo (2004), relata que a qualidade do solo pode ser diminuída pelas mudanças no uso da terra, especialmente o cultivo em áreas desflorestadas. Cerri et al. (2007) e Six et al. (2002) denotam que de todo o carbono orgânico (CO) presente no solo, parte encontra-se na forma de matéria orgânica o qual pode ser retido ou liberado pelo solo. FAO (2017) afirma que solos com teor de carbono orgânico elevado são mais férteis e produtivos e atuam na purificação da água e são fonte de biodiversidade. Esse estudo acrescenta ainda que quando o solo é mal manejado ou degradado (situação que atinge um terço dos solos no mundo), o carbono sequestrado e outros gases de efeito estufa resultantes da degradação são re-liberados de volta para a atmosfera.

Segundo Embrapa (2017, p. 1) “o carbono do solo é uma propriedade vital, que está relacionada com emissão de gases de efeito estufa, mitigação do aquecimento

global e fertilidade do solo, além disso, é uma propriedade guarda-chuva, que transmite informação sobre a qualidade do solo em geral, incluindo dados sobre a química, física e biologia da terra”. Para além da sua importância no controle de emissões de CO₂ para a atmosfera, Angelloti *et al.* (2010) relatam que uma série de trabalhos científicos recentes têm objetivado quantificar os reservatórios de carbono orgânico no solo em diferentes regiões semiáridas do mundo, bem como determinar os fatores que controlam a sua dinâmica.

No semiárido tropical brasileiro, estão sendo realizados estudos em relação ao balanço de carbono em área de vegetação nativa e antropizadas, primeiramente relacionadas com a pecuária e agricultura de sequeiro (ANGELLOTTI *et al.*, 2010). Nesse contexto, áreas com manejo adequado tendem a apresentar aumento da concentração de carbono orgânico, os autores ainda relatam que pesquisas direcionadas a determinação do estoque de carbono orgânico no solo ainda são incipientes no semiárido tropical brasileiro.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Topologia da Pesquisa

O presente estudo trata-se de uma pesquisa topologicamente descritiva exploratória com abordagem quali-quantitativa. A pesquisa exploratória foi abordada para ter-se uma visão geral do objeto estudado e devido a pouca abordagem do tema na literatura científica, tendo seu aporte baseado em Gil (2008):

Pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis (GIL, 2008, p. 27).

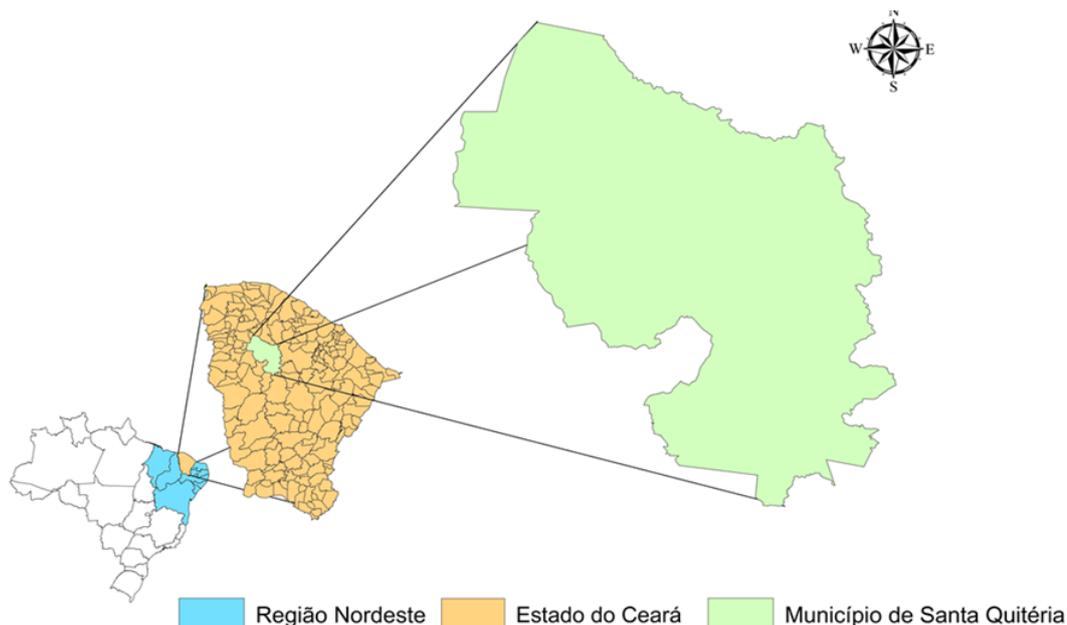
Já a abordagem descritiva, conforme descrito por Gil (2008), tem por particularidade de descrever as características de determinadas populações ou fenômenos. Uma de suas peculiaridades está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática. Foram utilizadas pesquisa de campo e levantamento bibliográfico, lavamento de dados secundários e cálculo de índice como fontes de informação para composição do escopo do estudo.

O procedimento técnico adotado foi o estudo de caso, de acordo com Severino (2007, p.121) trata-se da “Pesquisa que se concentra no estudo de um caso particular, representativo de um conjunto de casos análogos, por ele significativamente representativo”.

4.2 Área de estudo

A área estudada foi o município de Santa Quitéria, localizado no noroeste cearense, possuindo uma área de aproximadamente 4.260,8 km², sendo o maior município do estado em extensão territorial (IBGE, 2010). Segundo IPECE (2015) o município de Santa Quitéria está submetido às condições climáticas e hidrológicas do clima tropical quente semiárido. Os índices pluviométricos médios anuais são de 799,8 mm. O território municipal é drenado na quase totalidade pela bacia hidrográfica do Acaraú, e em menor proporção por tributários da Bacia do Rio Banabuiú (Figura 6).

Figura 6– Localização do Município de Santa Quitéria-CE.



4.3 Coleta de dados e informações

Os dados cartográficos utilizados foram imagens de satélite Landsat 8, sensor Operational Land Imager (*OLI*), selecionou-se as cenas órbitas-ponto 217/063 e 218/063, bandas multiespectrais, com resolução espacial de 30 m. As imagens foram escolhidas segundo os critérios de disponibilidade de imagens atuais, onde se selecionou as correspondentes do período de 23/10/2017 e 14/09/2017, e a menor cobertura de nuvens.

O material geocartográfico e dados socioeconômicos que subsidiaram a pesquisa foram extraídos das seguintes fontes e estão expressas no Quadro 1.

Quadro 1– Material geocartográfico e dados socioeconômicos

Material Geocartográfico
1. Limite Municipal do IBGE (2017);
2. Base de Estradas e Rodovias do Departamento Estadual de Rodovias do Ceará - DER (2011);
3. Malha Fundiária IDACE (2015);
4. Hidrografia da Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará- SRH (2008),
5. Rios da COGERH (2007)
6. Sede Municipal e distritos IBGE (2010),
7. Exploração Mineral do Departamento Nacional de Produção Mineral SIGMINE/DNPM (2015);

8. Curvas de nível das cartas topográficas MI-681, MI-748, MI-749, MI-818, MI-819 publicadas pelo IPECE, produzidas pelo Ministério do Exército-DSG (Divisão de Serviço Geográfico) e SUDENE;
9. Base de estradas e rodovias estadual disponibilizada pelo DER (2011);
10. Solos da SUDENE (1973) vetorizado por FUNCEME (2009);

Dados socioeconômicos

1. Produção agrícola municipal - Lavouras permanentes e temporárias (área plantada, área colhida, quantidade produzida) do IBGE no período de 1985-2017.
2. Exploração vegetal e silvicultura (Quantidade produzida de carvão vegetal, lenha e madeira em tora) do IBGE no período de 1985-2017.
3. Produção da pecuária municipal (Nº de rebanhos bovinos, caprinos e ovinos);
4. Estrutura fundiária do INCRA (2015).
5. Dados da exploração mineral do DNPM (2016).
6. Renda das famílias, e famílias beneficiadas com bolsa família do Ministério do Desenvolvimento Social (2008 -2017);
7. Beneficiários Seguro Safra - do Ministério do Desenvolvimento Social (2008 -2017);
8. Projeção da população municipal de IBGE (2017)

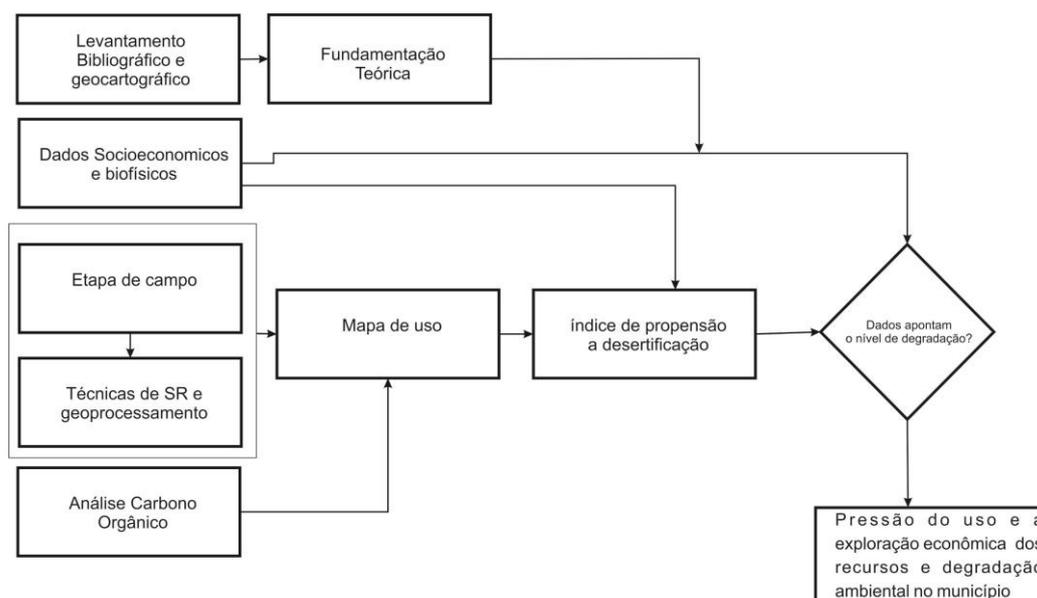
Fonte: Organização do Autor (2019)

De posse dessas informações, esses dados foram plotados em forma de gráficos ou tabelas, então dissertou-se sobre a possibilidade de relação com o processo de degradação no município.

4.4 Diagrama esquemático da pesquisa

O fluxograma das etapas do estudo está apresentado na Figura 7, s procedimentos técnicos-metodológicos competem os passos necessários a se alcançarem os objetivos da pesquisa.

Figura 7– Fluxograma da pesquisa.



Fonte: Autor (2019)

As fases da pesquisa consistiram na análise dos dados socioeconômicos para subsídio do Índice de Propensão a Desertificação, a fim de se obter um diagnóstico do nível de degradação ambiental no município. A etapa de campo e as técnicas de SR/geoprocessamento foram utilizadas para elaboração do mapa de uso. Após isso ocorreu o cruzamento das informações da análise de carbono orgânico com o mapa de uso, a fim de identificar a pressão do uso e conseqüentemente o processo de degradação ambiental no município de Santa Quitéria.

4.5 Procedimentos técnicos e operacionais

Utilizou-se o software ArcMap 10.5 para realização do mosaico das imagens e para a composição colorida falsa cor da imagem *red* (R), *green* (G) e *blue* (B) nos canais 4, 3, 2, respectivamente, com a resolução espacial de 30 metros imagens de satélite LandSat-8, sensor OLI com resolução espacial de 30 metros.

Os procedimentos operacionais consistiram inicialmente na escolha dos locais e levantamento de campo, conforme resposta espectral da imagem, de maneira a se obter maior representatividade nas classes. A formulação das classes de mapeamento foi definida baseando-se na interpretação visual de imagens de satélite e levantamento de campo, baseadas nas classes propostas por Silva (2007) e Funceme (2015). A elaboração das classes foi subsidiada por chaves de interpretação coletadas em campo. O nível de degradação variou do levemente, ao fortemente degradado/conservado associado o uso de cada área, agricultura, pecuária silvicultura ou mineração.

A escala cartográfica escolhida para mapeamento foi 1:150.000, sendo compatível com os propósitos do estudo e da resolução da imagem. Segundo Rodrigues, Zimback e Piroli (2001) a utilização de um SIG na confecção de mapas para estudos ambientais mostra-se bastante eficaz pela rapidez e pela possibilidade de integração dos dados de atributos e dados espaciais no processamento e manipulação da base de dados. Neste estudo realizou-se a classificação semi-supervisionada utilizando o software ArcMap 10.5.

O procedimento supracitado foi realizado em três fases: (I) Classificação utilizando o comando “Classificação Não supervisionada Iso Cluster”, em número de classes (*number of class*) escolheu-se 7 classes baseadas nas informações obtidas em campo, número de interações (*sample interval*) de 290 e tamanho da classe (*minimum class size*) de 20. Tais especificações refletiram bem as classes escolhidas para o mapeamento. (II) A segunda fase consistiu na transformação do arquivo *raster* obtido na fase I em polígono. (III). Na última fase para obtenção do mapa final, as classes não diferenciadas na classificação automática foram mapeadas por interpretação visual subsidiada pelas chaves de interpretação obtidas em campo, o que permitiu a análise de outros usos presentes no município. Portanto, pode-se dizer que a classificação realizada foi semi-supervisionada.

4.6 Etapa de campo

A etapa de campo foi realizada nos dias 28, 29 e 30 de outubro de 2018 e no dia 22 de dezembro de 2018. Optou-se pela realização dessa etapa em período seco, pois deseja-se avaliar a degradação em condições de estio. Nos locais visitados realizou-se a marcação das coordenadas com auxílio de um GPS, a descrição da área, observação dos usos, condições do solo (pedregosidade e compactação), estado de degradação da vegetação e o registro fotográfico. Para auxiliar na interpretação o mapeamento foi utilizado um VANT *Phantom 4 Professional*, câmera de resolução 4K. Foram realizados voos de 5 a 10 minutos onde foram feitas imagens aéreas dos locais visitados.

Realizou-se ainda a coleta de solo em 21 pontos (Figura 8), selecionados previamente subsidiado pela imagem de satélite e pelo mapeamento pedológico de Funceme (2009). As amostras foram coletadas a 20 cm de profundidade, identificadas e fotografadas. A análise de carbono orgânico foi realizada nos 20 primeiros centímetros do solo, pois nessa profundidade encontra-se sua maior concentração, esse padrão foi observado em trabalhos realizados com análise de carbono orgânico (MARTINS et al., 2010; ROSSETTI; CENTURION, 2015; SANTANA et al., 2019) Posteriormente, foram

encaminhadas ao Laboratório de Solos (UFC/Funceme) para análise de carbono orgânico que foram analisadas por meio da técnica de oxidação com o dicromato de potássio.

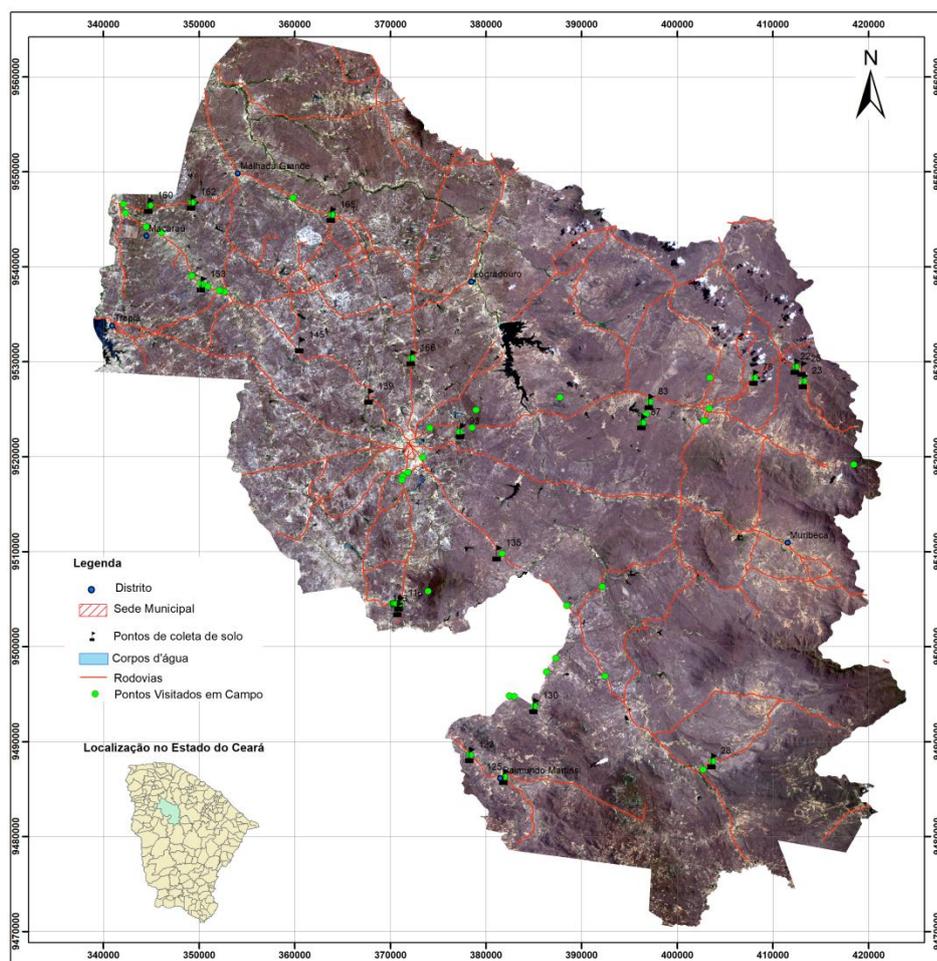
Figura 8- Coleta de Solo a 20 cm para análise do carbono orgânico.



Fonte: Autor (2019)

De posse de todos esses dados foi possível o cruzamento e análise das informações que auxiliaram na elaboração do mapa de uso e cobertura da terra. Os locais visitados em campo durante a realização da pesquisa estão representados na Figura 9.

Figura 9– Locais visitados em Campo (Santa Quitéria – CE).



Fonte: Autor com base em IPECE (2017) e DER (2015)

Conforme a figura, os pontos verdes representam os locais visitados, seja para registro fotográfico ou anotações de campo. Já os pontos em formato de bandeira preta são os locais que se realizaram coleta de solo.

4.7 Cálculo do Índice de Propensão a Desertificação para o município

Para o cálculo do Índice de Propensão a Desertificação (IPD) foi utilizado a metodologia de padronização de indicadores, considerando-se valores de 0 a 1, indicando menor e maior propensão a desertificação, adotado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE para o cálculo do Índice municipal de Alerta – IMA (IPECE, 2009b).

O cálculo do Índice Normalizado para os indicadores considerou a seguinte fórmula:

$$I_{pm} = [I_m - I_{-v}] / [I_{+v} - I_{-v}],$$

Onde:

I_{pm} é o valor padronizado da variável “I” no município m;

I_{+v} é o maior valor de “I” verificado para o ano do cálculo; e

I_{-v} é o menor valor de “I” verificado para o ano do cálculo.

Nos casos onde há uma relação direta de propensão à desertificação, ou seja, o menor valor indica menor propensão à desertificação e o maior valor maior propensão à desertificação, tem-se: $I_{-v} = I_{\min}$ e $I_{+v} = I_{\max}$.

Nos casos de relação inversa com a propensão à desertificação, onde o menor valor indica maior propensão à desertificação e vice-versa, tem-se $I_{+v} = I_{\min}$ e $I_{-v} = I_{\max}$.

Após a padronização, os valores mais próximos de 1 indicam maior vulnerabilidade e o índice de propensão à desertificação é obtido a partir da média aritmética destes valores (IPECE, 2009b):

$$IPD_m = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n}, \text{ onde,}$$

IPD_m é o índice de desertificação do município i;

F_i é o grupo de variáveis antrópicas do município i; e

F_2 é o grupo de variáveis naturais do município i.

Para respeitar as variações do índice foram feitas três simulações de acordo com as variáveis adotadas na nota técnica 41 do IPECE (2009), utilizando dados do ano de 2017 para os municípios pertencentes as três ASDs do Estado do Ceará de acordo com Ceará (2010). ASD I – Irauçuba/Centro-Norte, que abriga os municípios de Canindé, Irauçuba, Miraíma e Santa Quitéria; ASD II – Inhamuns, que abriga os municípios de Arneiroz, Independência e Tauá; e ASD III – Médio Jaguaribe, que abriga os municípios de Jaguaretama, Jaguaribe, Alto Santo e Morada Nova

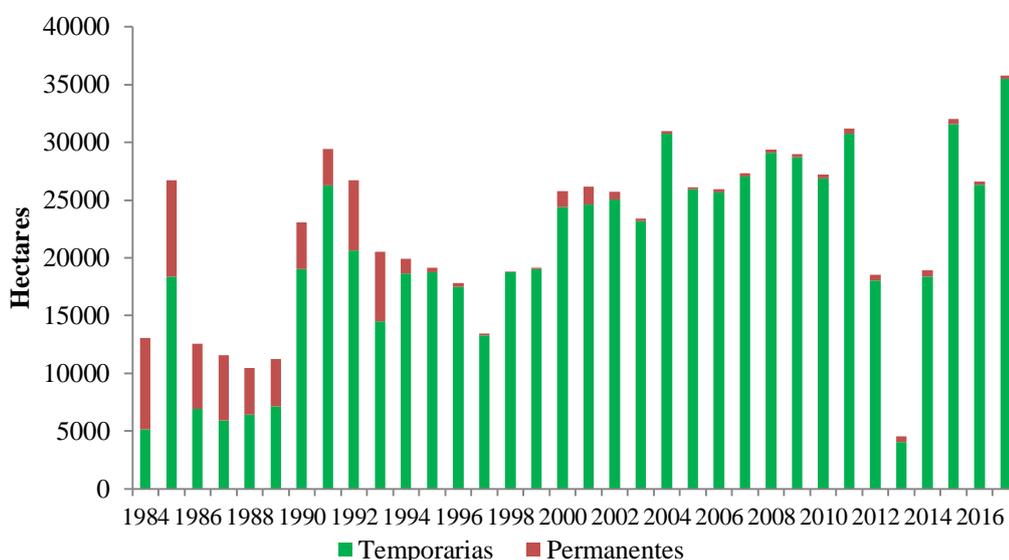
5 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS PARA ESTUDO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM SANTA QUITÉRIA

Neste capítulo apresenta-se o apanhado e análise dos dados socioeconômicos. Onde se procurou relaciona-los com as observações realizadas em campo, de maneira a explicar o processo de degradação no município de Santa Quitéria.

5.1 Agricultura

A análise da série histórica da produção agrícola municipal foi feita com base nas lavouras permanentes e temporárias. Pode-se observar ao longo dos anos o decréscimo de área plantada em hectares de culturas permanentes e o aumento das culturas temporárias. Em 1984 a lavoura permanente representava 63,5% da área agrícola plantada do município, vinte anos depois, em 2004, esse percentual caiu para 0,58%, já em 2017 esse número correspondia a 0,74% (Gráfico 1).

Gráfico 1- Área de culturas permanentes e temporárias (1984-2017) em Santa Quitéria-CE.



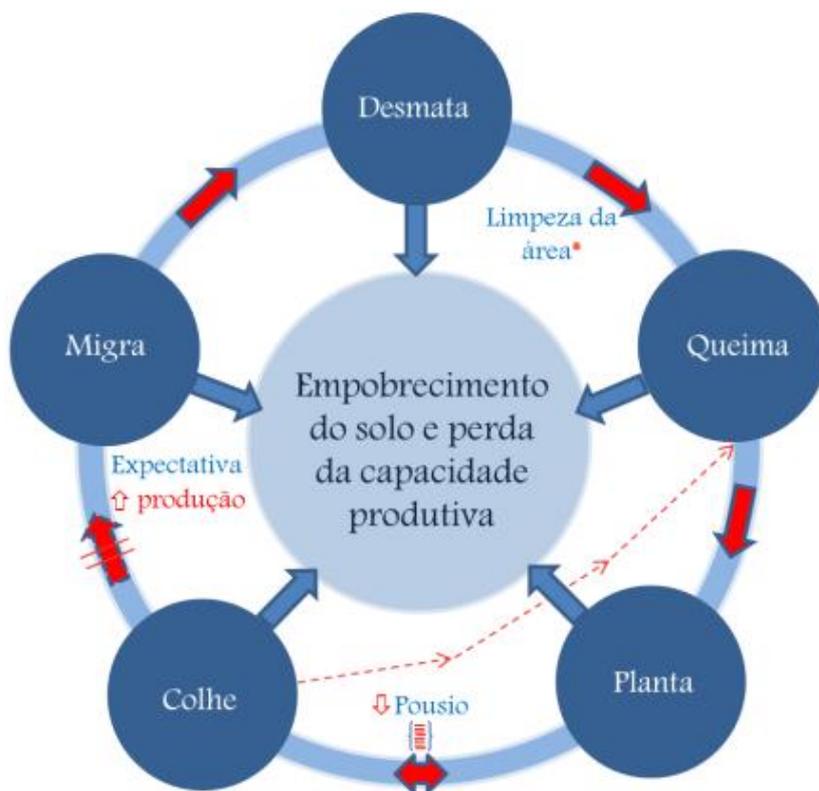
Fonte: Elaboração do autor (2019)

Em Santa Quitéria observa-se a grande parcela da agricultura representada por lavouras temporárias e de sequeiro/itinerante. A produtividade desse tipo de agricultura é muito baixa em decorrência da falta e irregularidade das chuvas e outros fatores como erosão e a baixa fertilidade do solo, além do uso de preparo do solo inadequados (FARIA 1992).

Nesse contexto, a agricultura de sequeiro quando não manejada adequadamente está associada ao desmatamento e queima da vegetação arbustiva-herbácea para preparo da área para plantio. Após repetidas ciclos no local, os agricultores se mudam para outras áreas repetindo a mesma prática na expectativa de uma recuperação da capacidade produtiva dos solos. Vasconcelos e Torres Filho (1994) consideram como um dos principais vetores de degradação do semiárido.

A Figura 10 representa um esquema sobre a agricultura de sequeiro e agricultura itinerante associado à degradação e empobrecimento do solo proposta por Bezerra (2016).

Figura 10- Diagrama do ciclo de exploração agrícola, segundo a agricultura de sequeiro/itinerante.



Fonte: Bezerra (2016)

Nesse contexto as práticas (técnicas) como a broca e o destocamento são utilizadas na região. A broca antecede os cultivos e é realizada com machado e foice. Esse processo antecede a queimada que consiste numa técnica para “limpar” o terreno após o corte. Já o destocamento efetuado com a ajuda da picareta, este processo se inicia com a retirada de resto de árvores (raízes) de maneira mecânica.

Em Santa Quitéria é comum encontrar áreas improdutivas devido a sua superexploração, apenas com vegetação herbácea e presença de pavimento desértico (Figura 11).

Figura 11 – Área degradada no distrito de Trapiá em Santa Quitéria-CE.



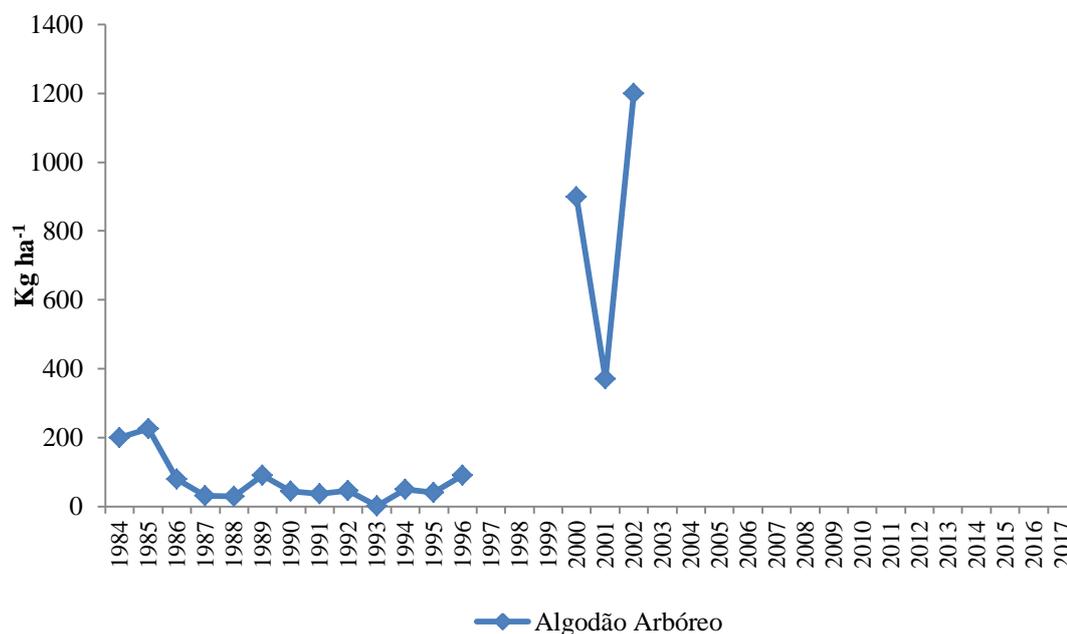
Fonte: Autor (2019)

Em geral, essas áreas são utilizadas como pastagens ou para pecuária, devido sua impossibilidade de praticar a agricultura. Observa-se nesses locais, ausência de vegetação arbustiva e arbórea, sendo áreas que já foram exploradas até o máximo de sua capacidade suporte.

5.1.1 Culturas Permanentes

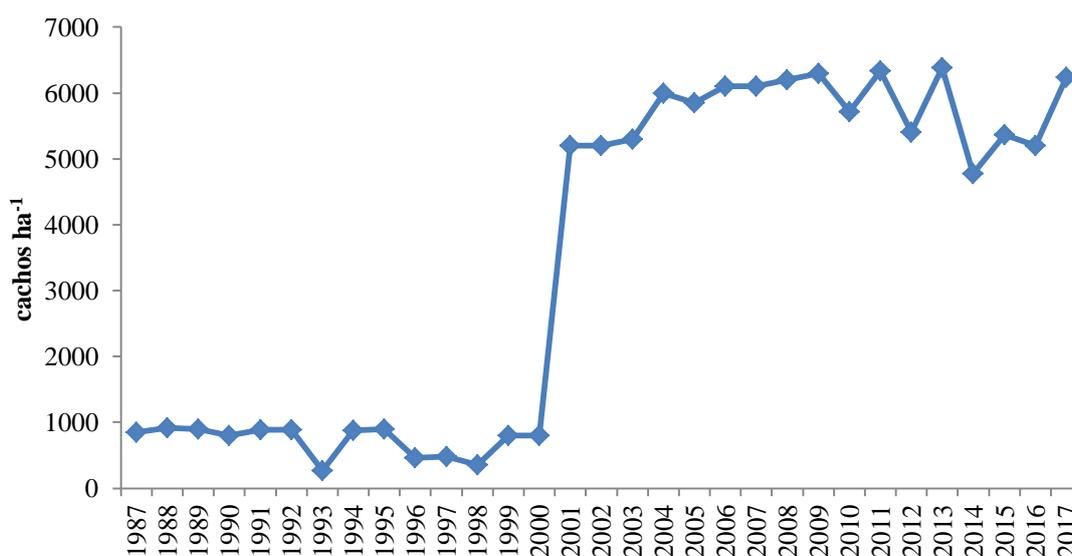
Em Santa Quitéria as culturas permanentes listadas nos registros da produção foram: melancia, maracujá, goiaba, mamão, manga, castanha de caju, laranja, sorgo, banana, coco-da-baía e algodão arbóreo. Na produção agrícola municipal da área as culturas que obtiveram maiores representatividades em relação ao rendimento no período analisado foram: algodão arbóreo, banana e coco-da-baía.

Analisando o algodão arbóreo (Gráfico 2) constataram-se bons rendimentos nos anos 1984 e 1985, onde a lavoura rendia em média 212 kg ha^{-1} , porém a ocorrência de pragas nessa cultura provocou o decréscimo da produção de 1986 a 1996, onde o rendimento médio caiu cerca de 48 kg ha^{-1} . Segundo Vidal Neto *et al.* (2005), as principais pragas do algodão na região são o bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*), lagarta rosada (*Pectinophora gossypiella Saunders*) e percevejo manchador (*Oxycarenus hialynipennis*). Nos anos de 2001 a 2002 ocorreram registros de produção que destoam do padrão de produção, ao avaliar os dados constatou-se que pode se tratar de iniciativas pontuais de alguns produtores do município. A partir de 2004 não houve mais registros de produção de algodão arbóreo no município de Santa Quitéria. Observou-se uma ausência de dados no período de 1997 a 1999.

Gráfico 2 - Rendimento (kg ha^{-1}) algodão arbóreo (1984-2017) em Santa Quitéria-CE.

Fonte: Elaboração do autor (2019)

A bananicultura 1984 a 2000 possuía um rendimento médio de 808 cachos ha^{-1} . A partir de 2001 esses valores aumentaram cerca de 621%, quando rendimento médio passou a ser de 5770 cachos ha^{-1} (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Rendimento (cachos ha^{-1}) banana (1984-2017) em Santa Quitéria-CE.

Fonte: Elaboração do autor (2019)

A irrigação no semiárido tem buscado suprir as deficiências hídricas criando condições de produção para as terras que naturalmente apresentam baixa produtividade. Isto tem motivado, desde a década de 70, a implantação de grandes perímetros irrigados nos sertões com o objetivo de introduzir um novo modelo de produção agrícola (SOUSA, 2010).

Nesse contexto, o advento da agricultura irrigada (Figura 12) e os financiamentos fornecidos pelo poder público a partir de 2001, levaram os produtores a adotar a irrigação em suas lavouras, justificando assim o salto na produção (ADECE, 2012).

Figura 12- Área de bananicultura irrigada em Raimundo Martins- Santa Quitéria



Fonte: Autor (2019)

Em alguns locais no município, agricultores utilizam a área de planície do rio para fazer poços ou cacimbões, a fim de assegurar a irrigação da cultura o ano inteiro (Figura 13).

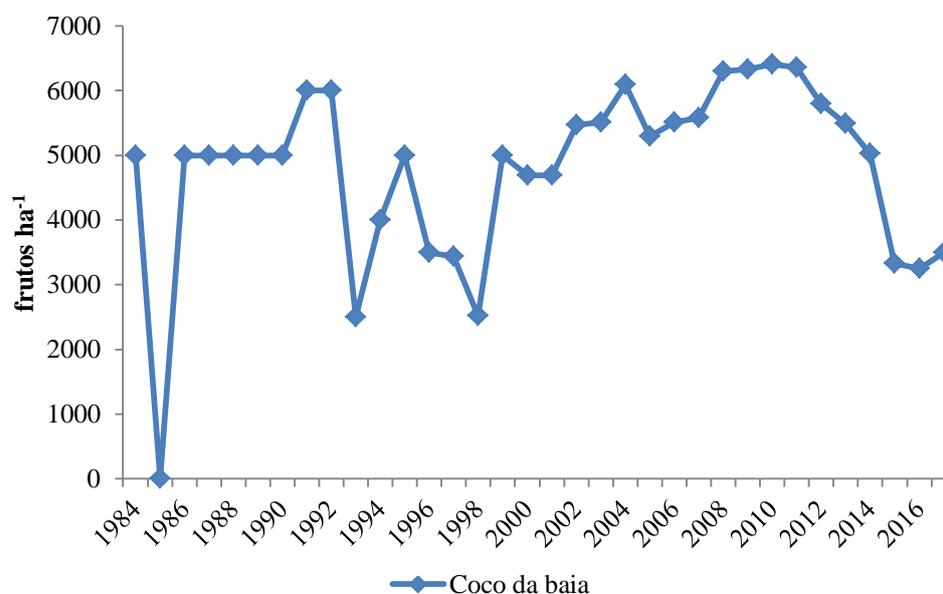
Figura 13– Cacimbão construído em área de planície fluvial- Santa Quitéria-CE.



Fonte: Autor (2019)

O coco-da-baía apresentou uma oscilação nos anos 90, onde o rendimento variou de 2500 a 6000 frutos ha^{-1} , porém, impulsionado com a produção frutífera irrigada e o estabelecimento de uma grande fazenda de cocos na região a partir de 2002, o rendimento médio obtido oscilou entre 5 mil e 6 mil frutos ha^{-1} , desde de 2012 a cultura vem apresentando queda, atingindo a marca de 3,5 mil frutos ha^{-1} , uma queda de 37% em relação ao início da década(Gráfico 4).

Gráfico 4- Rendimento (frutos ha^{-1}) coco-da-baía (1984-2017) em Santa Quitéria-CE.



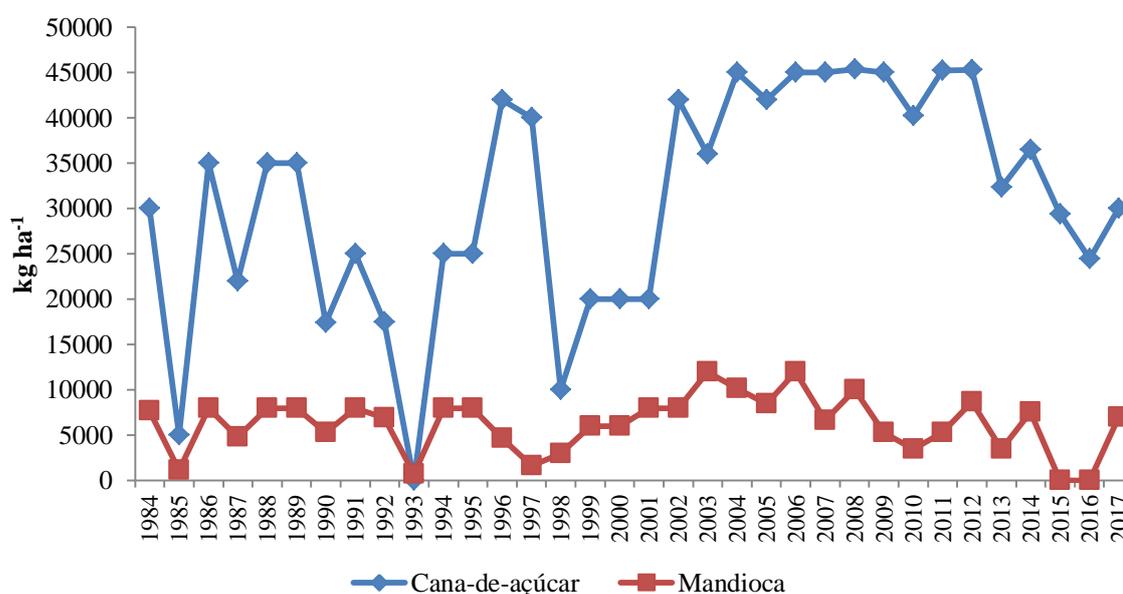
Fonte: Elaboração do autor (2019)

5.1.2 Culturas Temporárias

Quanto às culturas temporárias, os dados obtidos confirmam o que foi apontado por Nascimento (2006), que tanto em assentamentos como em outras propriedades, os principais produtos são aqueles de ciclos curtos. Conforme evidenciado em campo juntamente com a análise e interpretação das imagens de satélite, essas culturas são cultivadas principalmente nas planícies fluviais e margens de reservatórios. As culturas mais representativas utilizadas para análise foram: milho, feijão, algodão herbáceo, mamona, cana-de-açúcar e mandioca.

Pode-se observar com base no Gráfico 5 que as lavouras com os rendimentos mais altos em relação às demais culturas temporárias analisadas na pesquisa, são a cana-de-açúcar e a mandioca. O destino da produção de cana-de-açúcar é basicamente para destilaria (aguardente) e a fabricação de derivados como: mel, rapadura, doces e outros. A produção desta cultura sofreu declínio anos de 2015 e 2016, onde o rendimento médio foi de 29.916 kg ha⁻¹, ficando abaixo da média obtida nos 11 anos anteriores (2002 a 2012) que foi de 43.262 kg ha⁻¹. A estiagem pode ser o principal fator contribuinte para a queda da produção, no ano de 2017 com um quadro de chuvas melhor que dos dois anos anteriores à produção teve uma ascensão.

Gráfico 5- Rendimento (kg ha⁻¹) cana de açúcar e mandioca (1984-2017) em Santa Quitéria-CE.

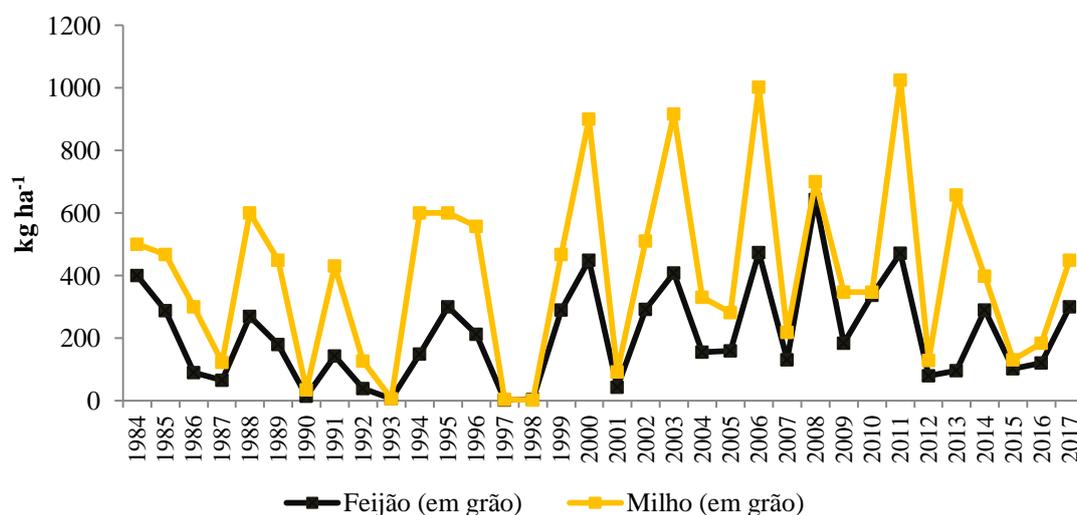


Fonte: Elaboração do autor(2019)

A mandiocultura é bastante tradicional no Estado do Ceará, é praticada por pequenos produtores, especialmente os de baixa renda (CONAB, 2014). A capacidade de produzir mesmo em períodos de estiagem faz dessa cultura uma importante fonte de renda para os pequenos agricultores do município de Santa Quitéria, que a utilizam principalmente para produção de farinha. Essa cultura possui variações ao longo da série histórica, o rendimento médio de 6612 kg ha^{-1} , as maiores diferenças no rendimento estão nos anos de 1985, 1993, 1997 que, segundo Melo (1999), foram anos de forte estiagem.

As culturas de grãos, como milho e feijão, têm rendimentos bastante irregulares ao longo série histórica (Gráfico 6), uma vez que as safras sofrem por pragas ou escassez hídrica.

Gráfico 6 - Rendimento (kg ha^{-1}) feijão e milho (1984-2014) em Santa Quitéria-CE.



Fonte: Elaboração do autor (2019)

Segundo Funceme (2015) em geral essas culturas são praticadas por pequenos produtores rurais. É comum encontrar no município perca de safras pelos efeitos provocados pelo estio (Figura 14).

Figura 14– Resquícios de plantação de milho na comunidade Vieira - Santa Quitéria-CE.



Fonte: Autor (2019)

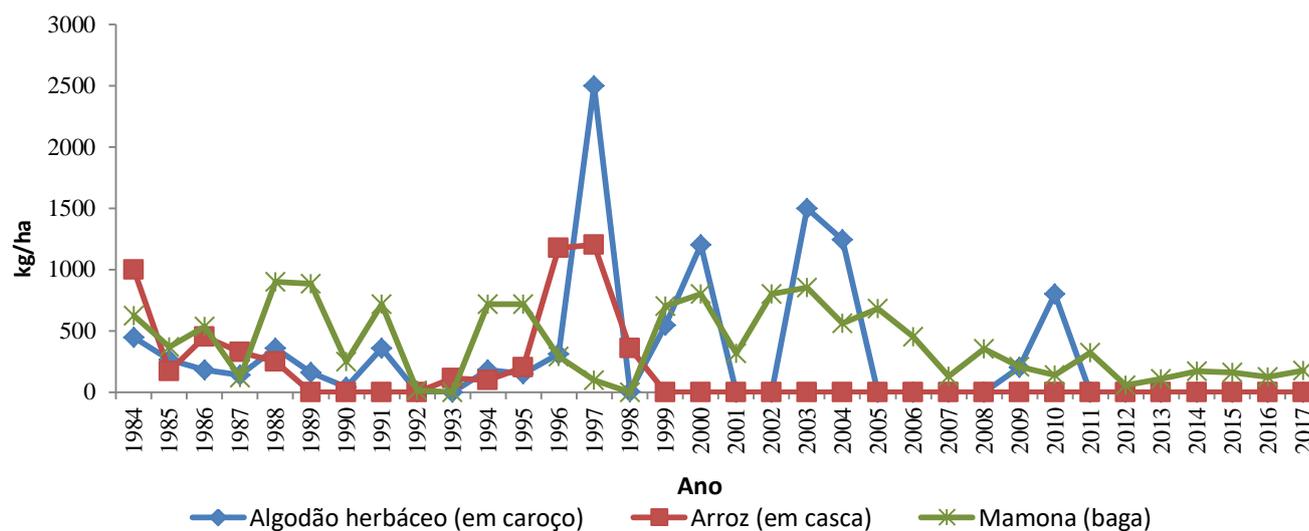
Segundo CONAB (2014) o milho tem grande representatividade devido sua ampla utilização no mercado avícola e suinícola, que o utilizam como matéria prima para fabricação de ração. O rendimento médio dessa cultura até 1996 era abaixo de 600 kg ha⁻¹, em 2000 a produção obteve um salto chegando a atingir 900 kg ha⁻¹. Nos últimos de 2001 a 2014 o rendimento dessa cultura foi bastante irregular, os valores variaram de 91 kg ha⁻¹ a 1001 kg ha⁻¹ e o rendimento médio foi 497 kg ha⁻¹. Nos dois últimos anos analisados (2016 e 2017) observa-se um crescimento na produção em 2017, o rendimento foi 450 kg ha⁻¹, sendo as precipitações desse ano responsáveis por esse resultado.

O feijão também sofreu oscilação, nos últimos quinze anos (2003 a 2017) o rendimento médio foi de 263 kg ha⁻¹. Os picos de produção ocorridos nos anos 2000, 2003, 2006 e 2008 foram decorrentes da valorização econômica do produto. Vale salientar que os programas de crédito rural do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), proporcionaram a ampliação da área plantada e a utilização de tecnologias que propiciaram o aumento da produção e da produtividade, possibilitando a manutenção da produção dessa cultura frente às secas que afetam o município (SDA, 2015). No ano de 2017 o rendimento produção foi 300 kg ha⁻¹, superando a média dos últimos 10 anos.

As demais culturas temporárias representativas ao longo da serie histórica são: mamona, arroz e algodão herbáceo (Gráfico 7). A mamona, na série histórica compreendida entre os anos de 1984 a 2006, apresentou uma área plantada média 165 ha e uma produção média de 72 toneladas. No ano de 2007 essa cultura obteve grande valorização com o Projeto Mamona do Ceará, da Secretaria de Agricultura e Pecuária

(SEAGRI). O programa previa a entrega de sementes certificadas, assistência técnica contínua, contrato de compra e venda da produção, insumos como Boro e Calcário, sacaria para armazenamento da produção e compra garantida pela empresa produtora de Biodiesel (EMATERCE, 2007). No ano de 2011 a mamona chegou a alcançar uma produção de 700 toneladas e uma área plantada de 2179 ha.

Gráfico 7 - Rendimento (kg ha^{-1}) lavouras temporárias algodão herbáceo, arroz e mamona (1984-2014) em Santa Quitéria-CE.



Fonte: Elaboração do autor (2019)

O arroz tinha certa significância nos anos 80 (1984 a 1989), o rendimento médio era de 439 kg ha^{-1} . Nos anos 1996 e 1997 ocorreram picos de rendimento, podendo ser explicado pela valorização produto. Em 1998 ocorreu o ultimo registro de produção dessa cultura. A mesma veio perdendo a sua importância devido à escassez hídrica e pragas na região, fazendo com que muitos agricultores optassem por outras culturas.

O algodão herbáceo durante os anos 1984 a 1991 registrou um rendimento médio de 243 kg ha^{-1} , esse resultado pode ter sido influenciado pela praga do “bicudo” (*Anthonomus grandis*) que assolava o Estado (AZAMBUJA ; DEGRANDE, 2014). Segundo Vidal Neto *et al.* (2005) essa cultura encontra nas terras de Santa Quitéria situações edáficas completamente adversas, por isso o rendimento é bastante irregular e influenciado pelas precipitações. O rendimento médio de 1992 a 2010 foi de 662 kg ha^{-1} , os anos de 2001, 2002 e 2005 a 2008 não foram obtidos dados, sendo esses anos excluídos da análise.

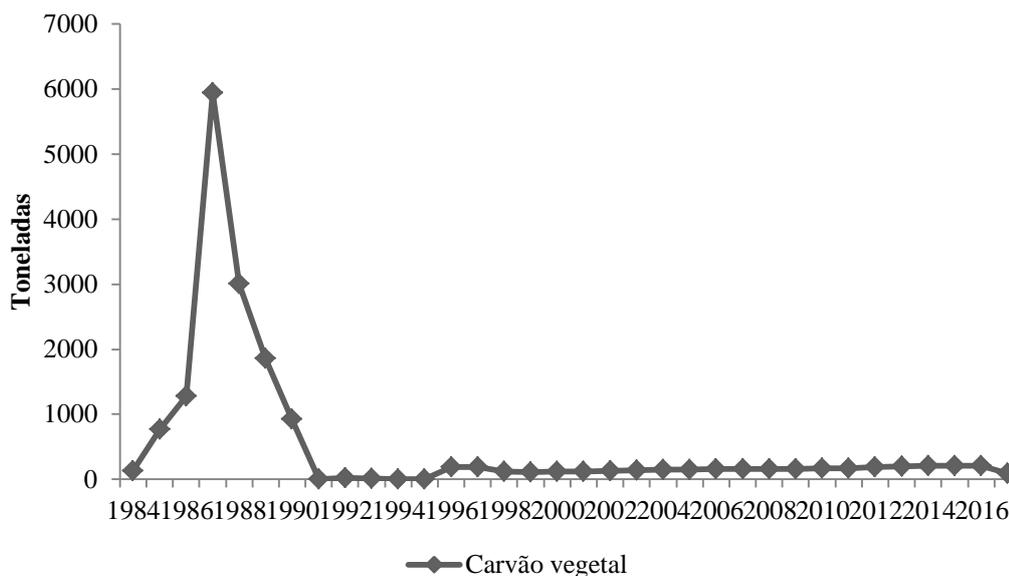
5. 2 Silvicultura e extração vegetal

No Ceará o produto florestal mais explorado é a lenha, contribuindo com cerca de 34% da matriz energética do estado, atendendo a diferentes demandas, sejam elas domésticas ou industriais (CEARA, 2010). A lenha é utilizada nas indústrias prioritariamente nas olarias, caieiras, gessarias e padarias, que a utilizam como combustível. De acordo com inventário Florestal do Ceará , 85% dos cearenses entrevistados afirmam fazer algum uso de produtos florestais madeireiros. Destes, 84% afirmaram fazer uso doméstico da madeira, enquanto 16% declaram fazer uso comercial. O uso da lenha em ambiente doméstico é considerado importante ou extremamente importante para a maioria dos entrevistados que relataram seu uso (SFB, 2018).

Outro uso florestal muito presente no sertão cearense é a extração da vegetação pra produção de estacas e mourões. Essa prática é comum principalmente em áreas que já perderam sua fertilidade e não são mais de interesse para a agricultura. Esses impactos repetidos ao longo dos séculos vêm reduzindo os valores de produção, a fertilidade e a capacidade de resiliências do ambiente (ARAÚJO FILHO, 2013).

No município de Santa Quitéria os dados obtidos da produção de extração vegetal e silvicultura confirmam tal fato, sendo os três produtos florestais mais explorados a lenha, o carvão vegetal e a madeira em tora. Percebe-se a maior produção de carvão entre os anos de 1986 a 1987, sendo em 1987 a maior produção da série histórica, atingindo 5940 toneladas. Essa alta produção pode ser explicada pela valorização econômica do carvão. No período de 1996 a 2017 a produção manteve-se linear com média de 163 toneladas por ano, no ano de 2017 ocorreu uma queda considerável em relação à média, registrando 92 toneladas (Gráfico 8).

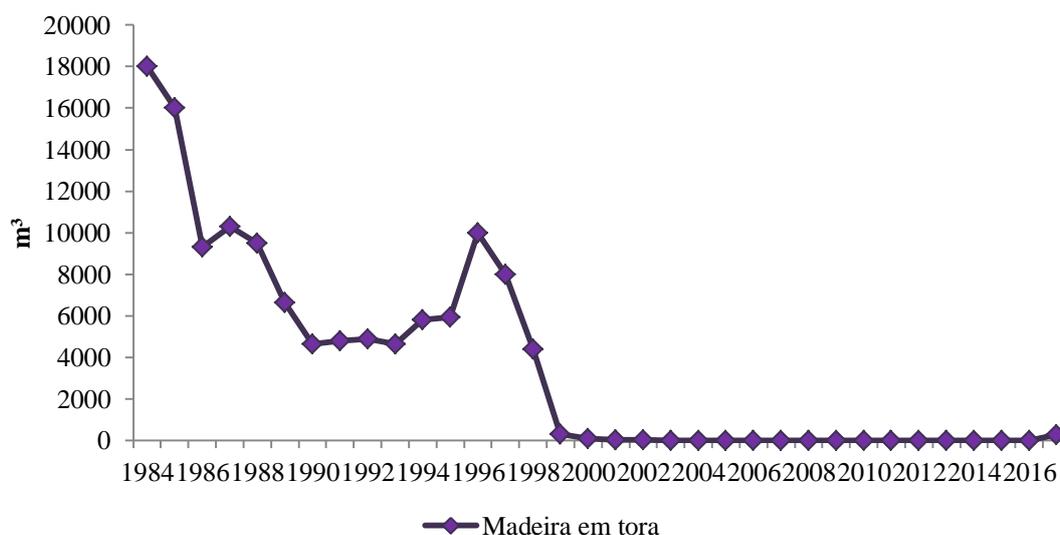
Gráfico 8 - Produção de carvão vegetal (1984-2017) em Santa Quitéria-CE.



Fonte: Elaboração do autor(2019)

Os valores para madeira em tora expressam uma maior produção durante o período de 1984 a 1998, onde a média chegou a 8194 m³ por ano. Durante o período de 1999 a 2016 a produção média atingiu 30 m³, sendo notada uma queda na produção de 25506% nesse período. Somente no ano de 2017 ocorreu um aumento na produção atingindo 277 m³ (Gráfico 9). Segundo Araújo Filho (2013) a madeira em tora requer um gasto energético maior para chegar a um tamanho comercial e há restrições de determinadas espécies vegetais.

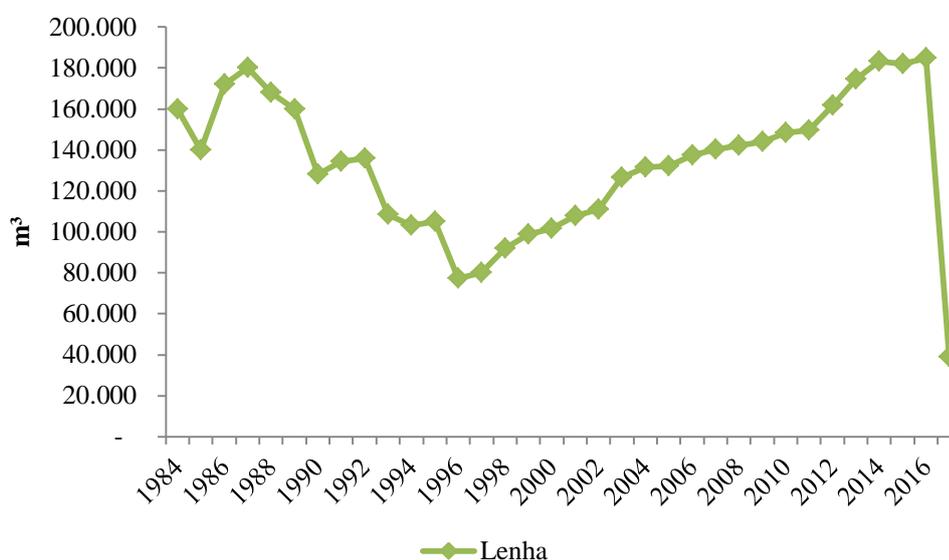
Gráfico 9 - Madeira em tora (1984-2014) em Santa Quitéria-CE.



Fonte: Elaboração do autor (2019)

A lenha obteve bons rendimentos entre os anos de 1984 e 1995, onde a produção estava em 180.000 e 100.000 m³. Entre os anos 1996 e 1999 a produção sofreu uma queda ficando abaixo dos 100.000 m³. No período de 2000 a 2017 a produção seguiu uma linha ascendente chegando a uma produção de 184.811 m³ em 2016 e uma forte queda em 2017 chegando a 94 m³, sendo o mais baixo resultado da série histórica (Gráfico 10). Observa-se o aumento da produção de lenha em detrimento da queda da madeira em tora nos mesmos períodos da série histórica (com exceção do ano de 2017), o que pode indicar a substituição desses produtos florestais, uma vez que para a lenha não há grande exigência de tamanho para comercialização e a madeira em tora necessita de certo porte para sua venda.

Gráfico 10 - Produção de Lenha (1984-2014) em Santa Quitéria-CE.



Fonte: Elaboração do autor (2019)

Segundo Toniolo, Paupitz e Campello (2006) outro fator que pode influenciar o crescimento aparente da produção de lenha são os incentivos do Governo Estadual aos Assentamentos Federais à produção de um plano de manejo, que é uma condição obrigatória para livre venda dos produtos madeireiros conforme legislação vigente (Lei Federal 11.284 – março de 2006). Segundo INCRA (2015) o município de Santa Quitéria conta com 23 assentamentos, que correspondem a uma área de 84.597,18 ha.

Conforme observado em campo, muitas áreas agrícolas esgotadas do ponto de vista produtivo agora adotam a silvicultura como alternativa de renda. Existe o corte massivo da vegetação e a venda dos produtos, após isso a área passa por período de

pousio. As rebrotas observadas revelam o ciclo temporal utilizado na propriedade. Em alguns locais do município observa-se a rotação entre áreas de silvicultura e a criação de bovinos e caprinos, sujeitando essas áreas à compactação do solo.

A retirada da cobertura vegetal e o curto período de pousio, segundo observações feitas na área, têm provocado a erosão dos solos no município. Em locais mais degradados é possível observar alta pedregosidade com presença de “pavimento desértico”. Esse estado que pode indicar a completa erosão do horizonte A, segundo descrito por Souza, Suertegaray e Lima (2009).

5.3 Estrutura Fundiária

A região semiárida do Nordeste do Brasil tem mantido ao longo dos tempos uma estruturação agrária concentradora, que tem contribuído para o processo de “minifundização” dos estabelecimentos agropecuários. Esse fato pode ser compreendido como um dos desencadeadores da degradação e desertificação, à medida que os produtores intensificam o uso das áreas sem considerar, necessariamente, a capacidade de suporte das mesmas (BEZERRA, 2016).

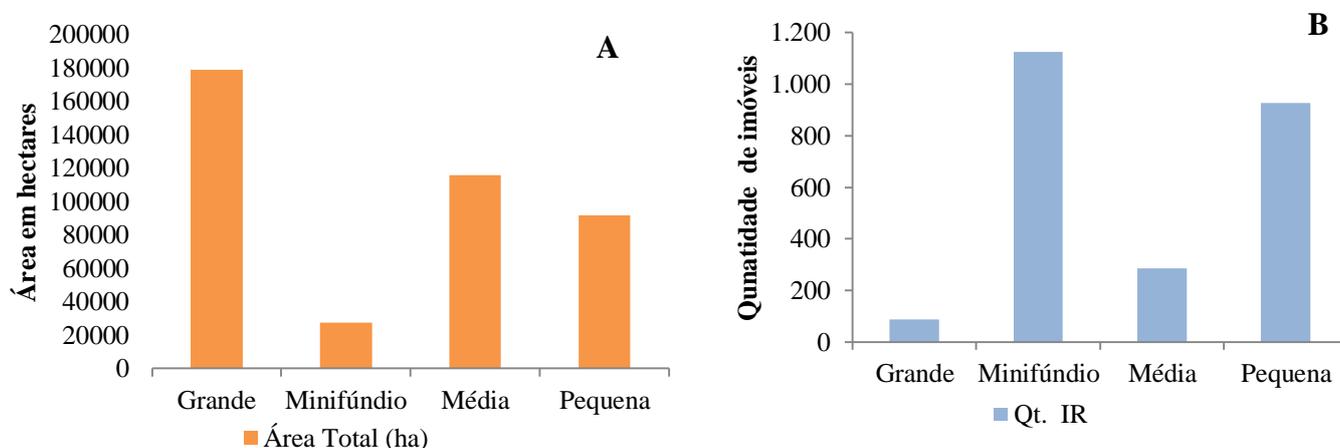
Diversos trabalhos apontam a estrutura fundiária com um dos indicadores da degradação ambiental (BEZERRA 2016; SAMPAIO et al., 2003; IPECE, 2009), Apesar de estudos recentes sobre degradação ambiental no semiárido cearense (FUNCEME, 2015; CARVALHO, 2014), ainda são incipientes os trabalhos que relacionam a degradação ambiental e a estrutura fundiária. Segundo Alves, Azevedo e Cândido (2017) a identificação e a atenuação dos fatores que contribuem para a degradação das terras são a forma mais eficaz de reverter os prejuízos ambientais observados na região em foco, auxiliando no planejamento adequado do uso dos recursos naturais disponíveis.

Quanto à estrutura fundiária de Santa Quitéria, ou seja, o modo como as propriedades rurais estão dispersas são definidas pelo Estatuto da Terra (Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964). O minifúndio é o imóvel que conta com área e possibilidade de produção, inferiores a um módulo rural. Este, por sua vez, refere-se à propriedade rural direta e pessoalmente explorada pelo agricultor e sua família, da qual tiram a sua subsistência, com área máxima fixada para cada região. O INCRA realiza essa classificação baseado na extensão, apoiado na unidade módulo fiscal.

No caso de Santa Quitéria, conforme o INCRA (2015) um módulo mede 55 hectares. A pequena propriedade é avaliada entre 1 a 4 módulos, o que representa uma

área de 55 a 220 ha, já a média propriedade é calculada pela sua extensão que deve variar entre mais de 4 a 15 módulos, ocupando uma área de 221 a 825 ha; finalmente, a grande propriedade se estende por uma área de mais de 15 módulos, ou seja, acima de 825 ha (INCRA, 2015), a distribuição do tamanho das propriedades e quantidade de imóveis está expressa na gráfico 11.

Gráfico 11– Estrutura fundiária de Santa Quitéria-CE área em hectares (A) e quantidade de imóveis (B).



Fonte: INCRA (2015)

Segundo Sampaio *et al.* (2003) o número maior de pequenas propriedades, elevada taxa de lotação de animais e extração vegetal tornam o município mais vulnerável a degradação das terras. Nesse contexto, Bezerra (2016) relata que no semiárido brasileiro as pequenas propriedades são oriundas de projetos de assentamentos de reforma agrária, áreas que já se encontram em processo de desertificação e que, devido ao uso intensivo das terras, perdem, gradativamente, a capacidade de resiliência.

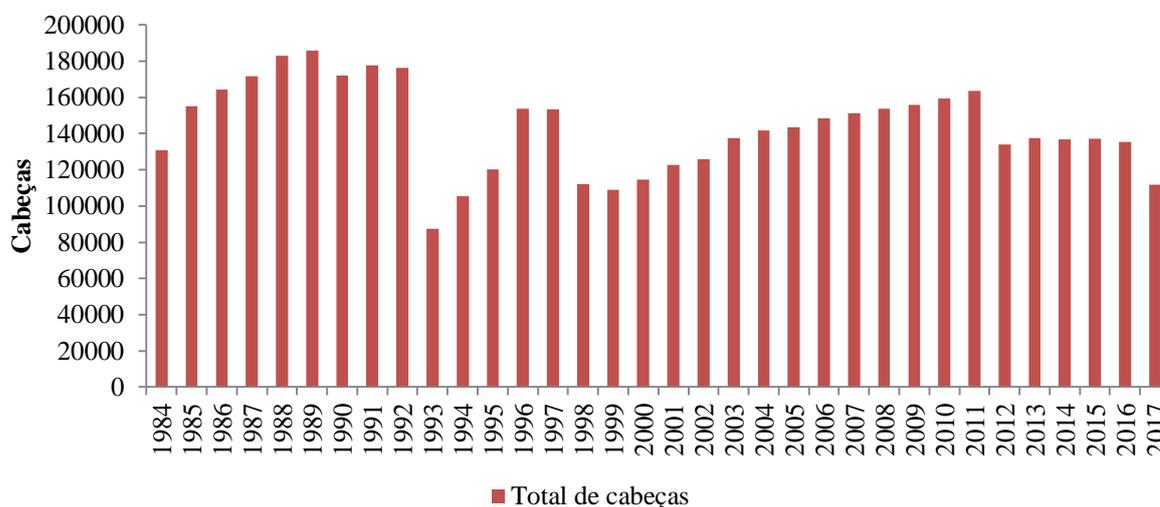
Os modelos de reestruturação fundiária empregados na região semiárida do Brasil, em sua maioria, não obtiveram êxito devido à dissociação de suporte técnico e infraestrutura básica necessária para garantir condições mínimas de sobrevivência e manutenção do potencial produtivo e ambiental local, o que contribui para que os pequenos produtores dependam de financiamento por parte de órgãos governamentais ou financeiros (ARAÚJO; ARRUDA, 2011).

O predomínio da pequena propriedade e minifúndios acarreta no uso intensivo dos solos no município. As práticas de manejo adotadas e os baixos níveis socioeconômicos existentes, superexploram esse recurso, pois muitas vezes a terra é a única fonte de renda das famílias. Além da maior degradação as ações corretivas ou mitigadoras são de complexidade elevada, seja pela alta capilaridade das propriedades ou pela resistência dos proprietários em adotar novas técnicas de manejo.

5.4 Pecuária

A pecuária é uma atividade bastante significativa no município. Analisando a série histórica do total de cabeças de bovinos, caprinos e ovinos no município de Santa Quitéria, percebe-se que o município viveu o ápice produtivo em nº de cabeças nos anos 1985 a 1992 com média de 173.278 cabeças/ano, sendo maioria do rebanho bovino (Gráfico 12). Ocorreu o decréscimo de quase 98% do rebanho no ano de 1993 em relação à média dos anos anteriores. Segundo Ferreira, Ramos e Rosa (2006) além da seca, naquele ano as condições macroeconômicas eram desfavoráveis, registram-se os escassos recursos financeiros e a falta de políticas públicas eficazes para o convívio com esse fenômeno climático e o desenvolvimento pecuário local.

Gráfico 12- Rebanho em Santa Quitéria-CE (1984-2014).

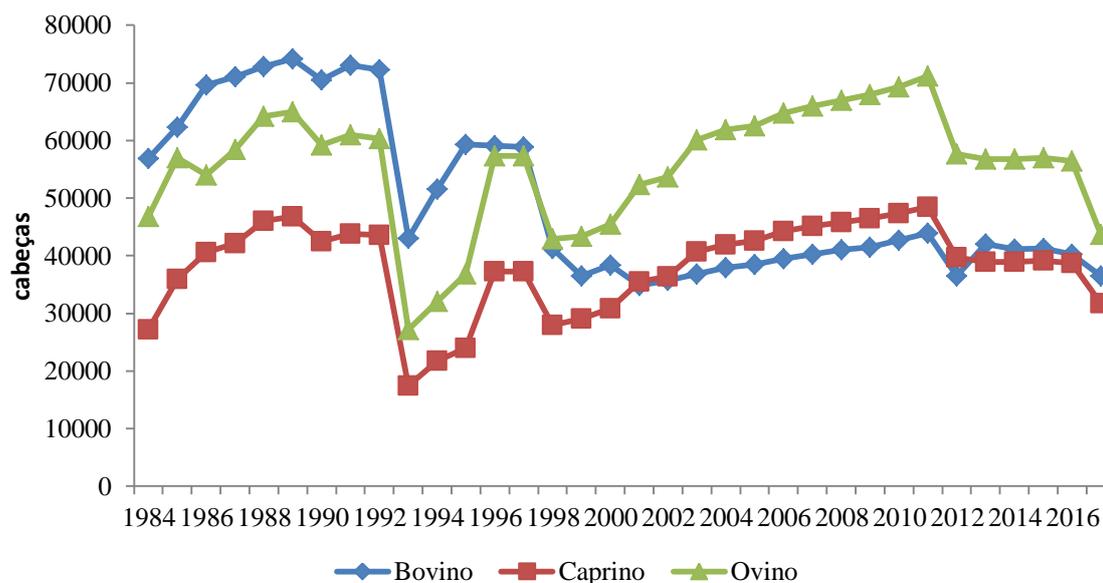


Fonte: Elaboração do autor (2019)

A quantidade de cabeças aumentou gradualmente desde 1999 a 2011, entre 2012 a 2017 houve decréscimo do rebanho, essa diminuição coincide com anos de secas moderadas ou extremas (BURITI; BARBOSA, 2018). Além da quantidade total cabeças, houve uma mudança também na configuração dos rebanhos. Até 1997 o rebanho bovino era o mais importante com média de 58890 cabeças, já no período de

2000 a 2017 a média de cabeças bovinas diminuiu para 39.367, representando uma queda de mais de 33% do rebanho. O rebanho de ovinos e caprinos vem em ascensão nos últimos dezessete anos analisados (2000 a 2017), onde os ovinos obtiveram média de 59454 cabeças e os caprinos de 40.702 cabeças (Gráfico 13).

Gráfico 13– Efetivo de Rebanho (1984-2014) em Santa Quitéria-CE.



Fonte: Elaboração do autor (2019)

Em 2004 foi criado o Programa Leite Fome Zero desenvolvido pela Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Ceará, o que proporcionou o aumento dos rebanhos no município. O objetivo do programa é combater a fome e a desnutrição em cidadãos que estejam em situação de vulnerabilidade social ou em estado de insegurança alimentar e nutricional. Outro objetivo do Programa é fortalecer a produção de leite e a agricultura familiar, garantindo a compra do leite dos agricultores familiares por um preço mais justo, fortalecendo assim a sua cadeia produtiva (SDA, 2014).

O aumento expressivo no rebanho de ovinos e caprinos decorre dos incentivos e apoio governamental existentes no município. O Governo Estadual, em parceria com o Ministério da Integração Nacional, celebrou em 2011 um convênio para apoiar o desenvolvimento da ovinocaprinocultura, que inclui a identificação, mobilização e capacitação de agricultores familiares, além da implantação de núcleos de produção de leite (SDA, 2015a). Outro projeto que existe em Santa Quitéria é o Projeto de Difusão da Produção e Comercialização da Ovinocaprinocultura nos Sertões dos Inhamuns/Crateús – Fase II, que é financiado pela Petrobrás e visa difundir tecnologias

com práticas Agroecológicas de produção e comercialização de caprinos e ovinos (IDEF, 2015).

O decréscimo do rebanho bovino pode ser creditado a melhor adaptação dos caprinos e ovinos devido a menor exigência de pastos. Apesar disso, a bovinocultura continua tendo uma participação importante na pecuária do município e do estado do Ceará. Segundo Silva (2010) a explicação desse fato se dá devido a dois fatores: melhor manejo do rebanho e aptidão regional para produção de leite em detrimento à produção de bovinos para corte. Em virtude da alta produção desse produto, o município de Santa Quitéria é uma das bacias leiteiras do estado.

Observações feitas em campo constataam a presença de ovinos e caprinos nas terras mais degradadas do município (Figura 15).

Figura 15 - Criação de caprinos em área degradada em Santa Quitéria-CE.



Fonte: Autor (2019)

Esse rebanho possui dentição adaptada que lhes permite “puxar” as gramíneas bem rentes ao chão, arrancando-as pela raiz impedido sua rebrota, diferentemente dos bovinos que só consomem a parte superior do pasto. Locais que já foram muito explorados pela pecuária apresentam um solo raso e compactado, devido ação do sobrepastoreio (Figura 16). Constatou-se que a ovinocaprinocultura tem representado um fator de degradação das terras em Santa Quitéria, uma vez que esse rebanho explora os recursos da área até sua exaustão.

Figura 16 – solo compacto em área de pecuária em Santa Quitéria-CE.



Fonte: Autor (2019)

Em Santa Quitéria de acordo com o manejo observado em campo, existem pelo menos três tipos de associação das atividades da pecuária, conforme observado no Quadro 2.

Quadro 2- Práticas de manejo observadas em Santa Quitéria-CE.

Atividade	Descrição
Caprinocultura + silvicultura	Áreas agrícolas esgotadas do ponto de vista produtivo agora adotam a silvicultura como alternativa de renda. Após o corte da vegetação, destinado para lenha ou carvão, adota-se a criação de caprinos e ovinos. O período de pousio não é respeitado e os animais se alimentam das rebrotas que impossibilita o crescimento da vegetação. Essa atividade em geral está associada a áreas com processo de degradação mais avançado.
Bovinocultura + agricultura (feijão ou milho)	Áreas que são criados bovinos para fertilização do solo por meio do esterco animal. Quando se aproxima o período chuvoso retiram-se os bovinos e são plantados feijão ou milho. Do ponto de vista da degradação a técnica promove o sobrepastejo.
Bovinocultura em planície fluvial	A criação de bovinos na planície fluvial associado ao cultivo do capim elefante que são cultivados na planície fluvial, essa técnica é uma das responsáveis pelo desmantelamento da mata ciliar dos corpos hídricos.

Fonte: Autor (2019)

Com a retirada da vegetação, as áreas se tornam mais susceptíveis a sofrerem processos erosivos, principalmente o pluvial, sendo comum observar áreas com erosão laminar no município. Segundo Silva, Schulz e Camargo (2007) a erosão laminar ou entressulcos, caracteriza-se por incidir na retirada de uma camada fina e

relativamente uniforme do solo pela precipitação pluvial e pelo escoamento superficial (Figura 17).

Figura 17– Presença de Erosão laminar em Santa Quitéria, CE.



Fonte: Autor (2019)

A alta densidade de bovinos também é um fator de alteração ambiental, pois além de aumentar a carga por áreas para implantação desses rebanhos existe um aumento na carga sobre os solos que possuem uma capacidade de suporte baixa acrescida do pisoteio excessivo que provoca a compactação dos solos. Conforme Souza (2006) esse fato compromete a capacidade hídrica e a permeabilização da água resultando no escoamento superficial intensificado e resultando numa degradação progressiva da terra que se entende como a perda ou redução da produtividade biológica ou econômica dos mesmos.

Além do manejo empregado nessas áreas, os fatores climáticos também são responsáveis pela degradação das terras, segundo Asner et al. (2004) em ambientes áridos ou semiáridos há uma maior predisposição a mudanças na estrutura dos ecossistemas, mesmo com pressões relativamente baixas.

5.5 Extração Mineral

Segundo o DNPM (2015) o município de Santa Quitéria tem 122 áreas de exploração mineral nas fases de disponibilidade e lavra autorizada. Os produtos mais representativos espacialmente em número de lavras são: minério de zinco (60), minério de ferro (18), calcário (14), fosfato (7), granito (7), quartzito (4), minério de chumbo (3), minério de cobre (3), areia (2), argila (2) e minério de ouro (1). No município, de acordo com interpretação da imagem de satélite e etapa de campo, a exploração mineral de granito nos serrotes foi a única atividade de mineração significativa na escala de mapeamento, sendo a Grsnistone S.A localizada no município a 18ª colocada no ranking dos maiores produtores de produtos mineários no estado do Ceará (Figura 18).

Figura 18- Exploração de granito branco em Santa Quitéria-CE.



Fonte: Autor (2019)

Nos últimos anos, Santa Quitéria alvo de uma polêmica implantação da atividade mineradora de fosfato e urânio. Segundo Gonçalves Júnior e Souza (2012) o minério de urânio na jazida de Itataia foi descoberto a partir de estudos realizados na década de 1970. Em 2010 as Indústrias Nucleares do Brasil – INB estimou a quantidade de reservas geológicas de 142,5 toneladas de urânio associado ao fosfato. O potencial da jazida do município é caracterizado como um dos maiores do País e é a única no mundo a possuir o minério de urânio associado ao fosfato. Em 2019 o projeto de licenciamento da usina foi arquivado pelo IBAMA, alegando irregularidades na documentação, riscos a saúde dos moradores do entorno, do meio ambiente (O POVO, 2019).

A degradação ocorrida as áreas de mineração são irreversíveis, se faz necessário então, alertar quanto ações que objetivem a prevenção e recuperação das áreas degradadas.

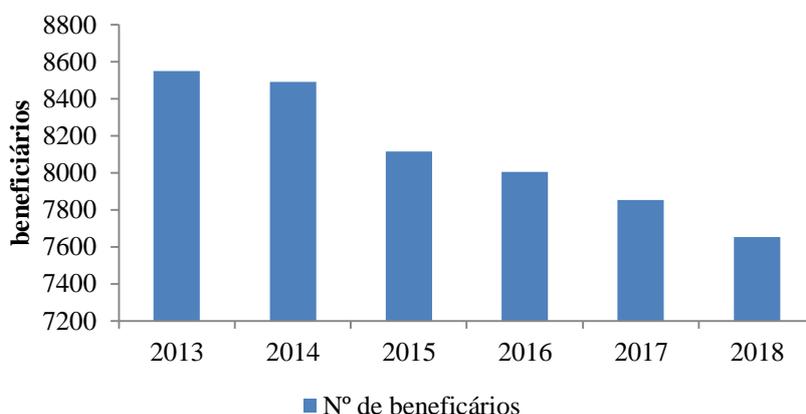
5.6 Benefícios Sociais

Os níveis mais lentos de desenvolvimento nas áreas degradadas no Brasil não podem ser atribuídos apenas às características ambientais da região. A base da persistência das desigualdades está na situação de pobreza que fragiliza as famílias rurais (SILVA, 2008).

Nesse contexto a análise dos benefícios sociais governamentais pode ser um indicador importante. O Bolsa Família é um programa de transferência direta de renda que atende famílias em situação de extrema pobreza e pobreza, identificadas no cadastro único para Programas Sociais do Governo Federal. Atualmente, são elegíveis ao PBF, as famílias que tenham: cadastros atualizados nos últimos 24 meses; e renda mensal por pessoa de até R\$ 89,00 ou renda mensal por pessoa de R\$ 89,01 a R\$178,00, desde que possuam crianças ou adolescentes de 0 a 17 anos em sua composição (MDS, 2018).

No município de Santa Quitéria existiam 8549 beneficiários no ano de 2013, em 2018 eram 7652, ocorrendo uma queda de 10,49% nos últimos 5 anos (Gráfico 14).

Gráfico 14– Número de beneficiários do programa bolsa família em Santa Quitéria



Fonte: Elaboração do autor (2019)

A redução do número de beneficiários não implica necessariamente na melhora do nível de renda da população, uma vez que foram sucessivos os cortes realizados pelo MDS dos beneficiários no município de Santa Quitéria frente a redução de gastos do Governo Federal. Em 2018 das 11838 famílias presentes do cadastro único, 64,64% recebiam o benefício do Bolsa Família.

6 MAPEAMENTO, ÍNDICE DE PROPENSÃO A DESERTIFICAÇÃO E CARBONO ORGÂNICO: SUBSÍDIOS À INVESTIGAÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Nessa etapa apresentam-se os resultados das classes de mapeamento, do Índice de propensão à Desertificação (IPD) e da análise do Carbono Orgânico, bem como as respectivas discussões referentes ao escopo da pesquisa. Buscando trazer subsídios para mensuração dos efeitos da degradação ambiental no município de Santa Quitéria.

6.1 Mapeamento e Classes de mapeamento

As classes de mapeamento do uso e cobertura da terra do município de Santa Quitéria foram definidas de acordo com resposta espectral da imagem de satélites subsidiado pelas chaves de interpretação obtidas no trabalho de campo conforme a metodologia adotada. O Quadro 3, conta com a descrição e porcentagem das classes de mapeamento.

Quadro 3- Descrição das Classes de mapeamento de Uso da Terra.

Classe	Descrição	Área e porcentagem de acordo com a classificação
Caatinga Fortemente degradada Área de Pecuária extensiva/ (Ape)	Cobertura vegetal fortemente desconfigurada com porte a herbáceo-arbustivo associada à pecuária. Área com alta pedregosidade e presença do pavimento desértico.	374,67 Km ² (8,79 %)
Caatinga moderadamente degradada associada a pecuária e silvicultura (Cmdps)	Cobertura vegetal parcialmente desconfigurada com porte a arbustivo-arbóreo associada à pecuária e silvicultura. Área com pedregosidade média.	1525,3 Km ² (35,8%)
Caatinga levemente degradada associada a agropecuária e silvicultura (Cldps)	Cobertura vegetal parcialmente desconfigurada com porte arbustivo-arbóreo associada à agropecuária e silvicultura. Área com ausência aparente de pedregosidade.	1642,4 Km ² (38,54 %)
Caatinga moderadamente conservada/em estado de Pousio (Cmcp)	Caatinga arbórea parcialmente conservada com características naturais remanescentes do recobrimento vegetal primário. Área em estado de pousio. Área com ausência de pedregosidade.	274,65 Km ² (6,44 %)
Mata ciliar fortemente degradada associada a agricultura e pecuária (Mcdp)	Mata ciliar ribeirinha arbóreo-arbustiva parcialmente degradada com recobrimento secundário	283,25 Km ² (6,64%)

	associado à atividade agropecuária.	
Mata Ciliar moderadamente conservada associada a agricultura (Mcmca)	Mata ciliar ribeirinha arbóreo-arbustiva parcialmente conservada com características de recobrimento vegetal natural e presença pontual de agricultura de subsistência	66,20 Km ² (1,55%)
Área de Mineração de granito (Min).	Área de exploração de granito (branco ou róseo)	11,65 Km ² (0,27%)
Nuvens	Nuvens presentes na imagem de satélite,	21,7 Km ² (0,5%)
Água	Corpos hídricos (rios, lagos e lagoas)	48,3 Km ² (1,13%)
Áreas urbanas	Áreas urbanizadas do município.	12,43 Km ² (0,29%)

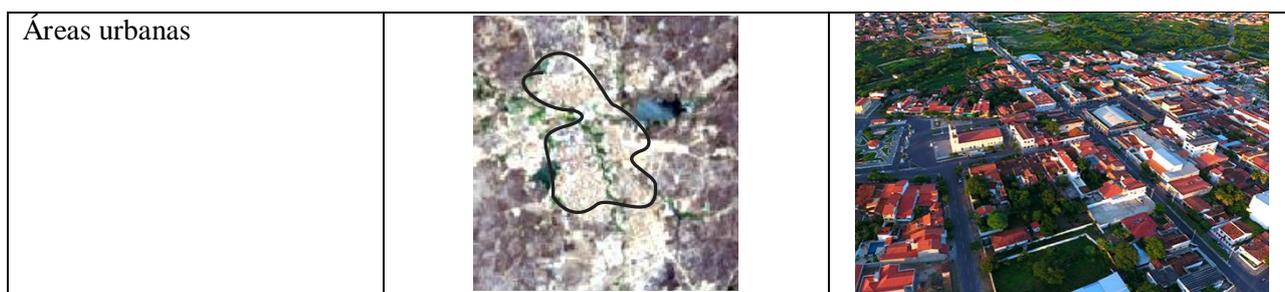
Fonte: Elaboração do autor

Com base na realização de observações em campo foi possível realizar o registro fotográfico e associar ao padrão observado na imagem do LANDSAT8 das áreas amostradas em Santa Quitéria. O resultado dessa etapa está expressa no Quadro 4.

Quadro 4- Classes de mapeamento padrão na imagem e registro fotográfico.

Classe	Padrão na imagem do LANDSAT8	Registro Fotográfico
Caatinga Fortemente degradada Área de Pecuária extensiva/ (Ape)		
Caatinga moderadamente degradada associada a pecuária e silvicultura (Cmdps)		
Caatinga levemente degradada associada a agropecuária e silvicultura (Cldps)		

<p>Caatinga moderadamente conservada/em estado de Pousio (Cmcp)</p>		
<p>Mata ciliar fortemente degradada associada a agricultura e pecuária (Mcdp)</p>		
<p>Mata Ciliar moderadamente conservada associada a agricultura (Mcmca)</p>		
<p>Área de Mineração de granito (Min).</p>		
<p>Nuvens</p>		<p>-----</p>
<p>Água</p>		



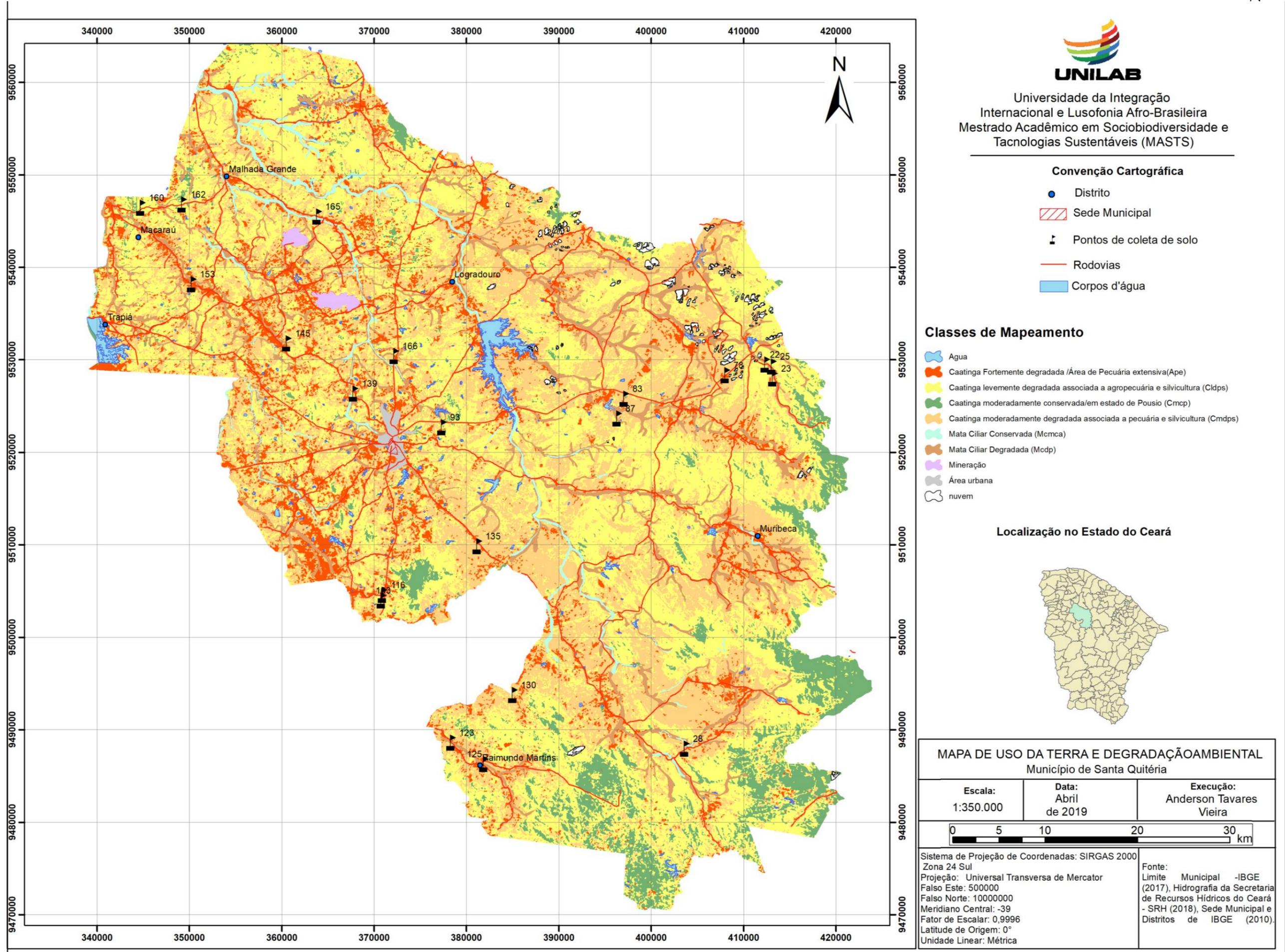
Fonte: Elaboração do Autor (2019)

As áreas de nuvens, corpos d'água e área urbana totalizaram uma área de 82,43Km² e foram mapeados separadamente. As classes de Caatinga levemente degradada associada a agropecuária e silvicultura (Cldps) (38,54%) e caatinga moderadamente degradada associada a pecuária e silvicultura (Cmdps) (35,8%) foram as mais representativas no mapeamento.

A classe de Caatinga Moderadamente Conservada/ Pousio (Cmcp) mostrou-se pouco significativa com percentual de 6,44%, o que revela o grau de degradação e exploração acentuado desses locais. Essas áreas são representadas principalmente por locais em estado de Pousio e lugares com maior grau de declividade, sejam serras ou serrotes, o que restringe o uso e aproveitamento agropecuário dessas terras devido a dificuldade de acesso a essas áreas.

A classe Área de Caatinga Fortemente Degradada /Pecuária Extensiva/ (Ape) representa aproximadamente 8,79% do município e mostrou-se a área com maior grau de degradação de acordo com análise da imagem de satélite e etapa de campo. A Mata Ciliar fortemente degradada associada a agricultura e pecuária (Mcdap) foi representativa no mapeamento ocupando cerca de 6,64% do município, em comparação com a Mata Ciliar Moderadamente Conservadas (Mcmca), cerca de 1,5%. Esse fato é explicado pelo uso das áreas de planície fluvial para atividades agropecuárias, o que tem provocado a desconfiguração das matas ciliares.

Figura 19- Mapeamento de uso da terra e degradação ambiental em Santa Quitéria-CE



6.2 Índice de propensão a desertificação (IPD)

O índice foi calculado em duas etapas, a primeira consistiu na padronização dos dados, conforme a metodologia apresentada e depois no cálculo do índice (Tabela 1)

Tabela 1- Resultados brutos e valores padronizados do índice de propensão a desertificação.

Município	% Área Cultivada/Área Estab. Agrop. - percentual	Carvão vegetal (T) (2017)	Lenha + madeira em Tora (m³) (2017)	Nº de Focos de Incêndios	Rebanho Ovinocaprino/km² (2017) - relação	Rebanho Bovino/km² (2017)	Anos de Estudo número	% Terras degradadas	% de estabelec < 10 hectares (2017)	Índice de dist. de chuvas	Escoam. Sede jan_jun 2017
Santa Quitéria	0,31	0,05	0,16	1,00	0,12	0,07	0,38	1,00	0,52	0,78	1,00
Canindé	0,58	1,00	1,00	0,98	0,35	0,02	0,97	0,63	1,00	0,64	1,00
Irauçuba	0,27	0,02	0,02	0,31	0,23	0,16	0,00	0,58	0,38	0,97	0,29
Itapajé	1,00	0,02	0,01	0,16	0,00	0,62	0,66	0,70	0,67	0,00	0,10
Miraíma	0,07	0,01	0,12	0,21	0,22	0,18	0,13	0,09	0,14	0,83	0,56
Alto Santo	0,09	0,00	0,00	0,31	0,32	0,60	1,00	0,17	0,26	0,89	0,06
Arneiroz	0,05	0,00	0,04	0,03	1,00	0,00	0,48	0,30	0,27	0,96	0,03
Independência	0,07	0,00	0,17	0,27	0,70	0,25	0,29	0,29	0,51	0,95	0,66
Jaguaretama	0,00	0,00	0,05	0,04	0,75	0,89	0,70	0,74	0,00	0,90	0,23
Jaguaribara	0,00	0,00	0,07	0,00	0,39	0,75	0,45	0,00	0,96	0,89	0,06
Jaguaribe	0,01	0,00	0,14	0,24	0,60	1,00	0,70	0,39	0,48	0,87	0,00
Morada Nova	0,09	0,01	0,19	0,19	0,43	0,90	0,39	0,27	0,61	1,00	0,44
Tauá	0,10	0,00	0,15	0,43	0,85	0,23	0,34	0,21	0,39	0,95	0,38

...CONTINUA

Município	Índice de Aridez	Climatologia	% perda de safra (2012) -	% de Área c/ Matas e florestas	valorlav/ ha. R\$ (2017) -	vallav /poptot R\$ (2017)	%bfam/famcad	Rendimento Feijão 2017 (Kg/ha)	Rendimento Milho 2017 (Kg/ha)	Qualidade da água (meq/ml)	Precipitação Observada jan-jun (2017)	Desvio normalizado das chuvas
Santa Quitéria	0,75	0,23	0,71	0,00	0,93	0,00	0,23	1,00	0,65	0,02	0,48	0,35
Canindé	0,60	0,70	0,22	0,65	0,91	0,89	0,72	0,65	0,51	0,00	0,61	0,19
Irauçuba	0,00	1,00	0,08	1,00	0,95	0,84	1,00	0,61	0,33	0,03	0,99	0,50
Itapajé	1,00	0,00	0,00	0,84	0,52	0,50	0,17	0,53	0,95	0,03	0,00	0,00
Miraíma	1,00	0,39	0,22	0,33	0,91	1,00	0,93	0,42	1,00	0,03	0,48	0,24
Alto Santo	0,75	0,35	0,80	0,86	0,94	0,65	0,02	0,83	0,05	0,08	0,72	0,57
Arneiroz	0,20	0,69	0,99	0,95	1,00	0,97	0,05	0,33	0,20	0,05	0,92	0,63
Independencia	0,30	0,70	0,87	0,89	0,99	0,91	0,80	0,00	0,00	0,11	0,90	0,60
Jaguetama	0,50	0,02	0,73	1,00	0,88	0,99	0,21	0,70	0,18	0,24	0,99	1,00
Jaguaribara	0,60	0,35	0,75	0,96	0,00	0,59	0,56	0,82	0,30	0,06	0,79	0,65
Jaguaribe	0,25	0,33	0,82	0,98	0,69	0,91	0,37	0,74	0,39	1,00	0,95	0,85
Morada Nova	0,50	0,40	0,75	0,88	0,78	0,69	0,79	0,63	0,22	0,12	1,00	0,89
Tauá	0,35	0,89	1,00	0,69	0,91	0,74	0,00	0,32	0,34	0,15	0,94	0,51

Fonte: Autor (2019)

A padronização dos dados permitiu realização das simulações para a obtenção do IPD, observa-se que os dados são informações de órgãos públicos oficiais (IBGE, INCRA, IPECE) e dados proporcionais obtidos por meio do razões e porcentagens dos dados anteriormente citados, como é o caso do valor da lavoura dividido pela população total e por hectares do município.

A segunda etapa consistiu nas simulações das variáveis, a Simulação 1 foram testadas 19 variáveis, na simulação 2 testou-se 14 e simulação 3, usou-se 18 variáveis. (Quadro 5)

Quadro 5– Variáveis utilizadas em cada simulação

Variável	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3
% Área Cultivada/Área Estab. Agrop. – percentual	X	X	X
Carvão vegetal (T) (2017)	X	X	X
Lenha + madeira em Tora (m³) (2017) -	X	X	X
Nº de Focos de Incêndios	X	X	X
Rebanho Ovinocaprino/km² (2017) -	X	X	X
Rebanho Bovino/km² (2017)	X	X	X
Anos de Estudo número	X	X	
% Terras degradadas	X	X	X
% de estabelec < 10 hectares (2017)	X	X	X
Índice de dist. de chuvas	X	X	X
Escoam. Sede jan_jun 2017			X
Índice de Aridez	X	X	X
Climatologia	X	X	X
% perda de safra (2017) -	X		X
% de Área c/ Matas e florestas	X	X	X
valorlav/ ha. R\$ (2017) -	X		
vallav /poptot R\$ (2017)	X		
%bfam/famcad	X		
Rendimento Feijão 2017 (Kg/ha)			X
Rendimento Milho 2017 (Kg/ha)			X
Qualidade da água (meq/ml)	X	X	X
Precipitação Observada jan-jun (2017)			X
Desvio normalizado das chuvas	X		

Fonte: Elaboração do autor (2019)

Na Simulação 3, o município de Santa Quitéria apresenta alta vulnerabilidade, já nas simulações 1 e 2 apresenta média vulnerabilidade, (Quadro 6). Dentre as variáveis observadas em Santa Quitéria as que mais interferiram negativamente (considerou-se valores maiores ou iguais a 0,8 do índice padronizado) nas três simulações, foram: número de focos de incêndio, porcentagem de terras degradadas, valor da produção agrícola dividida pela área em hectares do município (vallav/ha), rendimento do feijão e escoamento na sede.

Quadro 6– Resultado do IPD nas três simulações

Município	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Média
Santa Quitéria	0,40	0,38	0,49	0,42
Canindé	0,64	0,65	0,62	0,64
Irauçuba	0,44	0,35	0,40	0,40
Itapajé	0,36	0,41	0,37	0,38
Miraíma	0,37	0,27	0,35	0,33
Alto Santo	0,46	0,41	0,40	0,42
Arneiroz	0,46	0,36	0,39	0,40
Independência	0,51	0,39	0,42	0,44
Jaguaretama	0,51	0,42	0,44	0,46
Jaguaribara	0,42	0,39	0,43	0,41
Jaguaribe	0,56	0,50	0,51	0,52
Morada Nova	0,52	0,43	0,48	0,48
Tauá	0,47	0,41	0,47	0,45

Fonte: Elaboração do autor (2019)

Observando as que contribuíram positivamente para o índice (valores abaixo de 0,3) tem-se: Rebanho Ovinocaprino/km², Rebanho Bovino/km², Carvão vegetal, Lenha + madeira em Tora, Climatologia, valor da produção agrícola dividida pela população total (vallav /poptot), % bolsa família por cadastro único (bfam/famcad) e qualidade de água. Nesse contexto nota-se que as variáveis que mais polarizam o índice são as relacionadas ao uso terra: rebanhos, exploração agrícola, estabelecimentos agropecuários e silvicultura.

O resultado obtido é semelhante ao estudo de Barbosa e Campos (2014, p. 154) que utilizaram o IPD para uma região do Ceará, “os fatores antrópicos causados pelo homem, tais como a expansão da fronteira agrícola, a superexploração dos minifúndios e o aumento do rebanho de ovinos e caprinos, os quais provocam um aumento da compactação do solo pela forte pressão sobre o pasto existente, que vai ao longo dos anos provocando a degradação dessas áreas e, conseqüentemente, a desertificação”.

Vale tomar nota dos resultados do índice de Santa Quitéria em relação aos demais municípios, onde obteve-se o valor médio de 0,42, sendo o oitavo pior índice do total analisado. Municípios que já são núcleos de desertificação consolidados como Jaguaribe e Canindé apresentaram os piores índices. Nesse contexto, temos o município de Irauçuba apesar de ser fortemente degradado (CGEE,2016) apresentou um índice abaixo do esperado, sendo influenciado principalmente pelas variáveis: anos de estudo, índice de aridez e carvão vegetal.

O índice mostrou um resultado que corrobora com o resultado do mapeamento e dos dados socioeconômicos, porém no cálculo desse índice as variáveis são tratadas com o

mesmo peso, então se indica nesse caso, realizar o cálculo da variância e atribuir de diferentes pesos as variáveis para obtenção de resultados que reflitam melhor a realidade.

6.3 Carbono Orgânico

O tipo de solo influencia também na concentração de carbono orgânico, por isso é necessário o conhecimento sobre a classificação do solo no local em que foi realizada a coleta (CUNHA et al., 2010). No município de Santa Quitéria foram identificados 4 tipos de solos na escala de mapeamento de Funceme (2009), sendo classificadas no primeiro nível categórico pelo Embrapa (2013) como: Argissolos, Planossolos, Neossolos Litólicos e Regolíticos e Planossolo. A Figura 20 mostra os pontos amostrados e os tipos de solo do município.

Os resultados da concentração de carbono em cada ponto estão mostrados no Quadro 7, bem como o tipo de solo, registro fotográfico, informações sobre a área e classe de mapeamento. Devido a quantidade de estudos incipientes sobre a relação do Carbono Orgânico (CO) e degradação solo, utilizou-se para critério comparativo os parâmetros estabelecidos por Angelotti et al. (2010), que mediu o Carbono Orgânico em horizonte superficial (0-20cm) em caatinga hiper e hipoxerófila em diferentes tipos de solos, os valores médios de referência estão mostrados no quadro supracitado.

Dentre os pontos amostrados temos a predominância do Luvisolo nas amostras, que recobre maior parte do município. Ao se relacionar os resultados das amostras com as classes de mapeamento, temos áreas classificadas como Caatinga Fortemente Degradada/Área de Pecuária extensiva com concentrações de CO menores que a referência utilizada. Como é o caso das amostras: P-103, P-153 e P-25. Sendo áreas que apresentam menor quantidade de vegetação e maior pressão do uso conforme observado em campo.

Quanto ao estado de conservação moderadamente conservado temos P-28, que apresenta valor de concentração de CO próximo a referência, já os pontos P-87 e P-116 apresentaram valores menores que o referencial observado. Tal fato pode ser explicado pela limitação da referência utilizada ou pela exposição da área a determinado manejo que comprometeu a disponibilidade de carbono. Tais resultado corroboram com o observado por Cerri et al. (2008) que além dos fatores climáticos e biogeoquímicos, os estoques de carbono são influenciados diretamente por mudanças no uso e ocupação do solo, inclusive pela mudança de áreas nativas para áreas agrícolas ou pastoris (CERRI; FEIGL; CERRI, 2008).

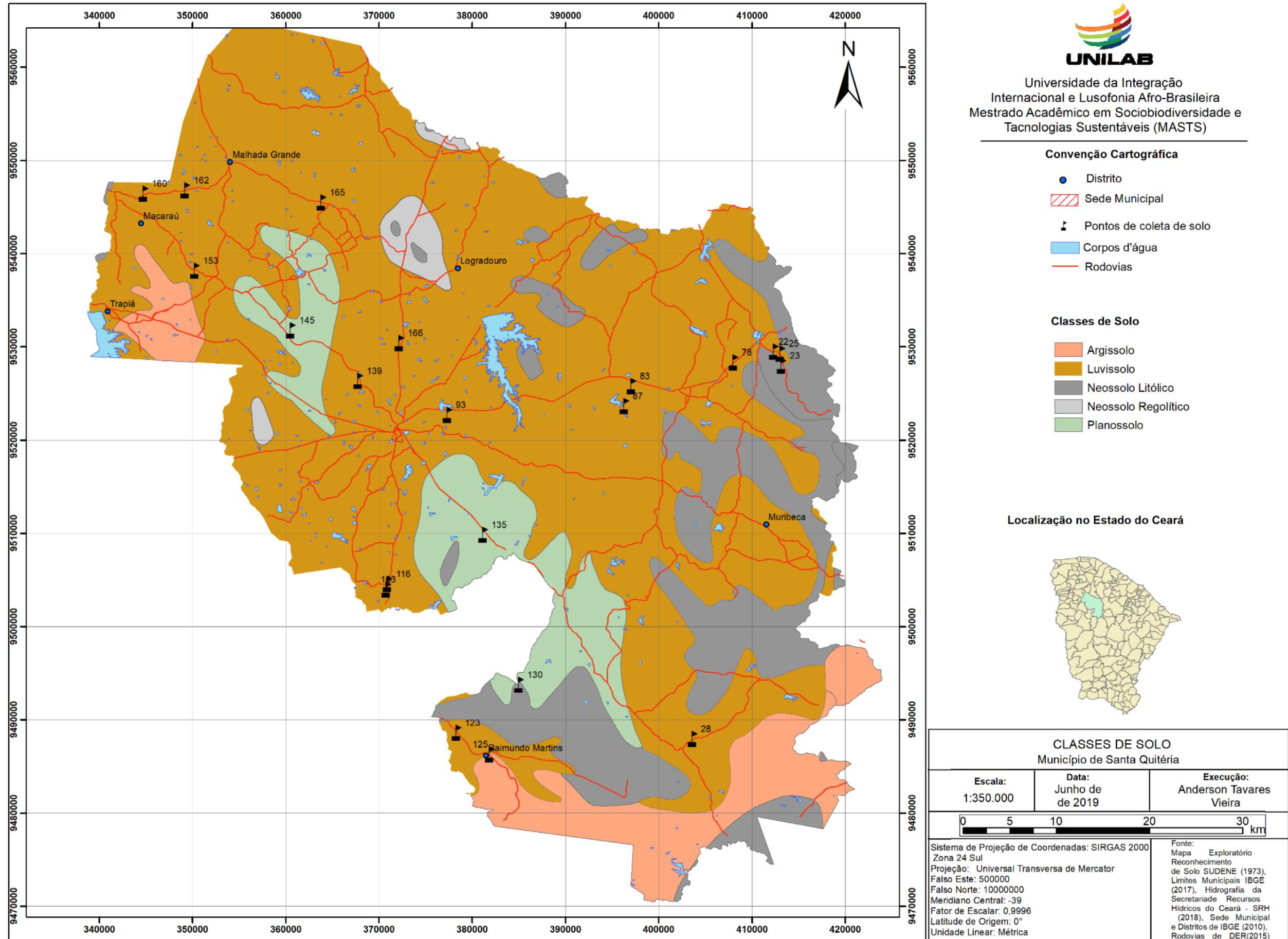
Em relação as amostras de Luvisolo com as maiores concentrações de CO, estão P-93, P-165. P-166 (Levemente degradado) e P -160 (moderadamente conservado), essas

amostras apresentaram quase o dobro de carbono orgânico que a referência utilizada. São áreas ainda em estado de pousio com presença de uma vegetação predominante arbórea, confirmando o que foi observado por Ferreira (2015) em sua pesquisa no semiárido cearense que o manejo de pousio proporciona aumento do teor de carbono orgânico.

Quanto ao Neossolo Litólico temos as amostras P-130, P-22 e P-23, todas apresentaram concentrações de carbono cerca de 40% abaixo do valor de referência em situação de moderada degradação. Vele tomar nota do P-130, por ser uma área que apresenta serapilheira, vegetação arbórea e solo não compactado, onde o teor de carbono analisado foi menor que a referência. Segundo Valbrun et al. (2018) o acúmulo de serapilheira, o não revolvimento do solo e a baixa lixiviação de carbono no perfil, pode provocar a baixa solubilidade dos resíduos orgânicos e por conseguinte impactar na concentração de carbono orgânico no solo.

Os Planossolos amostrados P-135 e P-145, ambos em estágio moderadamente degradados (sendo o P-145 com a maior concentração de CO). Tais amostras estão em áreas com presença de vegetação herbácea, Segundo Rosa *et al.*, (2003), a retirada parcial e/ou completa da cobertura do solo, tem como consequência a redução dos teores de carbono orgânico total no solo. As matas ciliares degradadas (P- 123 e P-125) amostradas apresentaram teores de carbono orgânico abaixo da referência, essas áreas são em geral utilizadas para agricultura.

Figura 20– Classificação de solos Município de Santa Quitéria



Quadro 7 - Amostras de carbono orgânico e características da área

Amostr as	COT (g/kg)	Classificaçã o do solo (SiBCS)	COT (g/kg) – Referencia (ANGELOTTI et al.,2010)	Informações sobre a área/ Classe de Mapeamento	Registro do Perfil	Área da Coleta
P- 78	9,56	Luvissolo	11,8	Fortemente degradada, uso de pecuária vegetação espaçada porte arbustivo, solo com grau de compactação (Ape)		
p-83	14,8	Luvissolo	11,8	Moderadamente degradada, uso de silvicultura e pecuária, presença de rebrotas (Cmdps)		
p-87	7,25	Luvissolo	11,8	Moderadamente degradada, vegetação pouco espaçada, uso para silvicultura (Cmdps)		

p-93	20,64	Luvissole	11,8	Levemente degradada Vegetação arbustiva-arbórea, levemente espaçada, presença de serapilheira, uso pra silvicultura (Cldps)		
p-103	7,85	Luvissole	11,8	Fortemente degradada, solo compactado vegetação herbácea-arbustiva. (Ape)		
p-116	5,84	Luvissole	11,8	Moderadamente degradada, vegetação arbustiva densa, solo não compactado, uso pecuária. (Cmdps)		

p-123	8,45	Luvissole	11,8	Mata ciliar degradada, uso agricultura irrigada. (Mcdp)		
p-125	3,52	Argissolo	8,9	Mata ciliar degradada, uso agricultura. (Mcdp)		
p-130	6,44	Neossolo Litólico	10,4	Moderadamente degradado, vegetação arbustiva, solo não compactado, uso silvicultura. (Cmdps)		

p-135	7,15	Planossolo	7,4	Moderadamente degradada, uso para silvicultura presença de serapilheira (Cmdps)		
p-139	4,03	Luvissolo	11,8	Moderadamente degradada, vegetação herbácea - arbustiva, espaçada, presença de serapilheira. (Cmdps)		
p-145	13,89	Planossolo	7,4	Moderadamente degradada, uso de silvicultura e pecuária presença de serapilheira. (Cmdps)		

p-153	9,16	Luvissole	11,8	Fortemente degradado, uso para pecuária, vegetação herbácea, solo compactado. (Ape)		
p-160	21,75	Luvissole	11,8	Moderadamente conservada, área em estado de pousio. (Cmcp)		
p-162	13,29	Luvissole	11,8	Moderadamente degradada, uso de silvicultura, vegetação levemente espaçada, presença de serapilheira. (Cmdps)		

p-165	24,87	Luvissole	11,8	Levemente degradada, vegetação arbustiva-arbórea, pouco espaçada. (Cldps)		
p-166	18,12	Luvissole	11,8	Levemente degradada, uso para silvicultura, presença de serapilheira. (Cldps)		
p-22	4,86	Neossolo Litólico	10,4	Moderadamente degradada, uso para pecuária, presença de serapilheira. (Cmdps)		

p-23	5,7	Neossolo Litólico	10,4	Moderadamente degradada, uso para pecuária, vegetação espaçada. (Cmdps)		
P-25	6,24	Luvissole	11,8	Fortemente degradado, uso para pecuária, vegetação herbácea, solo compactado (Ape)		
P-28	8,34	Luvissole	11,8	Moderadamente degradada, uso para pecuária, vegetação arbustiva, vegetação espaçada (Ape)		

Fonte: Autor (2019)

Em relação a um comparativo do estoque de carbono orgânico pode-se observar em ordem de concentração (do menor para o maior) no Quadro 8. A menor concentração foi na amostra P-125, trata-se de uma área de mata ciliar degradada com uso para agricultura, estando sujeita a processos erosivos devido ao desmantelamento da vegetação ripária. Segundo FAO (2019) a cada episódio de erosão remove-se um incremento de matéria orgânica e conseqüentemente carbono no orgânico do solo.

Quadro 8 – Carbono Orgânico das amostras por ordem de concentração

Amostras	COT (g/kg)	Classificação do solo (SiBCS)	Informações sobre a área/Classe de Mapeamento
P-125	3,52	Argissolo	Mata ciliar degradada, uso agricultura (Mcdp)
P-139	4,03	Luvisolo	Levemente degradada, vegetação arbustiva-arbórea, levemente espaçada, presença de serapilheira.(Cldps)
P-22	4,86	Neossolo Litólico	Moderadamente degradada, uso para pecuária, presença de serapilheira (Cmdps).
P-23	5,7	Neossolo Litólico	Moderadamente degradada, uso para pecuária, vegetação espaçada (Cmdps).
P-116	5,84	Luvisolo	Moderadamente degradada, vegetação arbustiva, solo não compactado, uso pecuária.(Cmdps)
P-25	6,24	Luvisolo	Fortemente degradado, uso para pecuária, vegetação herbácea, solo compactado (Ape)
P-130	6,44	Neossolo Litólico	Moderadamente degradado, vegetação arbustiva, solo não compactado, uso silvicultura.(Cmdps)
P-135	7,15	Planossolo	Moderadamente degradada, uso para silvicultura presença de serapilheira (Cmdps)
P-87	7,25	Luvisolo	Moderadamente degradada, vegetação pouco espaçada, uso para silvicultura (Cmdps)
P-103	7,85	Luvisolo	Fortemente degradada, solo compactado vegetação herbácea-arbustiva (Ape)
P-28	8,34	Luvisolo	Moderadamente degradada, uso para pecuária, vegetação arbustiva, vegetação espaçada (Ape)
P-123	8,45	Luvisolo	Mata ciliar degradada, uso agricultura irrigada (Mcdp)
P-153	9,16	Luvisolo	Fortemente degradado, uso para pecuária, vegetação herbácea, solo compactado(Ape)
P- 78	9,56	Luvisolo	Fortemente degradada, uso de pecuária vegetação espaçada porte arbustivo, solo com grau de compactação(Ape)
P-162	13,29	Luvisolo	Moderadamente degradada, uso de silvicultura, vegetação levemente espaçada, presença de serapilheira (Cmdps).
P-145	13,89	Planossolo	Moderadamente degradada, uso de silvicultura e pecuária presença de serapilheira.(Cmdps)
P-83	14,8	Luvisolo	Moderadamente degradada, uso de silvicultura e pecuária, presença de rebrotas (Cmdps)
P-166	18,12	Luvisolo	Levemente degradada, uso para silvicultura e pecuária presença de serapilheira (Cmdps).

P-93	20,64	Luvissole	Levemente degradada Vegetação arbustiva-arbórea, levemente espaçada, presença de serapilheira, uso pra silvicultura (Cldps)
P-160	21,75	Luvissole	Moderadamente conservada, área em estado de pousio (Cmcp)
P-165	24,87	Luvissole	Levemente degradada, vegetação arbustiva-arbórea, pouco espaçada(Cldps)

Fonte: Autor (2019)

Os pontos com uso de pecuária P-22 e P-23 de Neossolo Litólico e P-116 e P-25 de Luvissoles estão entre as seis menores concentrações de CO. Em contrapartida as maiores concentrações de CO (P-166, P-93,P-160 e P-165) estão áreas sem uso da pecuária ou em áreas em estado de pousio. Evidenciando a relação do uso com a concentração de carbono orgânico. Segundo Sampaio e Costa (2011) áreas cobertas com vegetação nativa de caatinga arbustiva e arbórea têm um estoque de biomassa vegetal maior que o de áreas cobertas com vegetação herbácea, como as pastagens, e maior que as áreas plantadas com culturas de ciclo curto, o estoque de CO no solo segue o mesmo padrão.

Nesse contexto, a metodologia utilizada permitiu relacionar o carbono orgânico com a classe de mapeamento, porém aponta-se uma limitação, pois áreas com classificações diferentes, como por exemplo, fortemente degradadas (P-78 e P-153) apresentaram concentrações de CO maiores que áreas moderadamente degradadas (P-135 e P-87). Tal fato pode ser explicado pelo uso semelhante das áreas e também o tempo de exposição ao uso que não foi medido pela pesquisa, porém a maior diferença de COT não passou 4,1 g/kg. A amostra P-139 foi a única que destoou consideravelmente, pois a mesma apresentou uma baixa concentração de CO, sendo uma área classificada como Levemente Degradada. Nesse caso, uma possível alternativa a ser realizada é a análise de CO em diferentes profundidades (ROSSETTI; CENTURION,2015).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso não manejado dos recursos da caatinga e a pressão provocada pelas atividades agrosilvipastoris têm contribuído para degradação das terras e para o desencadeamento dos processos de desertificação no município de Santa Quitéria. As atividades agrícolas não manejadas em especial as praticadas em pequenas propriedades tem contribuído para esse cenário.

A diminuição das culturas permanentes em função do aumento das culturas temporárias evidencia a degradação e perda do potencial produtivo das terras. A pecuária de caprinos e ovinos menos exigente em relação a forragem, tem sido uma alternativa de renda no município, porém essa atividade vem degradando áreas por impedir a renovação da vegetação, deixando o solo exposto e sujeito aos processos erosivos

Apesar dos benefícios sociais (como o bolsa família) serem indicadores utilizados na literatura como identificador da degradação ambiental, não se conseguiu relacionar diretamente nesse estudo com processos inerentes a degradação, pois os dados não permitem precisar o real motivo da diminuição dos beneficiários.

Pode-se inferir que a pressão do uso no município tem contribuído para degradação dos recursos naturais. O mapeamento mostrou as classes de caatinga moderadamente degradada associada a pecuária e silvicultura (Cmdps) (35,8%), Área de Caatinga Fortemente Degradada /Pecuária Extensiva/ (Ape) (8,79%) e Mata ciliar fortemente degradada associada a agricultura e pecuária (Mcdp) representa aproximadamente 6,64%. Esses resultados mostram que 51,23% das terras de Santa Quitéria estão de moderadas a fortemente degradadas. Nesse contexto, se deve especial atenção por parte dos órgãos de governo na tomada de medidas mitigadoras, visto que o município vem perdendo área de terras produtivas e esse processo pode ser irreversível.

O Índice de Propensão a Desertificação mostrou um resultado eficiente para diagnóstico da degradação no município, porém deve-se aperfeiçoar a metodologia de cálculo para atribuir diferentes pesos as variáveis de acordo com o cálculo da variância, a fim de obter-se uma melhor acurácia do índice.

A análise da cobertura vegetal e uso da terra utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto atrelado aos dados socioeconômicos mostrou-se eficaz na presente pesquisa para a compreensão do ambiente natural e para identificar áreas em processo de desertificação e degradação no município de Santa Quitéria

Observou-se que o uso da terra influencia a concentração de carbono orgânico, em áreas mais degradadas tem-se uma menor concentração deste componente. Áreas com uso da

pecuária apresentaram menores concentrações de CO. Mesmo o CO mostrando-se eficaz para mostrar o grau de degradação do solo no presente estudo. Se faz necessário a análise de outros parâmetros como tempo de uso e outras análises químicas como Nitrogênio e biomassa microbiana para um resultado mais apurado.

REFERENCIAS

ADECE. Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará, 2012. **Frutas do Ceará**. Disponível: http://www.adece.ce.gov.br/phocadownload/Eventos/Frutal_2012/frutas%20do%20ceara_frutal_2012_pdf. Acesso: 12 out. 2018.

ALVES, J. J. A; ARAÚJO, M. A. ; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: Uma Investigação Ecogeográfica. **Revista Caatinga**. Mossoró, v.22, n. 3, p 126-135. jul./set. 2009.

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. de; CÂNDIDO, G. A. Indicadores Socioeconômicos e a Desertificação no Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 20, n. 2, p.19-40, abr. 2017.

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. de; CÂNDIDO, G. A. Indicadores socioeconômicos e a desertificação no alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 20, n. 2, p.19-40, abr. 2017.

ANDRADE, J. B.; OLIVEIRA, T. S. Análise Espaço-Temporal do Uso da Terra em parte do Semi-Árido Cearense. **R. Bras. Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p.393-401, abr. 2004.

ANGELOTTI, F et al. Cenários de mudanças climáticas para Semiárido brasileiro. In: **Semiárido Brasileiro: Pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 126-158.

ARAÚJO FILHO, J. A. Histórico do uso dos solos da Caatinga. In: ARAUJO, Q. R. (Ed.). **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 605.

ARAÚJO FILHO, J. A.. **Manejo pastoril sustentável da Caatinga**. Projeto Dom Helder Câmara. Recife, 2013.200p.

ARAÚJO, A. E. de. **Construção Social dos Riscos e Degradação Ambiental: Município de Souza, um estudo de caso**. 2002. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)– Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

ARAÚJO, D. T. de. **Indicadores de Degradação Ambiental / Desertificação no Município de Parambu - CE**. 2016. 149 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

ARAÚJO, E. A. et al. Avaliação da precipitação acumulada mensal estimada por sensoriamento remoto para o estado do Espírito Santo. In: SANTOS, Alexandre Rosa dos et al (Org.). **GEOTECNOLOGIAS & ANÁLISE AMBIENTAL: Aplicações Práticas**. Alegre: Geomática, 2015. p. 118-133.

ARAÚJO, J. A. de. **Caatinga, Antropismo, Impactos e Mitigação**. Seminário: Pacto pela Convivência com o Semiárido. Fortaleza: Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos da Assembleia Legislativa do Estado do Ceará, 2010.

ARAÚJO, J. M.; ARRUDA, D. B. Práticas de Sustentabilidade no Semiárido Nordeste: Direito ao Desenvolvimento Econômico-Sustentável. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 8, n. 16, p.235-260, 03 dez. 2011.

ASNER, G. P et al. Grazing Systems, Ecosystem Responses, and Global Change. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 29, n. 1, p. 261–299, 21 nov. 2004

AUGUSTO, R.C; SEABRA, V. S; RANGEL, A. L. Mudanças de uso e cobertura da terra e impactos ambientais nas bacias hidrográficas dos rios Guandu, Guarda e Guandu mirim - rj. In: SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia, 9., 2012, Rio de Janeiro. **Anais: Geocronologia e evolução da paisagem**. Rio de Janeiro: Sinageo, 2012. p. 2 - 4. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/7/7-56-170.html>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P. E. Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 81, n. 4, p.377-410, dez. 2014.

BARBOSA, R. S.; CAMPOS, K. C. Índice de propensão à desertificação no Estado do Ceará. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, Fortaleza, v. 20, n. 42, p.139-156, 10 nov. 2014.

BECERRIL-PIÑA, R. et al. Assessing desertification risk in the semi-arid highlands of central Mexico. **Journal of Arid Environments**, n. 120, p. 4-13, 2015.

BEZERRA, F. G. S et al. Distribuição espacial do superpastejo de ovinos e caprinos no Brasil.. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural - SOBER, 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOBER, 2009.

BEZERRA, F. G. S. **Contribuição de fatores socioeconômicos, biofísicos e da agropecuária à degradação da Cobertura Vegetal como “Proxy” da desertificação no Semiárido no Nordeste do Brasil**. 2016. 177 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016.

BIANCHI, C. **A análise ambiental como subsídio para o desenvolvimento sustentável do Município de Capistrano – CE**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2005. 138 p.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação no Brasil**. Brasília: MMA, 2007.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Programa de ação Nacional de Combate à Desertificação dos Efeitos da Seca (PAN – Brasil)**. Brasília: MMA, 2004.

BRASIL. Lei Nº 6.938, de 31 de ago. de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 31 de ago. 1981b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm>. Acessado em: 14 jun. 2018.

BRITO DA SILVA, E. G.; OLIVEIRA, V. P. V. Identificação das áreas susceptíveis à desertificação no estado do Ceará: antecedentes cartográficos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 4, p. 1269-1280, 2017.

BURITI, C.O; BARBOSA, H. A. **Um Século de Secas: Por que as políticas hídricas não transformam o semiárido Brasileiro?**. Lisboa: Chiado, 2018.

CAMPBELL, J. B. **Introduction to Remote sensing**. London: Taylor & Francis, 1996.

CARVALHO, M. S. B. *et al.* Zoneamento geocológico do núcleo de desertificação de Irauçuba/Centro-Norte no Estado do Ceará. In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, 17, 2014, Gramado. **Zoneamento geocológico do núcleo de desertificação de Irauçuba/Centro-Norte no Estado do Ceará**. Gramado: Cbc, 2014. p. 1 - 17.

CARVALHO, O. de. Áreas Prioritárias para o Combate à Desertificação: Aspectos Técnicos e Institucionais. In: ANGELOTTI, F. et al (Ed.). **Mudanças Climáticas e desertificação no Semiárido Brasileiro**. Petrolina: Empraba, 2009. p. 95-123.

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 Hídricas, 2010. 372p.

CERRI, C. E. P. *et al.* Tropical agriculture and global warming: Impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 83-99, 2007.

CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C. Dinâmica da matéria orgânica do solo na Amazônia. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; Camargo, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 325-354

CGEE, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil** – Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2016. 251 p.

CHEN, /. *et al.* Estimation of vegetation coverage in semi-arid sandy land based on multivariate statistical modeling using remote sensing data. **Environmental Modeling & Assessment**, v. 18, n. 5, p. 547–558, 2013.

COELHO, V. H. R. *et al.* Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do Semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 18, n. 1, p.64-72, 13 set. 2015

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção Agrícola Cearense e os Programas Sociais/Conab Estado do Ceará**. Fortaleza: Conab, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_11_03_16_18_30_producao_agricola_cearense_e_os_programas_sociais_-_conab-2014.pdf>. Acesso em: 08 out. 2018.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S., PALMEIRA, A.F., SILVA, E.F. Zoneamento Ecológico-Econômico, In: FLORENZANO, T.G (org.), **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, p. 285 – 318.

CRISPIM, A. B et al. **Bases introdutórias sobre degradação ambiental no Semiárido brasileiro**. In: SIMPÓSIO REGIONAL NORTE E NORDESTE DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, 3., João Pessoa. Anais... João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2012.

CUNHA, J. E. B. L, et al. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** Campina Grande, v.16, n. 5, p. 539-548, maio de 2012.

CUNHA, T. J. f. et al. Principais solos do Semiárido Tropical Brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. da. **Semiárido Brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 126-158.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral, 2014. **SIGMINE: Sistema de Informações Geográficas da Mineração**. Disponível em: <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>. Acesso em: 16 set. 2018.

DRUMOND, M. A. et al. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da Caatinga. In: SILVA, J.M.C; TABARELLI, M.; FONSECA, M.T.; LINS,L.V.. (Org.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação** – Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 382 p.

EMATERCE. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará. **A Cultura da Mamona: Programa Biodiesel do Ceará**. Fortaleza, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Brasil lança o mapa de carbono orgânico do solo**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30179699/brasil-lanca-o-mapa-de-carbono-organico-do-solo>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Soil erosion: the greatest challenge to sustainable soil management**. Roma: Fao, 2019. 100 p.

FARIA, C. M. B. de. **Práticas que favorecem a capacidade produtiva do solo na agricultura de sequeiro no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1992. 30 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 28).

FERNANDES, M. R. de M. et al. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, São Paulo, v. 22, n. 4, p.472-482, 23 out. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.121514>.

FERREIRA, M. B. P.. **Cobertura da terra como indicador de qualidade ambiental urbana: estudo aplicado ao município de Curitiba-PR**. 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FERREIRA, M. O.; RAMOS, L. M. ; ROSA, A. L. T. Crescimento da agropecuária cearense: comparação entre as produtividades parciais e total. **Rev. Econ. Sociol. Rural.** 2006, vol.44, n.3, p.503-524

FERREIRA, M. P. S. **Alterações de atributos de solos submetidos ao pousio em núcleo de desertificação.** 2015. 58 f. Dissertação (mestrado em agronomia solos e nutrição)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2015

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** Rio de Janeiro: Oficina de Textos, p.1-160, 2008.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FLORENZANO, T.G. Sensoriamento Remoto para Geomorfologia. In: FLORENZANO, T.G (org.), **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, p.31-71.

FOLEY, J. A *et al.* *Global Consequences of Land Use.* **Science**, New York, v. 309, n. 5734, p.570-574, jul. 2005. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1111772>.

FREITAS FILHO, M. R.; SOUZA, M. J. N. Análise Temporal da Cobertura e Uso da Terra como Subsídio à Caracterização do Estado de Conservação Ambiental do Bioma Caatinga-município de Canindé-Ceará. In: **XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia; V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento.** 2014.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia. **Zoneamento Ecológico-Econômico das Áreas Suscetíveis à Desertificação - Núcleo 1 (Irauçuba / Centro Norte).** Fortaleza: Funceme, 2015.

GAO, J.; ZHA, Y.; NI, S. Assessment of the effectiveness of desertification rehabilitation measures in Yulin, northwestern China using remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, v.22, p.3783-3795, 2001.

GARCIA, M.C. P. **A aplicação dos sistemas de informações geográficas em estudos ambientais.** Curitiba: Intersaberes, 2014.

GARIGLIO, M. A. *et al* (Org.). **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga.** 2. ed. Brasília - Df: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200p.

GONÇALVES JÚNIOR, J. T.; SOUZA, M. J. N. Caracterização ambiental de Santa Quitéria, Ceará: a nova cidade uranífera do Brasil. **Revista Geonorte**, Amazonas, v. 2, n. 4, p.1368-1377, 2012.

HEYMANN, Y. **Corine land cover technical guide.** Colaboração de Chris Steenmans, Guy Croisille e Michel Bossard. Luxembourg: European Commission, 1994. 136 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 172p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. **Cidades (Santa Quitéria)**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=231220&search=ceara|santaquiteria|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>> . Acesso em : 01 set. 2018.

IDEF, Instituto para o Desenvolvimento da Economia Familiar (Santa Quitéria). **Projetos**. 2015. Disponível em: <http://www.idef.org.br/index.php?option=com_content&view=category&id=20&Itemid=30> . Acesso em: 08 out. 2018.

INCRA, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Estrutura Fundiária Santa Quitéria (Ceará)**. Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA, 2015.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal (Santa Quitéria)**. 1ed. Fortaleza: IPECE, 2015

IPECE, Instituto de pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **ÍNDICE DE VULNERABILIDADE À DESERTIFICAÇÃO E SUA CORRELAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO DOS MUNICÍPIOS CEARENSES** (Nota Técnica N.º 41). Fortaleza. IPECE. 2009a.18 p.

IPECE, Instituto de pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Índice Municipal de Alerta – IMA 2009**. Fortaleza: Ipece, 2009b.

IPECE, Instituto de pesquisa e Estratégia Econômica do. **Proposta de índice de desertificação para o estado do Ceará**. Fortaleza: IPECE, 2009a. 18p. (Nota Técnica N.º 41).

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo (Cor.) et al. São José dos Campos, SP. 2ª Edição. 2007.

LEITE, E. F.; ROSA, R.. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. *Observatorium*: 1, 1, v. 4, n. 12, p.90-106, 1 dez. 2012. Disponível em: <<http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/4edicao/n12/05.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

LEMOS, J. de J. S. Níveis de **Degradação no Nordeste Brasileiro**. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 32, n. 3, p. 406-429, 2001.

LONGLEY, P. A; et al. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. 3 Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

LOPES, F et al. Evolução do uso do solo em uma área piloto da região de Vacaria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, p.1038-1044, 2010.

MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES ,J. R. R. **Uso agrícola dos solos**

brasileiros. 1ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.

MARIANO, D. A. et al. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human-induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. **Remote Sensing Of Environment**, [s.l.], v. 213, p.129-143, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2018.04.048>.

MARTINS, C. M. et al., Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**, v.34, p. 1883-1890, 2010

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO, 2001. 80 p.

MEYER, W. B.; TURNER II, B. L. **Changes in land use and land cover: a global perspective**. Cambridge: Press Syndicate of the University of Cambridge, 1994.

MDS, MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL. **Bolsa Família e Cadastro Único no seu município**: Santa Quitéria. Brasília: Mds, 2018.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA: monitoramento do bioma Caatinga 2008 a 2009**. Brasília: Mma, 2012. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatrio_tcnic_Caatinga_72.pdf >. Acesso em: 03 maio 2018.

NASCIMENTO, F. R. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste Brasileiro: o contexto da Bacia Hidrográfica do rio Acaraú – CE**. 2006.370 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia/Doutorado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

NDAGIJIMANA, C.; CAAAPAREYN, F. G.; RIEGELHAUPT, E. Uso do Solo e desmatamento da Caatinga: um estudo de caso na Paraíba e no Ceará - Brasil. **Estatística Florestal da Caatinga**, Recife, v. 02, n. 02, p.18-29, ago. 2015.

NUNES, A. B.; LEITE, E. F. Geoprocessamento aplicado à determinação do uso e cobertura da Terra da bacia hidrográfica do Rio Areias. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 5., 2014, Campo Grande. **Anais 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**. Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2014. p. 121 - 128.

OLIVEIRA, V. P. V. A Problemática da Degradação Ambiental dos Recursos Naturais no Domínios dos Sertões Secos do Estado do Ceará – Brasil. In: SILVA, J. B. da. DANTAS, E. W. C. ZANELLA, M. E. MEIRELES, A. J. de A. (Org.) **Litoral e Sertão: natureza e sociedade no nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

PACHECO, F. A. L. et al. Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. **Current Opinion In Environmental Science & Health**, [s.l.], v. 5, p.79-86, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coesh.2018.07.002>.

PANCHER, A.M; ROSSETT, L. A. F. G. O Potencial da Classificação Digital de Imagens para Mapeamento da Cobertura do Solo Urbano. In.: **anais do XV Simpósio Brasileiro de**

Geografia Física Aplicada: Uso e Ocupação da Terra e as Mudanças das Paisagens. Vitória: Departamento de Geografia. CCHN – UFES, 2013. p. 197-205.

PAULA, M. R.; CABRAL, J. B. P.; MARTINS, A. P. Uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na caracterização do Uso Da Terra da Bacia Hidrográfica da UHE Caçu – GO. **Geonorte**, Manaus, v. 3, n. 6, p.127-139, jun. 2012.

PEREIRA, D. D. **Cariri paraibano do sesmrialismo aos assentamentos de reforma agrária: raízes da desertificação.** Tese de doutorado em Recursos Naturais da UFCG. Campina Grande-PB, 2008.

REEVES, D. W. The role soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil and Tillage Research**, v. 43, p. 131-167, 1997.

RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, C. R. L.; PIROLI, E. L. Utilização de Sistema De Informação Geográfica na avaliação do Uso da Terra em Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. , p.675-681, 2001.

RODRIGUES, M. I. V. **A propensão à desertificação no estado do Ceará: análise dos aspectos agropecuários, econômicos, sociais e naturais.** 2006. 103 f. Dissertação (Mestrado em Meio ambiente e desenvolvimento) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

ROMÃO, R. L. **Carbono orgânico em função do uso do solo.** 2013 , 36 f, Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

ROSA, M. E. C et al. Formas de carbono em Latossolo Vermelho eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 911-923, 2003.

ROSA, R. Análise Espacial em Geografia. **Revista da ANPEGE**, São Gonçalo, v. 7. n. 1, p.275-289, out. 2011

ROSSETTI, Karina de V.; CENTURION, José F.. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo em cronossequência sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 3, p.252-258, mar. 2015.

SÁ, I. B. et al. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. da. **Semiárido Brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 126-158.

SÁ, I. B.; ANGELOTTI, F. Degradação ambiental e desertificação no Semiárido brasileiro. In: ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MENEZES, E. A.; PELLEGRINO, G. Q. **Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido brasileiro.** Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2009.

SÁ, I.B.; FOTIUS, G.A.; RICHÉ, G.R. Degradação ambiental e reabilitação natural do Trópico Semiárido brasileiro. In: Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação, Fortaleza, 1994, **Anais.** Fortaleza, 1994. p.310-332.

SALES, M. C. L. Panorama da Desertificação no Brasil. In: MOREIRA, E. (Ed.). **Agricultura familiar e desertificação**. João Pessoa: Ed. Universitária, 2002. p. 33– 49.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do bioma Caatinga. In: GARIGLIO, Maria Auxiliadora et al (Org.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. Cap. 1. p. 27-42.

SAMPAIO, E. V. S. B. Uso das plantas da Caatinga. In: Sampaio E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. (Org.). **Vegetação e Flora da Caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste – APNE; Centro Nordestino de Informações sobre Plantas – CNIP, 2002 p. 49-90.

SAMPAIO, E. V.S.B.; ARAÚJO, M. do S. B.; SAMPAIO, Y. S. B.. Propensão à desertificação no semi-árido brasileiro. **Revista de Geografia**, Recife, v. 2, n. 22, p.59-76, jun. 2005.

SAMPAIO, E. V. S. B.; COSTA, T. L. Estoques e Fluxos de Carbono no Semi-Árido Nordeste: Estimativas Preliminares. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, p.1275-1291, 21 dez. 2011.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, G. R. **Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003.

SAMPAIO, Y. S. B. Pressões antrópicas atuais e futuras no bioma Caatinga. In: SILVA, J.M.C et al. (Org.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação** – Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 382 p.

SANTOS, F. et al. **Teor de carbono orgânico do solo e aspectos biofísicos da cobertura vegetal da bacia do Córrego Sarandi, Planaltina, DF**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014.

SANTOS, J. E. Estratégias de convivência para a conservação dos recursos naturais e mitigação dos efeitos da desertificação no Semiárido. In: LIMA, R. C C., CAVALCANTE, A. M. B., PEREZ-MARIN, A. M. (org.), **Desertificação e mudanças climáticas no Semiárido brasileiro**. 1 ed. INSA, Campina Grande,2011, p. 165-184.

SCHJONNING, P. et al. Modelling soil pore characteristics from measurements of air exchange: the long-term effects of fertilization and crop rotation. **European Journal of Soil Science**, v. 53, p. 331-339, 2002.

SDA, Secretaria do Desenvolvimento Agrário. **Programa Leite Fome Zero**. 2014. Disponível em: <<http://www.sda.ce.gov.br/index.php/component/content/article/37-apoio-as-cadeias-produtivas-da-pecuaria/45787-leite-fome-zero>>. Acesso em: 08 out. 2018.

SDA, Secretaria do Desenvolvimento Agrário. **Ovinocaprinocultura**. 2015a. Disponível: <http://www.sda.ce.gov.br/index.php/component/content/article/37-apoio-as-cadeias-produtivas-da-pecuaria/45786-ovinocaprinocultura>. Acesso: 08 out. 2018.

SDA,. Secretaria do Desenvolvimento Agrário. 2015b **Pronaf: 20 anos de apoio aos agricultores familiares**. 2015. Disponível: <http://sda.ce.gov.br/index.php/latest-news/46037-pronaf-20-anos-de-apoio-aos-agricultores-familiares>. Acesso: 08 out. 2018

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23ed. São Paulo: Cortez, 2007. 304p.

SFB, Serviço Florestal Brasileiro. **Florestas do Brasil em resumo: dados de 2007 a 2012**. Brasília: SFB; 2013.

SFB, Serviço Florestal Brasileiro. **Inventário Florestal (Ceará)**. Brasília: SFB; 2018.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B.; **Hidrossedimentologia** em Bacias Hidrográficas. São Carlos: Editora RIMA, 2ª Edição. 2007.

SILVA, Jadielle Lidianne Clemente et al. Aspectos da Degradação Ambiental no Nordeste do Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianopolis, v. 7, n. 2, p.180-191, 27 abr. 2018. Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018180-191>.

SILVA, M. V. C. **Análise Geoambiental: Subsídios ao Planejamento Agrícola da Serra de Uruburetama - CE**. 2007. 190 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2007.

SILVA, R. G.; RIBEIRO, C. G. **Análise da Degradação Ambiental na Amazônia Ocidental: um Estudo de Caso dos Municípios do Acre**. RER, Rio de Janeiro, v. 42, n. 1, p. 91-110, 2004.

SILVA, R.M.A. da. Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido, Transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. Série BNB Tese e Dissertações, Fortaleza: 2008.

SIX, J. et al. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of Soils. **Plant and Soil**, v. 241, p. 155–176, 2002.

SANTANA, A. et al. Carbon and nitrogen stocks of soils under different land uses in Pernambuco state, Brazil. **Geoderma Regional**. v. 15, p. 1-10, fev. 2019.

SOBRINHO, J. **Metodologia para identificação de Processos de Desertificação: manual de indicadores**. Recife: SUDENE, 1978.

SOUSA, E. M. O. O “**Novo Modelo de Irrigação**” e os colonos de Morada Nova. In: TADDEI, R.; GAMBOGGI, A. L. (Eds.). Depois que a chuva não veio: respostas sociais às secas no Nordeste, na Amazônia e no Sul do Brasil. Fortaleza: FUNCEME;CIFAS, 2010. 264p.

SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V.. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. **Mercator**, Fortaleza, v. 8, n. 16, p.217-232, 30 set. 2009. Mercator - Revista de Geografia da UFC. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2009.0816.0017>.

SOUZA, S. S. **Impactos climáticos regionais da mudança de vegetação no Semi-árido do Nordeste Brasileiro.** 2006. 211 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

SPAGNOLLO, E. **Dinâmica da matéria orgânica em agroecossistemas submetidos a queima e manejos dos resíduos culturais.** 2004. 210 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria

TONIOLO, E. R.; PAUPITZ, J.; CAMPELLO, F. B. Pólo gesso de Pernambuco diagnóstico e perspectivas de utilização dos energéticos fírestais na região do Araripe. In: KÜSTER, A.; MARTÍ, J. F.; MELCHERS, I. (Org.). **Tecnologias Apropriadas para Terras Secas: Manejo sustentável de recursos naturais em regiões semi-áridas no Nordeste do Brasil.** Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer/GTZ, 2006. p. 51-70.

VALBRUN, Wilner et al. Carbono Orgânico Total em Neossolo Litólico da Caatinga sob Diferentes Coberturas do Solo. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido – SBRNS, 3., 2017, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: Iisbrns2017, 2017. v. 1, p. 1 - 6.

VALERA, C. A. et al. The role of environmental land use conflicts in soil fertility: A study on the Uberaba River basin, Brazil. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 562, p.463-473, ago. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.046>.

VASCONCELOS, R. R.; TORRES FILHO, W. **Impactos ambientais das atividades humanas sobre a base de recursos naturais renováveis no semi-árido.** Brasília: Projeto Áridas, 1994. 152 p.

VIANA, M.O.L.; RODRIGUES, M.I.V. Um índice interdisciplinar de propensão à desertificação (IPD): instrumento de planejamento. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 30, n. 3, p. 264-294, 1999.

VIDAL NETO, F. C. et al. Perfil da Cultura do Algodoeiro Arbóreo no Estado do Ceará. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 5., 2005, Salvador. **Anais do V Congresso Brasileiro de Algodão.** Salvador: Embrapa, 2006. p. 2 - 6.

WATRIN, O. dos S.; OLIVEIRA, P. M. **Levantamento do uso e cobertura da terra em área da reserva extrativista Verde para Sempre, Porto de Moz, PA .** Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2009.